



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
CAMPUS LIMOEIRO DO NORTE
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

MONIQUE DE OLIVEIRA MAIA

GELATINA DE PESCADO:
EXTRAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO

LIMOEIRO DO NORTE

2015

MONIQUE DE OLIVEIRA MAIA

GELATINA DE PESCADO:
EXTRAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *Campus* Limoeiro do Norte, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dra. Daniele Maria Alves Teixeira Sá

Coorientadora: Prof.^a Dra. Marlene Nunes Damaceno

LIMOEIRO DO NORTE
2015

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA IFCE
CAMPUS LIMOEIRO DO NORTE**

DIS
M217g

Maia, Monique de Oliveira.

Gelatina de pescado: extração, caracterização e aplicação / Monique de Oliveira Maia. – Limoeiro do Norte, 2015.
70 fls.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, *Campus Limoeiro do Norte*, 2015.

"Orientação: Prof.^a Dra. Daniele Maria Alves Teixeira Sá".

"Coorientação: Prof.^a Dra. Marlene Nunes Damaceno".

Referências.

1. Tilápia do Nilo - Aproveitamento. 2. Peixe - Gel. 3. Revestimento de Gelatina.
I. Sá, Daniele Maria Alves Teixeira. II. Damaceno, Marlene Nunes. III. Título.

CDD 664.94

MONIQUE DE OLIVEIRA MAIA

GELATINA DE PESCADO:
EXTRAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Curso de Tecnologia de Alimentos do
Instituto Federal do Ceará Campus
Limoeiro do Norte como requisito
parcial para obtenção do título de Mestre
em Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em: 27/07/2015

BANCA EXAMINADORA

Daniele M^a Alves Teixeira Sá

Prof.^a Dra. Daniele Maria Alves Teixeira Sá
Instituto Federal do Ceará Campus Sobral

Marlene Nunes Damaceno

Prof.^a Dra. Marlene Nunes Damaceno
Instituto Federal do Ceará Campus Limoeiro do Norte

Bartolomeu Warlene Silva de Souza

Prof. Dr. Bartolomeu Warlene Silva de Souza
Universidade Federal do Ceará (UFC)

André de Freitas Siqueira

Dr. André de Freitas Siqueira
Piscis – Indústria e Comércio Ltda.

Renata Chastinet Braga

Prof.^a Dra. Renata Chastinet Braga
Instituto Federal do Ceará Campus Limoeiro do Norte

Aos meus pais, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença e amor incondicional em todos os momentos da minha vida;

Aos meus pais, pelos mais preciosos ensinamentos, apoio e incentivo. À minha amada irmã, por ser meu porto seguro e simplesmente ser quem ela é;

À minha professora orientadora Dra. Daniele Maria Alves Teixeira Sá, pelas orientações e conhecimentos compartilhados, essenciais para que o trabalho pudesse ser realizado;

Aos membros da banca, pelas correções, observações e considerações que acrescentarão muito neste trabalho;

À cooperativa de produtores e processadores de peixes, Aplages, em especial ao pessoal da filetagem, pela gentileza em ceder peles de tilápia do Nilo;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) de Sobral e ao prof. Dr. Antônio Silvio do Egito Vasconcelos, pelo auxílio na liofilização de amostras;

Ao professor Dr. Rinaldo dos Santos Araújo, pelo apoio e suporte na liofilização de materiais e por disponibilizar o Laboratório de Tecnologia Química (LTQ) o que tornou possível a realização das análises;

Ao Lukas, Paulo, Rodrigo, Luanny, Cícero, Anakláudia, Manu e Lara, pelo companheirismo, convivência, apoio e auxílio nas análises realizadas no LTQ;

Ao Bruno, pelo grande auxílio na realização das análises;

A todos os professores e companheiras da turma de mestrado 2013.2, pelo caminhar amistoso e agradável fazendo este período mais prazeroso.

“Tudo o que sei custou as dores das experiências. Tenho respeito pelos que procuram, pelos que tateiam, pelos que erram. E, o que é mais importante, estou persuadido de que minha luz se extinguiria se eu fosse o único a possuí-la.”

(Goethe)

RESUMO

As gelatinas de pescado têm sido tema de estudo de pesquisas, e o aperfeiçoamento dos processos de extração é uma das principais razões para compreensão das características do produto, que podem ser influenciadas por diferentes métodos de obtenção. A presente pesquisa baseou-se no aproveitamento de peles de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para extração de gelatina por diferentes tratamentos químicos, sua caracterização parcial e aplicação como revestimento em filés de peixe da mesma espécie. A metodologia consistiu em realizar imersão de pele de tilápia com tratamentos ácidos e alcalinos (T1, T2, T3 e T4) seguidos de extração em banho-maria, filtração e liofilização do gel para obtenção do produto em pó. Para caracterização, foram realizadas análises físico-químicas, microbiológicas, colorimétrica, medida de viscosidade e análise dos perfis eletroforético e espectrofotométrico. A aplicação do revestimento consistiu em três formulações: F0 (controle), F1 (filés revestidos com gelatina de peixe) e F2 (revestimento com gelatina comercial). Os filés foram avaliados por análises de composição centesimal e testes sensoriais. Os resultados obtidos da caracterização das gelatinas mostraram que a extração referente ao tratamento 4 foi a melhor dentre os tratamentos testados. Apresentando o melhor rendimento (21 %), valor de proteína (91,58 %), para o parâmetro luminosidade na análise de cor foi a gelatina mais clara ($L=54,64$) e com maior viscosidade (20,16 mPa.s). O perfil eletroforético destacou a presença de cadeias α nos tratamentos 2, 3 e 4. Os resultados da espectrofotometria registraram bandas nos comprimentos de onda no intervalo de 220 a 240 nm. O estudo do revestimento foi realizado com as amostras F0 – filé sem revestimento, F1 – filé revestido com gelatina de peixe obtida pela extração do tratamento 4 e F2 – revestido com gelatina comercial sem sabor. O teste sensorial confirmou que não houve alteração no sabor do produto pelos revestimentos, com resultados satisfatórios de aceitação e intenção de compra. Conclui-se que o aproveitamento de peles de tilápia do Nilo pode ser uma fonte potencial para extração de gelatina, ressalta-se o estudo de viabilidade e padronização dos processos frente à diversidade de espécies de pescado disponíveis.

Palavras-chaves: Aproveitamento. Gel. Peixe. Proteína. Revestimento.

ABSTRACT

The fish gelatins have been research study subject, and the improvement of extraction processes is one of the main reasons for understanding of the product characteristics, which can be influenced by different methods of obtaining. This research was based on the use of skins of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to extraction gelatin by different chemical treatments, partial characterization and application to coating for fish fillets of the same species. The methodology was applied through immersion tilapia skin with acid and alkali treatments (T1, T2, T3 and T4) followed by water bath for extraction, gel filtration and freeze drying to obtain the powder product. For characterization were conducted physical and chemical analysis, microbiological, colorimetric, measurement of viscosity and analysis of electrophoretic and spectrophotometric profiles. The application of the coating formulations were of three F0 (Control) F1 (fillets coated fish gelatin) and F2 (coated with a commercial gelatin). The fillets were evaluated by analysis of the chemical composition and sensory tests. The results of the characterization of gels showed that concerning to the extraction treatment 4 was the best among the tested treatments. Introducing the best yield (21%), protein value (91.58%) for color luminosity analysis has been gelatin lighter ($L = 54.64$) and higher viscosity (mPa.s 20.16). The electrophoretic profile highlighted the presence of α -chains in treatments 2, 3 and 4. The results recorded spectrophotometrically at a wavelength bands in the range 220 to 240 nm. The coating study was conducted with the samples F0 - uncoated fillet F1 - coated fillet fish gelatin obtained by extraction treatment 4 and F2 - Commercial coated with unflavored gelatin. The sensory test confirmed that there was no change in the taste of the product by coatings with satisfactory results of acceptance and purchase intent. Conclude that the use of Nile tilapia skins can be a potential source for gelatin extraction, it emphasizes the feasibility study and standardization of processes across the diversity of available fish species.

Keywords: Satisfactory. Gel. Fish. Protein. Coating.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cultivo em tanques-rede de <i>Oreochromis niloticus</i> , açude Castanhão, Ceará.....	20
Figura 2 - Fluxograma de obtenção da gelatina de pele de <i>Oreochromis niloticus</i> ...	30
Figura 3 - Equação de rendimento da extração de gelatina de <i>Oreochromis niloticus</i>	31
Figura 4 - Perfil eletroforético de gelatina de pele de <i>Oreochromis niloticus</i>	47
Figura 5 - Espectro UV-VIS de gelatina padrão e gelatina de <i>Oreochromis niloticus</i>	48
Figura 6 - Valores referentes às respostas de rendimento, proteína e viscosidade.....	50
Figura 7 - Histogramas dos percentuais de aceitabilidade dos filés de <i>Oreochromis niloticus</i> quanto aos atributos: aparência, aroma, textura e sabor.....	53
Figura 8 - Histogramas do percentual de respostas referente ao aspecto global das amostras de filés de <i>Oreochromis niloticus</i> e à intenção de compra do produto.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais polos produtores brasileiros de <i>Oreochromis niloticus</i>	18
Tabela 2 - Tratamentos químicos utilizados na extração de gelatina em peles de <i>Oreochromis niloticus</i>	29
Tabela 3 - Formulação de revestimento à base de gelatina.....	35
Tabela 4 - Médias e desvio padrão do rendimento de gelatina de <i>Oreochromis niloticus</i>	38
Tabela 5 - Médias e desvio padrão de pH em gelatina de pele de <i>Oreochromis niloticus</i>	40
Tabela 6 - Composição centesimal de gelatina em pó de pele de <i>Oreochromis niloticus</i>	41
Tabela 7 - Médias e desvio padrão de colorimetria em gelatina em pó de pele de <i>Oreochromis niloticus</i>	43
Tabela 8 - Valores médios e desvio padrão de viscosidade (mPa.s) de gelatina de <i>Oreochromis niloticus</i>	45
Tabela 9 - Composição centesimal de filés de <i>Oreochromis niloticus</i> revestidos com e sem gelatina.....	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1 Panorama da aquicultura – Mundo e Brasil.....	15
3.1.1 Conjuntura Mundial.....	15
3.1.2 Conjuntura brasileira.....	16
3.2 Pesca extrativa e Aquicultura: conceitos.....	17
3.3 Açude Castanhão – Ceará.....	17
3.4 Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	19
3.4.1 Cultivo e processamento.....	19
3.5 Subprodutos da filetagem.....	21
3.6 Gelatina.....	22
3.7 Extração de gelatina de peixe	23
3.8 Revestimentos comestíveis	25
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4.1 Locais de realização da pesquisa.....	28
4.2 Matéria-prima.....	28
4.3 Obtenção da gelatina.....	28
4.3.1 Pré-preparo.....	28
4.3.2 Extração.....	29

4.4 Caracterização da gelatina de pele de <i>Oreochromis niloticus</i>	31
4.4.1 Rendimento	31
4.4.2 Determinações analíticas.....	31
<i>Potencial Hidrogeniônico – pH</i>	31
<i>Composição centesimal</i>	31
4.4.3 Determinação colorimétrica.....	32
4.4.4 Viscosidade.....	32
4.4.5 Determinação Eletroforética	33
4.4.6 Perfil espectrofotométrico	33
4.4.7 Avaliação Microbiológica.....	33
4.5 Teste sensorial.....	35
4.5.1 Aplicação do revestimento.....	36
4.5.3 Composição Centesimal – filés revestidos.....	36
4.5.4 Teste de Aceitação e Intenção de Compra.....	36
4.6 Análise Estatística.....	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1 Rendimento.....	38
5.2 Determinações analíticas	40
5.2.1 Potencial Hidrogeniônico – pH	40
5.2.2 Composição centesimal.....	41
5.3 Determinação colorimétrica.....	43
5.4 Viscosidade	45
5.5 Perfil eletroforético.....	47
5.6 Perfil espectrofotométrico.....	48
5.7 Dados microbiológicos.....	49
5.8 Teste sensorial.....	50
5.8.1 Composição centesimal.....	51
5.8.2 Teste de Aceitação e Intenção de Compra.....	52
6 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS.....	57
APÊNDICE.....	69
APÊNDICE I – Teste de Aceitação / Intenção de Compra.....	70
APÊNDICE II – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	71

1 INTRODUÇÃO

O setor da produção de alimentos de origem animal, no que tange à aquicultura, vem demonstrando crescimento nos últimos anos, ao passo que segue aumentando a demanda de pescado, o que deve também aumentar a sustentabilidade dos recursos aquáticos (FAO, 2009). Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, FAO (2012), valores expressivos da quantidade de produtos de pescado estão sendo destinados como uso na alimentação humana. Atualmente a FAO evidencia esse crescimento constante nas últimas cinco décadas, com abastecimento de pescados aumentando a uma taxa de 3,2%, ultrapassando o crescimento da população mundial em 1,6% (FAO, 2014).

Justifica-se a preocupação diante da grande geração de resíduos causada pela indústria pesqueira em diferentes linhas de processamento, desde a captura até o momento da distribuição. Os resíduos da industrialização do pescado podem ser direcionados para várias modalidades de aproveitamento: alimentos para consumo humano; alimentos para consumo animal (rações); fertilizantes ou adubos orgânicos; produtos químicos e, ainda, extração de produtos funcionais como quitosana, cálcio de ostra, óleo rico em ômega 3 e outros produtos de alto valor agregado (GONÇALVES, 2011).

O estado do Ceará possui o açude Castanhão, localizado na região limítrofe entre a bacia média e inferior do rio Jaguaribe (GROSSI, 2009). Pantalena e Maia (2014) realizaram pesquisa, abordando os fatores de ação antrópica na história ambiental do Rio Jaguaribe, e destacaram o impacto causado ao ambiente pela aquicultura e pela construção de reservatórios e barramentos.

O momento atual destaca a crise hídrica e os desafios da piscicultura vivenciados no Ceará, pelos produtores de peixes em tanques redes no açude Castanhão, com probabilidade de 64% do Estado enfrentar um novo período de seca pelo quarto ano consecutivo (MPCE, 2015).

O reaproveitamento das partes do pescado pode se tornar uma fonte de lucro, consistindo em uma possível geração de renda para o arranjo produtivo local que aderir a sistemas de gerenciamento dessas partes. No Brasil, estudos de Alfaro (2008) basearam-se em otimizações das condições de extração de gelatina obtida das peles de tilápia e de Bordignon (2010) na caracterização de gelatinas extraídas a partir de peles congeladas e salgadas de tilápia do Nilo. Segundo relatório sobre potencial da indústria de aditivos, a gelatina é o produto com maior volume de exportação do segmento de aditivos alimentícios. (BAIN COMPANY, 2014).

A produção de gelatina a partir da pele de peixe não é somente uma alternativa de aproveitamento de resíduos, uma vez que ela também tem recebido atenção como opção às gelatinas oriundas de mamíferos devido a restrições religiosas, como as do Judaísmo e do Islamismo, que proíbem o consumo de quaisquer produtos relacionados com a carne suína e bovina, assim como também as restrições dos Hindus, que se abstêm de consumir produtos relacionados a bovinos. Outro ponto a considerar, são os problemas associados à saúde, pelo surgimento nos últimos anos de doenças bovinas como a encefalopatia espongiforme (KARIM; BHAT, 2009).

Algumas pesquisas realizadas em outros países ressaltam uma variedade de espécies de pescado como fonte de obtenção da gelatina. A gelatina é um importante biopolímero funcional amplamente utilizado em alimentos para melhorar a sua elasticidade, consistência e estabilidade. Obtida não somente de pele e ossos de animais terrestres, mas também de peles ou ossos de peixes (ZHOU; REGENSTEIN, 2005). Também pode ser usada na composição de revestimentos, muitas vezes aplicados em alimentos com o objetivo de manter a qualidade e aumentar a vida útil de produtos alimentícios. As proteínas (gelatina, proteínas do trigo, do milho, caseína etc), lipídios (ceras) e polissacarídeos (celulose e seus derivados etc) são os principais biopolímeros empregados para produção de revestimento e de filmes comestíveis (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2009).

A pesquisa sobre gelatina de pele de organismos aquáticos segue uma tendência crescente como objeto de estudos dos pesquisadores. Resultados expressivos sobre as vantagens em otimizar os processos de extração, bem como estudos de comparação entre gelatinas comerciais bovinas estão sendo investigados. Lassoued et al. (2014) avaliaram as características e propriedades funcionais de gelatina de pele de *Raja clavata*, obtida por processo auxiliado de pepsina frente à gelatina comercial bovina. Sobre o estudo das propriedades funcionais de gelatinas, Sila et al. (2015) revelaram que, ao se extrair a pele de *Barbus callensis*, os hidrolisados da gelatina agem como uma boa fonte de inibidores naturais da dipeptidilpeptidase-IV e prolil endopeptidase e podem ser potencialmente utilizados como ingredientes alimentares funcionais.

As gelatinas podem ser aplicadas como revestimento e alguns estudos demonstram vantagens de seu uso, exemplo disso foram os casos estudados por Gogus, Bozoglu e Yurdugul (2006), os quais compararam os efeitos da aplicação com ácido láctico e nisina e os elegeram como critério de qualidade *pos mortem* de *Sardina pilchardus* refrigeradas. Souza et al. (2010) obtiveram resultados positivos com revestimentos à base de quitosana em filés de salmão (0 °C). Sathivel (2005) estudou revestimento de proteína e

quitosana e seus efeitos no rendimento, perda de umidade e oxidação lipídica em filés de Salmão (*Oncorhynchus gorbuscha*) durante o armazenamento. Ou (2002) obteve resultados satisfatórios no armazenamento de filés de tilápia do Nilo revestidos com gelatina comercial para alimentos adicionado de ácido benzoico como antimicrobiano.

A presente pesquisa justifica-se pela necessidade de aproveitamento de peles de tilápia do Nilo, a fim de estimular medidas sustentáveis de gerenciamento dos resíduos que, em sua maioria, podem ser caracterizados como material orgânico. Segundo relatos de produtores da cooperativa de Jaguaribara, atualmente as peles seguem para o curtimento e confecção de acessórios. Esse trabalho é realizado pelas artesãs da comunidade. Porém não há destino para alimentação humana ou elaboração de derivados. Portanto, avalia-se importante o fomento de pesquisas visando explorar outras potencialidades de uso desses subprodutos, sendo uma opção a extração de gelatina a partir das peles de peixes.

Objetivou-se com a pesquisa utilizar peles de *Oreochromis niloticus* descartadas após o processo de filetagem para extração de gelatina. O produto obtido foi caracterizado parcialmente e aplicado como revestimento comestível em filés de peixes da mesma espécie.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Extrair gelatina de peles de pescado da espécie *Oreochromis niloticus*, caracterizar parcialmente e aplicar como revestimento em filés da mesma espécie.

2.2 Objetivos Específicos

- Extrair gelatina da pele de *Oreochromis niloticus* por diferentes processos químicos;
- Avaliar o rendimento das extrações;
- Realizar estudo físico-químico, microbiológico, colorimétrico e de viscosidade das gelatinas;
- Identificar os perfis eletroforético e espectrofotométrico das gelatinas extraídas pelos diferentes processos;
- Elaborar revestimento comestível para recobrimento de filés de *Oreochormis niloticus*;
- Estudar os filés revestidos e compará-los com os não revestidos através de análises físico-químicas;
- Realizar estudo sensorial de filés de tilápia do Nilo recobertos com gelatina e amostra controle;
- Correlacionar dados das características da gelatina de cada extração com os dados dos filés com e sem revestimento.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Panorama da aquicultura – Mundo e Brasil

3.1.1 Conjuntura Mundial

Em 2006, quando as exportações mundiais alcançaram 85.900 milhões de dólares, houve uma grande expectativa de crescimento do comércio de pescado e produtos pesqueiros. Seguindo a mesma tendência de aumento geral dos preços dos alimentos em 2007 e na primeira metade de 2008. Foi a primeira vez em décadas que os preços reais do pescado aumentaram, com uma perspectiva de longo prazo bastante positiva, e com a chegada de uma proporção crescente da produção, tanto de países desenvolvidos como em desenvolvimento, aos mercados internacionais (FAO, 2009). Esse crescimento continuou até os dias atuais, e cada vez mais pessoas dependem da pesca e da aquicultura para a sua alimentação e rendimento, porém as práticas prejudiciais e a má gestão ameaçam a sustentabilidade do setor (FAO, 2014).

Mais de 12.000 mil espécies de pescado são conhecidas e vivem em diferentes oceanos, mares, estuários, rios e lagos. Dessas espécies, apenas 1.500 são capturadas em quantidades suficientes para serem consideradas de relevância comercial. Os peixes ósseos (teleósteos) pertencentes às ordens superiores, em sua maioria, são de interesse comercial (GONÇALVES, 2011).

Em relação à produção mundial de pescado, seja os provenientes da pesca extrativa quanto da aquicultura, o valor atingiu aproximadamente 142 milhões de toneladas em 2008 e 146 milhões de toneladas em 2009. Sendo a China o maior produtor em 2009 com aproximadamente 60,5 milhões de toneladas, a Indonésia com 9,8 milhões, a Índia com 7,9 milhões e o Peru com cerca de 7 milhões de toneladas. Nesse contexto, o Brasil contribuiu na produção de pescado nacional em 2008 com 0,81% do total produzido mundialmente, e em 2009 com 0,86% da produção mundial de pescado (MPA, 2012).

A captura de peixes e a aquicultura no ano de 2010 forneceram ao mundo cerca de 148 milhões de toneladas de peixes, das quais cerca de 128 milhões foram utilizadas para alimentação humana. Os peixes e os produtos da pesca estão entre os alimentos mais comercializados em todo o mundo, volumes e valores comerciais atingiram expressividade em 2011 e a expectativa era que continuasse a aumentar, com os países em desenvolvimento a contabilizar a maior parte das exportações mundiais (FAO, 2012).

Quinze principais países produtores foram responsáveis por 92,7% de toda produção de peixes em viveiros para consumo alimentar em 2012. Entre eles, Chile e Egito produziram milhões de toneladas. O Brasil melhorou seu ranking global de forma significativa nos últimos anos. Na Tailândia a produção caiu para 1,2 milhões de toneladas em 2011 e 2012, devido a danos causados pelas inundações e doenças do camarão. Após o Tsunami de 2011, a aquicultura japonesa se recuperou ligeiramente em 2012 (FAO, 2014).

3.1.2 Conjuntura brasileira

Os primeiros registros de criação de peixes no Brasil apontam para o período da invasão holandesa ao Nordeste durante o século XVII. Contudo, a atividade entrou em sua fase comercial apenas na década de 1980, quando a produção em larga escala de formas jovens e o desenvolvimento das primeiras rações para peixes impulsionaram sua intensificação (OSTRENSKY, BORGUETTI; SOTO, 2008).

Segundo Boscardin (2007), dos sistemas de cultivo existentes no Brasil, destacam-se o uso de viveiros, geralmente manejados em regime semi-intensivo de produção (usados nos cultivos de peixes e de camarões) e os *long-lines* (empregados nos cultivos de mexilhões e ostras). A produção de peixes em tanques-rede apresenta um enorme potencial para se desenvolver no país, porém ressalta-se que se faz necessário desatar nós burocráticos e legais para a legalização do direito ao uso de espaços da União para fins de aquicultura.

Os dados do Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP) indicam que até 2010 estavam registrados e ativos 853.231 pescadores profissionais, distribuídos nas 27 Unidades da Federação Brasileira. Segundo a pesquisa, a Região Nordeste concentra o maior número de pescadores, com 372.787 registros, dado que representa 43,7% do total do país, seguida pela Região Norte, com 330.749 registros (38,8%), juntas, essas regiões respondem por 72,4% do universo de pescadores profissionais do Brasil (MPA, 2010).

Ao comparar a aquicultura marinha (também chamada de maricultura) e a continental, a marinha tem como forte característica a menor possibilidade de controle sobre as condições de produção; seu manejo é mais complexo e não há a possibilidade de se cultivar os organismos marinhos de forma integrada com a agricultura, o que tem dado à aquicultura continental um diferencial que a torna um investimento com melhor custo benefício. Além disso, o sistema de criação em tanques-rede, que proporcionam boa flexibilidade à aquicultura de água doce, também é facilmente aplicável à aquicultura marinha. Pode-se dizer que o

maricultor tem a desvantagem de estar mais à mercê das incertezas da natureza do que o aquicultor continental (SEBRAE, 2008).

O Brasil, com o objetivo de aperfeiçoar o aproveitamento de seus açudes, incrementando os Arranjos Produtivos Locais (APL), autorizou a utilização dos espaços físicos em corpos d'água de domínio da União para fins de prática em piscicultura, com vistas ao desenvolvimento sustentável, à inclusão social e à segurança alimentar. Do ponto de vista econômico e social, a alternativa de desenvolvimento da piscicultura foi percebida pela intervenção em reservatórios públicos, visando à implantação de complexos produtivos regionalizados (SOUZA, 2010).

3.2 Pesca extrativa e Aquicultura: conceitos

A incerteza em relação ao produto final é a maior diferença entre a aquicultura e a pesca extrativa. A atividade de pesca (aquela que extrai da natureza seu produto final) tem esta característica peculiar: o pescador ou a empresa de pesca não têm garantias em relação à qualidade e à quantidade do que irão obter. Assim, a aquicultura pode ser considerada uma alternativa sustentável à prática extrativa (SEBRAE, 2008).

As definições de pesca extrativa, aquicultura e piscicultura (SEBRAE, 2008) são determinadas por tipo de atividades realizadas:

Pesca extrativa – este tipo de atividade pode ocorrer em escala industrial ou artesanal, assim como acontecer no mar ou no continente. Trata-se da retirada de organismos aquáticos da natureza sem seu prévio cultivo; em função disso, a atividade extrativista tem sido controlada em boa parte do planeta como tentativa de evitar desastres ecológicos mais significativos que os já presenciados.

Aquicultura – é o processo de produção em cativeiro, de organismos com *habitat* predominantemente aquático, tais como peixes, camarões, rãs, entre outras espécies. Quando se trata especificamente da produção de peixes, como subtipo da aquicultura, está-se referindo à piscicultura.

3.3 Açude Castanhão – Ceará

Pólos de tilapicultura têm se desenvolvido nos últimos anos devido à construção de grandes barragens. No Nordeste, há o exemplo da Barragem do Castanhão, na qual políticas e órgãos públicos (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, Secretaria de Agricultura e Pecuária, Secretaria Especial de Aquicultura e Pecuária – SEAP,

atualmente Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA), juntamente com a Associação de Pescadores da Barragem do Castanhão com o apoio do SEBRAE – CE e Banco do Nordeste do Brasil - BNB, iniciaram, em julho de 2003, o importante projeto de criação de tilápias de tanques-rede (SILVA, 2009).

O Castanhão é o maior açude público para múltiplos usos do Brasil, fica localizado no município de Alto Santo, no Ceará. Constitui importante reserva estratégica de água. É utilizado para irrigação, abastecimento urbano, piscicultura e regularização da vazão do Rio Jaguaribe (DNOCS, 2015).

Dentre as localidades envolvidas pelo açude, a cidade de Jaguaribara foi a mais afetada pela sua construção, por ter sido totalmente submersa pelas águas do rio Jaguaribe. Sendo realizada territorialização dos desalojados, cerca de 12 mil pessoas, entre meio rural e urbano, foram transferidas, em setembro de 2001, para a recém construída cidade de Nova Jaguaribara (PEROTE, 2006).

Dados estimados pela Associação Brasileira de indústrias de processamento de tilápia (AB-tilápia) e MPA, apresentados por Cardin e Torres (2013), elencam, dentre outros reservatórios, Castanhão e Orós como principais pólos de produção do Brasil (Tabela 1).

Tabela 1 – Principais polos produtores brasileiros de *Oreochromis niloticus*.

	Polo	Estados	Sistema	Volume (ton./ano)
1	Reservatório de Itaparia	BA/PE	Tanque-rede	24.000
2	Reservatórios do Castanhão e Orós	CE	Tanque-rede	18.500
3	Oeste do Paraná	PR	Tanque escavado	16.500
4	Reservatório de Ilha Solteira	SP	Tanque-rede	14.000
5	Furnas	MG	Tanque-rede	6.500

Fonte: Cardin e Torres (2013).

A açudagem é uma ação adotada pelo Governo brasileiro e consiste no gerenciamento de uma rede de açudes pela Secretária dos Recursos Hídricos do Estado e pelo DNOCS. Em 2013 esses açudes públicos eram responsáveis por mais de 95% da capacidade de armazenamento hídrico do Estado. Dentre eles figuravam o maior de todos os açudes do semiárido, o açude Castanhão (CAVALCANTE, 2013).

Ao avaliar o rendimento da carcaça, filé e subprodutos gerados no processo de filetagem de tilápia do Nilo, Souza e Maranhão (2001) obtiveram resultados máximos de rendimento de pele bruta chegando a 6,56%. Ao correlacionar dados de capacidade de volume

dos reservatórios do Ceará apontados na tabela 1 com rendimento de pele gerada na filetagem, constatou-se que os açudes Castanhão e Orós poderiam gerar, no período reportado, até 121.360 ton./ano de pele de tilápia do Nilo, salvo o volume de peles que são aproveitadas para uso artesão.

Embora os dados atuais de acumulação média do Castanhão estejam menores que 21% (DNOCS, 2015), é importante que as indústrias pesqueiras possuam sistema de planejamento para direcionar os resíduos gerados no processamento.

3.4 Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

A tilápia, também conhecida tilápia do Nilo, é um peixe de água doce, rico em proteínas. Esse peixe tem origem africana, mas é muito popular, apreciado e consumido pelos brasileiros desde que desembarcou em solo nacional. Seu nome científico é *Oreochromis niloticus* da família *Cichlidae*, de ordem Perciformes. Geralmente podem atingir 45 cm e 2,5 Kg, possui espinha dorsal, se adaptam facilmente e se reproduzem com rapidez (FISHBASE, 2015).

A espécie apresenta requisitos típicos preferidos pelo mercado consumidor, tais como carne de sabor delicado, de fácil filetagem, ausência de espinhas em Y (SOUZA, 2002), o que coloca a tilápia como o segundo grupo de peixes de maior importância na aquicultura mundial, somente atrás das carpas (NAYLOR et al., 2000).

3.4.1 Cultivo e processamento

O cultivo da tilápia do Nilo é favorável e expressivo, principalmente devido à intensificação da piscicultura no Brasil em determinadas regiões. Além de sua carne possuir características apreciáveis em relação à textura, à palatabilidade, ao elevado valor nutricional e à boa aceitação do filé, a sua produção é aliada à facilidade no cultivo (SOUZA; MARANHÃO, 2001).

Em se tratando de volumes, os principais organismos cultivados no Brasil são os peixes (principalmente tilápia, carpas e o tambaqui), o camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) e o mexilhão (*Perna perna*). Como cultivos emergentes na aquicultura brasileira destacam-se os peixes marinhos (basicamente beijupirá - *Rachycentron canadum*), as macroalgas e os cultivos de pirarucu em água doce, desde que resolvidos os problemas técnicos existentes na produção de alevinos (BOSCARDIN, 2007).

Os estudos com tilápias pioneiros no Brasil começaram em novembro de 1971, com as tilápias do Nilo e de Zanzibar. Devido às condições climáticas e às águas favoráveis, logo as tilápias desenvolveram seu potencial nos açudes nordestinos, construídos desde o tempo imperial e, a partir do início do século passado, pelo DNOCS e órgãos que o antecederam (SILVA, 2009).

O sistema de aquicultura intensiva em tanque-rede cresceu muito no Brasil devido a sua alta produtividade. Com ele é possível manter um número maior de peixes por metro cúbico, o que reduz os custos e aumenta a rentabilidade (SEBRAE, 2008).

Até meados da década de 90, a tilápia era ainda pouco valorizada, sendo hoje a principal espécie cultivada no Brasil. A produção massiva de alevinos (machos – reversão sexual), a adoção do cultivo em tanques-rede, a introdução de linhagens de melhor potencial genético, o desenvolvimento de rações de alta qualidade, o aproveitamento dos grandes reservatórios do país e a oferta de produtos (filés) de alta qualidade foram fatores importantes na expansão do cultivo de tilápia no Brasil. A produção aquícola nordestina está praticamente concentrada na tilápia criada em tanques-rede nos açudes do Ceará (Figura 1) e nos reservatórios do Rio São Francisco em áreas da Bahia, Pernambuco e Alagoas, e de camarão marinho no litoral do Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia (KUBITZA et al., 2012).

Figura 1 – Cultivo em tanques-rede de *Oreochromis niloticus*, açude Castanhão, Ceará.



Fonte: Autora (2014).

Até pouco tempo, no Brasil, os piscicultores não tinham o hábito de se preocupar com a qualidade do peixe produzido. A produção era voltada quase que exclusivamente para

atender à demanda de pescadores, que apenas faziam exigências quanto à entrega do peixe vivo, em boas condições e visualmente isentos de doenças e parasitos. Com o atual declínio econômico da pesca recreativa e a necessidade crescente da industrialização, é necessário que novos parâmetros contemplem as exigências do mercado varejista e dos consumidores quanto à qualidade dos produtos de pescado, em especial o frescor e a padronização quanto ao sabor, textura e cor da matéria-prima. Os produtores que não se adequam a essa nova condição poderão sofrer com a perda de competitividade e espaço (MACIEL et al., 2013).

O processamento do pescado tem a finalidade de escoar a produção, regularizar a comercialização, prolongar sua vida útil, mantendo a qualidade e o sabor, e oferecer formas seguras de ingestão do produto, minimizando e inibindo a ação microbiana. Os segmentos de transformação e de distribuição da cadeia produtiva são compostos pelas indústrias de pescado e os entrepostos, intermediários, feiras livres, supermercados, peixarias e ambulantes, encerrando-se no consumidor (OETTERER, 2002).

A aquicultura pode ser potencializada, especialmente, com a tilapicultura, pois surge a necessidade de expandir a comercialização dos produtos desse segmento para além da filetagem, desenvolvendo produtos que aproveitem, inclusive, os resíduos do processamento para a fabricação de novos produtos (MACIEL et al., 2013).

3.5 Subprodutos da filetagem

O processamento de peixes de aquicultura é um fator importante para auxiliar no elo entre a produção primária e o consumidor final (SARY et al, 2009). O aproveitamento integral dos recursos na indústria pesqueira aumentaria o faturamento das empresas e reduziria problemas ambientais. Sendo esta uma grande geradora de subprodutos ricos em colágeno, como pele e ossos (ALFARO, 2008).

Os resíduos da indústria de filetagem são caracterizados principalmente por peles, ossos, cabeças e vísceras (GONÇALVES, 2011). Com rendimento de filé de aproximadamente 30%, o processamento da tilápia gera uma grande quantidade de subprodutos (BOOMAN et al., 2010). Quantidade significativa desses resíduos é de origem orgânica gerada nas diferentes etapas da cadeia produtiva da piscicultura, o processo de filetagem é o principal no que tange ao elevado percentual de resíduos gerados, apresenta-se como problema para o produtor ou abatedouros. No caso da tilápia, os resíduos representam aproximadamente 70%, distribuídos em cabeça (14%), carcaça (35%), vísceras (10%), pele (10%) e escamas (1%) (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006).

O setor pesqueiro poderá alcançar sustentabilidade pelo aproveitamento das matérias-primas com a inclusão de subprodutos, uso de espécies subutilizadas, preservação do meio ambiente e recursos naturais, minimização da poluição e redução do consumo de água. Assim poderá responder melhor às preocupações com a responsabilidade ambiental e social (MARTIN-SÁNCHEZ et al, 2009).

É possível ordenar os subprodutos de pescado em diferentes categorias de utilização, como matérias para obtenção de fertilizantes e ração, até para alimentos e produtos especiais (RUSTAD, 2003). Há várias utilidades nesse tipo de aproveitamento: extração de colágeno (escamas e peles) para a indústria farmacêutica e alimentícia na produção de gelatina; curtimento de pele para a indústria mobiliária, vestuário, artesanato e diferentes objetos; produção de polpa para fabricação de empanados, produtos semiprontos; cozinha institucional (da merenda escolar, restaurantes universitários, restaurantes de empresas, hospitais, presídios, etc.); compostagem; farinha e silagem de peixe (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006).

3.6 Gelatina

A gelatina é um biopolímero obtido a partir da desnaturação parcial do colágeno, é um importante gelificante amplamente utilizado em alimentos para proporcionar elasticidade, viscosidade, e estabilidade (ZHOU; MULVANEY; REGENSTEIN, 2006). Este biopolímero desperta bastante interesse devido ao seu custo relativamente baixo, por ser abundante e por possuir excelentes propriedades funcionais (GÓMEZ-GUILÉN et al., 2006).

As proteínas desempenham papel central nos sistemas biológicos, são polímeros complexos, compostos por 21 aminoácidos diferentes (DAMODARAM, 2010). Elas diferem em tamanho, forma, composição e sequência de aminoácidos, assim como também se diferenciam em sua funcionalidade nos sistemas alimentícios. Mudanças moleculares, resultantes de agregações proteicas e/ou polimerização, alteram as propriedades funcionais das proteínas, como hidratação, solubilidade, viscosidade de soluções, formação de filmes, gelificação e adsorção na interface entre fases aquosas e lipídicas (SIKORSKI, POKORNY, DAMODARAM, 2010).

O colágeno é a proteína fibrosa de tecido conjuntivo animal, contribuindo para as funções fisiológicas intrínsecas dos tecidos em peles, tendões, ossos e cartilagens (YAN et al., 2008). Peixes de água quente, como a tilápia, possuem colágeno com conteúdo de aminoácidos superior a peixes de água fria (GUDMUNDSSON; HAFSTEINSSON, 1997).

Segundo Zhou e Regenstein (2005), a gelatina pode ser obtida não somente de pele e ossos de animais terrestres, mas também de peles ou ossos de peixes.

Capazes de formar soluções coloidais com a água, a gelatina é tecnologicamente um hidrocoloide, e essas soluções são consideradas como “coloidais ideais”. Pectina, carragena, goma arábica, xantana, goma guar e goma de alfarroba, para citar alguns dos mais importantes, são também membros dessa classe de produtos (SCRIEBER; GAREIS, 2007).

A gelatina fornece uma diversidade de propriedades funcionais, como a capacidade de solubilização em água, de formação de filmes, de formação de espumas e habilidades emulsificantes, tornando-o um ingrediente versátil na indústria de alimentos, farmacêutica e cosmética (GÓMEZ-GUÍLLÉN et al., 2011).

A partir do colágeno desnaturado ou parcialmente hidrolisado, as gelatinas de peixe têm recebido atenção como alternativa frente à gelatina de mamíferos e aves. Podendo ser extraída de produtos ricos em colágeno, como peles, escamas, ossos etc. A composição e as propriedades da gelatina de peixe podem ser influenciadas pela fonte das matérias-primas características do processamento como: pré-tratamento químico, temperatura de extração, branqueamento, secagem etc, por outro lado elas também podem influenciar as propriedades físicas e químicas da gelatina. Várias abordagens têm sido desenvolvidas para melhorar as propriedades da gelatina de peixe, através de modificações nos processos químicos e enzimáticos (BENJAKUL; KITTIPHATTANABAWON; REGENSTEIN, 2012).

Gelatinas produzidas a partir de peixes retirados de água fria (região do Atlântico Norte) contêm consideravelmente menos prolina e hidroxiprolina, apesar de ter peso molecular elevado, reduzindo o poder de gelificação da gelatina produzida. Isso serve para demonstrar o quão é complexo o mecanismo de gelificação das gelatinas. Deve-se notar que estes tipos de gelatina tendem a ter propriedades tecnológicas, como estabilidade e viscosidade, dependentes das espécies do peixe a partir do qual a matéria-prima é processada. Como consequência, a gelatina produzida a partir da pele de atum tem propriedades diferentes de uma Tilápia do Nilo, por exemplo (SCHRIEBER; GAREIS, 2007).

3.7 Extração de gelatina de peixe

A principal diferença estrutural entre as gelatinas de mamíferos e de peixes é o conteúdo de aminoácidos prolina e hidroxiprolina, que ocorre em quantidade superior na primeira e leva à formação de géis com maior força. Entretanto, as gelatinas de peixes tropicais são mais semelhantes às gelatinas de mamíferos no que diz respeito às propriedades

reológicas e por possuírem maior conteúdo desses aminoácidos que as gelatinas de peixes de águas frias (GUDMUNDSSON, 2002; GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002).

Estudos acerca de diferentes extrações de gelatina de peixe são conduzidos a fim de aperfeiçoar o método, uma vez que as propriedades físico-químicas da gelatina podem ser afetadas pelo processamento. É comum o uso de soluções químicas no pré-tratamento, e a conversão do colágeno está relacionada à severidade do processo de extração e ao pré-tratamento utilizado. O colágeno é solubilizado sem alterar a configuração original de tripla hélice, que depois é desestabilizada por um tratamento térmico subsequente provocando o rompimento de ligações covalentes e de hidrogênio, o qual leva à conversão do colágeno em gelatina (MONTERO; GÓMEZ-GUILLÉN, 2000). Um exemplo de influência é a extração com temperaturas elevadas, que segue rompendo as ligações cruzadas, no entanto destrói as ligações de hidrogênio as quais são fundamentais para a estabilidade da estrutura do colágeno (WONG, 1995).

O processo de transformação do colágeno em gelatina envolve as três seguintes alterações: ruptura de um número limitado de peptídeos, ruptura ou desorganização das ligações entre as cadeias laterais e mudança na configuração da cadeia. (DEMAN, 1999).

Muito importante em gelatinas é a medida de viscosidade, que pode ser influenciada pelas concentrações e tipos de gelatina, temperatura e condições do método de processamento utilizado (GUDMUNDSSON, 2002).

Algumas espécies de peixes capturadas em grandes quantidades, a exemplo da anchova, não são adequadas para a pesquisa de gelatina por possuírem o corpo pequeno, no entanto, "*Cyclopterus lumpus*", "*Oreochromis sp*", "*Gadus morhua*" "*Merluccius merluccius*", "*Lepidorhombus boscii*", "*Conger conger*" e lula podem ser utilizados para tal finalidade (CHO; GU; KIM, 2005).

Ácidos orgânicos utilizados no tratamento podem resultar em melhores propriedades viscoelásticas e de gelificação, sobretudo quando tratados com NaOH diluído e com ajuste de pH em torno de 4,5 – 5,0 (GÓMEZ-GUILLÉN; MONTERO, 2001).

O valor de "*bloom*" é a medida analítica do poder de gelificação que a gelatina possui (SCHRIEBER; GAREIS, 2007). Gudmundsson e Hafsteinsson (1997) observaram que gelatinas liofilizadas apresentavam maiores valores de "*bloom*" em relação a gelatinas secas ao ar, já que estas provavelmente sofreram maior desnaturação protéica, o que reduziu as propriedades de formação do gel.

As diferentes condições na extração de gelatina, a diversidade de espécies de peixes utilizadas e seus efeitos na gelatina resultante estimulam o estudo para otimização de metodologias para extrair esse material.

3.8 Revestimentos comestíveis

Problemas ecológicos podem ser ocasionados pelo uso de embalagens sintéticas, por estas não serem biodegradáveis. Acredita-se que os biopolímeros constituem uma fonte alternativa para o desenvolvimento de embalagens devido à sua biodegradabilidade (SANTOS, 2014).

Destaca-se o desenvolvimento de pesquisas com revestimentos à base de biopolímeros por possuírem habilidade em estender a vida útil do alimento. Na maioria dos alimentos frescos ou processados, a contaminação microbiana ocorre, em maior intensidade, na superfície dos mesmos, requerendo um controle efetivo do crescimento microbiano. Os revestimentos ou filmes comestíveis são possíveis candidatos para o efeito de preservação dos alimentos (PADGETH; HAN; DAWSON; 1998; OU et al., 2007). Os revestimentos podem ser aplicados sobre a superfície do alimento ou entre os componentes, visando reduzir a perda de vapor de água, oxigênio, migração de lipídios e aroma ou estabilizar os gradientes de atividade de água e assim manter as diferentes propriedades de textura (GIANCONE et al., 2008)

Vários materiais vêm sendo testados como revestimentos em atenção à manutenção da qualidade e aumento de vida útil dos produtos alimentícios. As proteínas (gelatina, proteínas do trigo, do milho, caseína etc), lipídios (ceras) e polissacarídeos (celulose e seus derivados etc) são os principais biopolímeros empregados para produção de revestimento e filmes comestíveis (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2009). No que diz respeito à sua aplicação em diversos tipos de alimentos, vários estudos vêm sendo realizados, um desses foi elaborado por Soares et al. (2011), os quais estudaram a aplicação de revestimento comestível em goiaba (*Pisidium guajava*), nesse estudo, os frutos foram revestidos com amido de mandioca, mais especificamente revestimento de amido de mandioca com ácido acético e revestimento de amido de mandioca com 1,0% e 1,5% de quitosana e amostra controle. Os autores observaram resultados satisfatórios na conservação dos frutos, destacando a eficiência da ação dos revestimentos com quitosana na manutenção da cor verde do fruto e menor perda de massa comparando com amostra sem revestimento (controle).

A influência nas trocas gasosas de queijo “Regional” foi avaliada com dois tipos de revestimento (galactomanana e quitosana) e da variação de temperatura de armazenamento. Foram relatadas melhorias no peso e aparência dos queijos revestidos com galactomanana (CERQUEIRA et al., 2010). Nowzari, Shábanpour e Ojagh (2013) avaliaram o efeito de filme e revestimento de quitosana e gelatina em filés de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e observaram que foram mantidas as características de boa qualidade e a vida útil das amostras de peixes revestidos durante o armazenamento foi prolongada.

As gelatinas funcionam como um filme externo para a proteção contra desidratação, luz e oxigênio (MONTERO; GÓMEZ-GUILLÉN, 2000). O grau de desnaturação da proteína está relacionado com o tempo de aquecimento e temperatura, e isso pode afetar as propriedades de solubilidade e mecânicas dos filmes preparados a partir das soluções (MCHUGH; KROCHTA, 1994). O peixe é um alimento altamente perecível e sua conservação prolongada demanda o desenvolvimento de tecnologias na preservação do seu frescor e qualidade ao longo do período de tempo necessário para a distribuição de mercado e varejo (ANDEVARI; REZAEI, 2011).

Ou et al. (2002) obtiveram resultados satisfatórios no armazenamento de filés de Tilápia do Nilo revestidos com gelatina de peixe incorporadas de ácido benzoico, como agente microbiano, e indicaram que um revestimento de gelatina antimicrobiana é adequado para a preservação de filés de tilápia. Sathivel (2005) estudou revestimento de proteína e quitosana, avaliou seus efeitos em filés de Salmão (*Oncorhynchus gorbuscha*) e observou resultados significativos no retardo da oxidação lipídica durante o armazenamento em refrigeração por 3 meses.

Gogus, Bozoglu e Yurdugul (2006) comparam os efeitos da aplicação combinada (revestimento: óleo vegetal, cera de abelha e mistura de água destilada com o pH 7,2) com os efeitos da aplicação sozinha de revestimentos à base de ácido láctico e nisina como critério de qualidade *posmortem* de *Sardina pilchardus* refrigeradas e perceberam que as aplicações, ácido láctico, Nisina e revestimento foram determinadas como as aplicações mais conservadoras, com menores perdas de acidez e maior inibição bacteriana, incluindo *Pseudomonas* spp.

Os efeitos de um revestimento de quitosana enriquecida com óleo de canela na qualidade de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) foram estudados por Ojagh et al. (2010). Os autores examinaram os peixes durante o armazenamento refrigerado (4 ± 1 ° C) por um período de 16 dias. Através de análises microbiológicas, química e sensorial. Os resultados indicaram que o efeito do revestimento com óleo de canela nas amostras de peixe influenciou

nas características de boa qualidade, mantendo por mais tempo e prolongando a vida de prateleira durante o armazenamento sob refrigeração.

Assim, o uso de filmes ou revestimento comestíveis tem como objetivo principal retardar a taxa de deterioração dos alimentos, controlar a migração de água de um sistema alimentício, permeabilidade ao oxigênio e ao dióxido de carbono, migração lipídica, manutenção das qualidades desejáveis do alimento, como cor, sabor, aroma, acidez, textura etc. Podendo conter na sua formulação aditivos alimentícios como antioxidantes e antimicrobianos (MCHUGH; KROCHTA, 1994).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Locais de realização da pesquisa

A pesquisa foi realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Sendo realizado no Campus de Limoeiro do Norte: pré preparo das peles, processo de extração da gelatina e elaboração do revestimento (Planta Piloto de Pescado); caracterização físico-química, eletroforética e análise de viscosidade (Laboratório de Química de Alimentos); determinações microbiológicas (Laboratório de Microbiologia de Alimentos); teste sensorial (Laboratório de Análise Sensorial).

No Laboratório de Tecnologia Química do IFCE Campus Fortaleza realizou-se liofilização das amostras e caracterização do perfil espectrofotométrico.

4.2 Matéria-prima

Utilizou-se para extração de gelatina, peles de peixe da espécie *Oreochromis niloticus*, descartadas no processo de filetagem e cedidas pela empresa Aplages, município de Jaguaribara, Ceará. A matéria-prima coletada foi transportada em caixas térmicas mantidas a $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ até a planta Piloto de Pescado do IFCE, Campus Limoeiro do Norte.

Para análise do perfil espectrofotométrico utilizou-se gelatina para análise (P. A.) da marca Dinamica. Para o teste sensorial usou-se gelatina comercial em pó sem sabor da marca Dr. Oetker.

4.3 Obtenção da gelatina

4.3.1 Pré-preparo

O processo de obtenção da gelatina iniciou com o pré-preparo das peles, em que as peles de tilápia do Nilo foram lavadas em água corrente para remoção de sujidades e material superficial aderido. Em seguida, foram cortadas em tamanhos uniformes em peças de aproximadamente 4x4 cm. Seguido de imersão em solução de NaCl 0,2% (m/v) por 5 minutos sob agitação contínua em agitadores magnéticos. Após a limpeza e corte, as peles foram descansadas ao ar livre por aproximadamente 1 hora, e posteriormente anotado o peso para cálculo de rendimento, utilizou-se aproximadamente 100g de pele.

4.3.2 Extração

Para extração de gelatina da pele de *Oreochromis niloticus* foram utilizados 4 tratamentos químicos (Tabela 2) conforme metodologia adaptada de Alfaro (2008) e Niu et al. (2013).

Tabela 2 – Tratamentos químicos utilizados na extração de gelatina em peles de *Oreochromis niloticus*.

Extrações	Soluções Utilizadas	Concentrações (Mol.L ⁻¹)
T ₁	NaOH (hidróxido de sódio)	0,70
	H ₂ SO ₄ (ácido sulfúrico)	0,03
	C ₆ H ₈ O ₇ (ácido cítrico)	0,05
T ₂	NaOH (hidróxido de sódio)	0,30
	HCl (ácido clorídrico)	0,04
T ₃	NaOH (hidróxido de sódio)	0,30
	C ₆ H ₈ O ₇ (ácido cítrico)	0,10
T ₄	NaOH (hidróxido de sódio)	0,30
	CH ₃ COOH (ácido acético)	0,03

Fonte: Autora (2015)

Tratamento 1: Baseou-se em concentrações descritas por Alfaro (2008). As peles foram inicialmente submersas em solução alcalina de NaOH 0,7 Mol.L⁻¹ (1:6 m/v) por 80 minutos. Foram lavadas em água corrente para estabilização do pH. Em seguida, foram submetidas a tratamento ácido em solução de H₂SO₄ 0,03 Mol.L⁻¹ (1:6 m/v) por 80 minutos. Decorrido o tempo, passaram por sucessivas lavagens até pH 4,8-5,2. Logo depois, foram imersas em solução de C₆H₈O₇ 0,05 Mol.L⁻¹ (1:6 m/v) por 80 minutos e novamente lavadas para ajuste do pH.

Tratamento 2: As peles foram submersas em solução alcalina de NaOH 0,3 Mol.L⁻¹ (1:6 m/v) por 80 minutos e, em seguida, foram lavadas em água corrente e seguiram para imersão em tratamento ácido de HCl 0,04 Mol.L⁻¹ (1:6 m/v) por 80 minutos com posterior lavagem em água corrente para ajuste de pH (4,8-5,2), segundo concentrações descritas por Niu et al (2013).

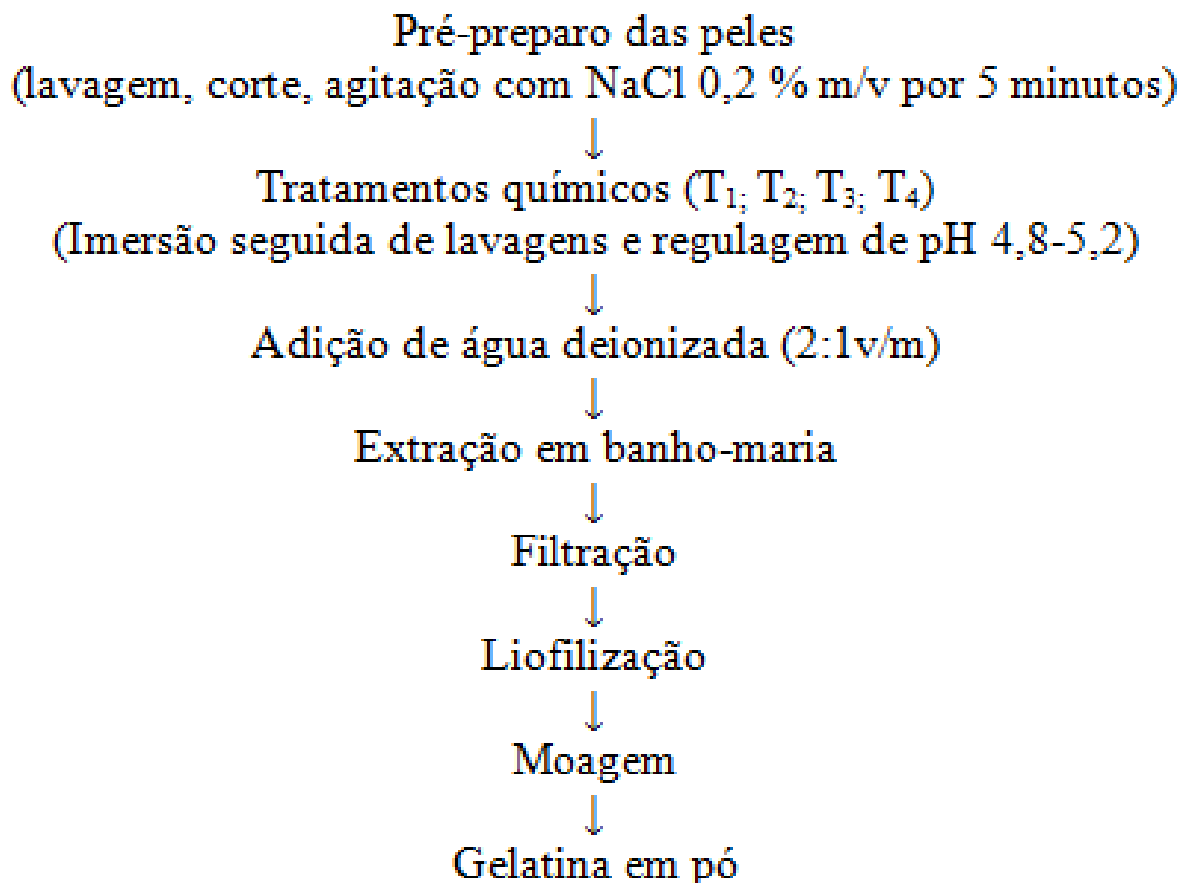
Tratamento 3: As concentrações basearam-se em Niu et al. (2013), com imersão das peles em solução alcalina de NaOH 0,3 Mol.L⁻¹ (1:6 m/v) por 80 minutos. Foram lavadas em água corrente até pH próximo de 4,8-5,2. Posteriormente submetidas a tratamento ácido

em solução de CH_3COOH $0,1 \text{ Mol.L}^{-1}$ (1:6 m/v) por 80 minutos. Decorrido o tempo, as peles foram novamente lavadas para ajuste de pH.

Tratamento 4: Inicialmente as peles foram imersas em solução alcalina de NaOH $0,3 \text{ Mol.L}^{-1}$ (1:6 m/v) por 80 minutos. Em seguida foram lavadas em água corrente até pH 7,0. O procedimento seguinte foi a imersão das peles em CH_3COOH $0,03 \text{ Mol.L}^{-1}$ (1:6 m/v) por 80 minutos, seguido de lavagens para regular pH (4,8-5,2). As concentrações utilizadas nesse tratamento foram definidas seguindo Niu et al. (2013).

Após cada tratamento químico, adicionou-se 2 mL de água deionizada para cada 1g de pele (2:1 v/m). O processo seguiu com a extração da gelatina em banho maria $50^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ por 3 horas. A gelatina obtida foi filtrada com auxílio de gaze para remoção de resíduos suspensos e o material foi liofilizado. A gelatina em base seca foi triturada para obtenção do pó.

Figura 2 – Fluxograma de obtenção da gelatina de pele de *Oreochromis niloticus*.



Fonte: Autora (2015)

4.4 Caracterização da gelatina de pele de *Oreochromis niloticus*

4.4.1 Rendimento

O rendimento de cada extração foi calculado a partir do peso de gelatina obtida sobre o valor do peso úmido das peles utilizadas. Segundo a equação (Figura 3):

Figura 3 – Equação de rendimento da extração de gelatina de *Oreochromis niloticus*.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Gelatina (base seca)}}{\text{Peso úmido das peles}} \times 100$$

Fonte: Autora (2015)

4.4.2 Determinações analíticas

Potencial Hidrogênico (pH)

As amostras foram dissolvidas em água destilada a 6,67% (m/v) seguindo metodologia descrita por Scribeis e Gareis (2007). O potencial hidrogênico (pH) foi determinado utilizando-se medidor de pH, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

Composição centesimal

Umidade – As amostras (base seca) foram pesadas em cápsula de porcelana contendo areia previamente tratada com ácido clorídrico, para melhor disposição da amostra. A umidade foi determinada em estufa a 105°C até peso constante, sendo a primeira pesagem com três horas e as demais a cada uma hora (AOAC, 2002).

Lipídios – Pesou-se aproximadamente 2g da amostra (base seca) em cartucho de Soxhlet. Transferiu-se o cartucho para o aparelho extrator tipo Soxhlet. Foi acoplado o extrator ao balão de fundo chato previamente tarado a 105°C. Adicionou-se hexano em quantidade suficiente para um Soxhlet e meio. Adaptou-se a um refrigerador de bolas e o aquecimento foi mantido em chapa elétrica à extração contínua em torno de 8 horas. Retirou-se o cartucho, destilou-se o éter e o balão com o resíduo extraído foi transferido para uma estufa a 105°C, mantendo por cerca de uma hora. Em seguida resfriado em dessecador até a

temperatura ambiente. Pesou-se e se repetiu as operações de aquecimento por 30 minutos na estufa e resfriamento em dessecador até peso constante (AOAC, 2002).

Cinzas – a determinação foi realizada através de carbonização das amostras (base seca) em bico de Bunsen seguido de incineração a 525°C em mufla (AOAC, 2002).

Proteínas – as proteínas foram determinadas através do método de Kjeldahl a partir da pesagem da gelatina (base seca) e posterior digestão e conversão das formas de nitrogênio em NH_3 , a qual foi destilada e em seguida titulada com Ácido Clorídrico 0,1 N (AOAC, 2002).

4.4.3 Determinação colorimétrica

A cor das gelatinas foi medida ao analisar os parâmetros: luminosidade (L^*), que varia da cor preta (0) à branca (100); a^* , que varia da cor verde (-60) à vermelha (+60) e b^* , que varia da cor azul (-60) à amarela (+60). A cor das gelatinas em base seca foi determinada em triplicata utilizando colorímetro Minolta Chroma Meter CR 400/410, espaço de cor $L^* a^* b^*$, por reflectância. A calibração foi realizada com placa branca padrão, seguindo as instruções do fabricante.

4.4.4 Viscosidade

A viscosidade foi determinada em triplicata seguindo procedimento descrito por Sciebeis e Gareis (2007), de modo que a solução de gelatina foi dissolvida em água destilada (6,67 %) e a viscosidade foi medida por Viscosímetro Capilar 520-01, sob temperatura controlada em torno de 45 °C. A medida de viscosidade foi determinada segundo a fórmula recomendada pelo fabricante: $V = K \cdot t$. Em que a viscosidade (V) é dada pela multiplicação da constante (K) 0,004893 mm^2/s e do tempo em segundos (t) utilizado pela solução para percorrer o sistema.

4.4.5 Determinação Eletroforética

A distribuição de massa molar foi avaliada através de eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE Tris-Glicina) de acordo com a metodologia descrita por LAEMMLI (1970). A eletroforese foi realizada em sistema com cuba vertical e fonte de eletroforese modelo K33-300 V. Utilizando géis de empilhamento de 4% e de separação de 6%. As amostras foram dispersas em tampão contendo β -mercaptoetanol e aquecidas a 100°C por dez minutos. Nas canaletas do gel foram aplicados 10 μ l de amostra. A corrida foi realizada a 200 Volts e 40 Amperes de corrente. Na primeira canaleta foi colocado o padrão de peso molecular (P7702-BioLabs inc). Foi preparada solução de Coomassie R-250 (0,3%) em solução de metanol e ácido acético para corar os géis e uma solução contendo apenas metanol e ácido acético para descorar os géis.

4.4.6 Perfil espectrofotométrico

A determinação em espectro ultravioleta das gelatinas seguiu modelo descrito por Chandra e Shamasundar (2015), em que as gelatinas foram solubilizadas em água destilada 0,5% (p/v), aquecidas a 60°C por 30 minutos e esfriada a temperatura ambiente (28°C). A solução foi filtrada em papel de filtro N° 4 Whatman. A varredura foi realizada em espectro Evolution™ 60S UV-Visible Spectrophotometer, nos comprimentos de onda de 190 a 1000 nm.

4.4.7 Avaliação Microbiológica

As gelatinas em pó foram analisadas microbiologicamente de acordo com metodologia descrita por APHA (2001).

Preparo da amostra – Pesou-se cerca de 10g da amostra de forma asséptica em câmara de fluxo laminar. Com posterior diluições (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) em solução salina estéril.

Número Mais Provável (NMP) de Coliformes Termotolerantes e Confirmação de Escherichia coli – Através da metodologia do Número Mais Provável (NMP), em que foram utilizados nove tubos de ensaio contendo 10 mL de caldo lactosado simples em cada. Foi

inoculado 1 mL de solução salina contendo amostra em cada tubo de caldo lactosado e em seguida levados para estufa à 35 °C por 48 horas. Após a realização da leitura dos tubos as amostras que fermentaram foram repicadas em Caldo Verde Bile Brilhante (BVB) e levados à estufa à 35 °C por 48h. Os tubos positivos de BVB foram repicados para o caldo E.C. e incubados em banho-maria a 45 °C onde permaneceram por 24 horas. Os tubos que apresentassem fermentação eram submetidos à prova sorológica para confirmação da presença ou ausência de *E. coli*, pelo Teste de Indol (Caldo Triptona 1%) para o qual inocula-se nos tubos contendo indol, uma alçada leve da cultura e faz-se incubação a 35 °C por 24 horas. Em seguida adiciona-se reagente de Kovacs e agita-se levemente. A prova consiste na observação da formação ou não de um anel vermelho na superfície do meio de cultura. Caso haja formação do anel vermelho o resultado é positivo para *E. coli*. Caso o anel permaneça na cor amarela do reagente, o resultado é negativo. As cepas de *E. coli* podem ser indol positivas ou negativas.

Contagem de Staphylococcus aureus (coagulase positiva) – A metodologia instituída para a contagem de *Staphylococcus aureus* foi a de Contagem Direta em Placas. Partindo das diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} com o auxílio de uma pipeta esterilizada, transferiram-se 0,1 mL de cada diluição para placas de Petri contendo Ágar Baird-Parker (BP) e depois se espalhou o inóculo por toda a superfície do Ágar BP utilizando-se a técnica de semeadura em superfície ou Spread plate. As placas foram incubadas, invertidas, em estufa à 35°C por 48 horas. Após incubação, foram selecionadas para contagem as placas que continham mais colônias típicas. As colônias típicas (negras, brilhantes, com anel opaco, rodeado por um halo claro transparente, destacando-se sobre a opacidade do meio) foram contadas para cálculo do número de unidades formadoras de colônias (UFC) por grama do alimento. Uma das colônias típicas isoladas de cada placa foi repicada para tubos contendo Caldo Infusão Cérebro-Coração (Caldo BHI). O meio foi incubado à 35°C durante 24 horas. A partir do subcultivo crescido no Caldo BHI foram submetidas ao teste de coagulase em plasma de coelho.

Pesquisa de Salmonella – Na detecção de *Salmonella ssp.*, foi pesado cerca de 25g da amostra e adicionada em 225 mL de água peptonada tamponada e foi incubada em estufa à 35 °C por 24 horas (pré-enriquecimento). Depois de decorrido o tempo de pré-enriquecimento foram transferidos 1 mL para dois tubos de ensaio diferentes, um contendo 9 mL de Caldo Selenito Cistina (SC) e outro 9 mL de Caldo Tetrationato (TT), e foram incubados à 35 °C em banho-maria (enriquecimento seletivo). Posteriormente realizou-se

repiques em placas de Ágar *Salmonella Shigella* (SS), Ágar Verde Brilhante (BG), e incubados à 35°C por 24 horas. Colônias típicas, reisoladas em tubos inclinados de Ágar Lisina Ferro (LIA) e Ágar Triplice Açúcar e Ferro (TSI), foram incubadas por 24 horas à 35°C. A presença ou a ausência do microrganismo foi identificada observando as seguintes reações com os meios LIA e TSI.

LIA: a maioria das salmonelas cresce modificando a coloração do meio violeta e produzem H₂S.

TSI: na presença de salmonela ocorre produção de H₂S (enegrecimento de certa parte do meio) e gás (podem também não apresentar produção de H₂S); o ápice do meio se torna amarelo devido à fermentação da dextrose; a superfície inclinada apresenta coloração vermelha devido a não fermentação da lactose e da sacarose.

Os resultados dos testes microbiológicos foram confrontados com os parâmetros exigidos pela Resolução Normativa N° 12/2001 (BRASIL, 2001) que define os padrões microbiológicos para alimentos. O produto comparado refere-se aos produtos em pó, drágeas e similares, como gelatina.

4.5 Teste sensorial

Com a avaliação estatística foi possível considerar, dentre os tratamentos testados, o que apresentou melhores resultados para gelatina de pele de *Oreochromis niloticus*. Alguns parâmetros foram utilizados como essenciais para designar a qualidade da gelatina. As respostas estudadas na presente pesquisa foram: rendimento, valor de proteína, cor (parâmetro L – luminosidade) e viscosidade. A gelatina que apresentou melhores resultados frente a estes parâmetros foi aplicada e testada sensorialmente como revestimento em filés de peixe da espécie *Oreochromis niloticus*.

A aplicação seguiu método adaptado de Ou et al. (2002) sem utilização de ácido benzoico. Foram elaboradas três formulações de filés com e sem revestimento (Tabela 3).

Tabela 3 – Formulação de revestimento à base de gelatina.

Formulação	Gelatina	Glicerol
F0 (Controle)	0%	0%
F1 (Gelatina de peixe)	6,67%	1,8%
F2 (Gelatina comercial)	6,67%	1,8%

Fonte: Autora (2015)

4.5.1 Aplicação do revestimento

Os peixes foram adquiridos inteiros (aproximadamente 0,80-1,2 Kg/unidade) no mercado da cidade de Limoeiro do Norte, Ceará. A retirada da pele ocorreu na Planta Piloto de Pescado do IFCE na mesma cidade, sendo transportados em caixas térmicas mantidas a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Foram observadas as boas práticas de fabricação na manipulação, higiene e sanitização de todos os utensílios, utilizou-se na filetagem facas, tábuas, bandejas etc. Todos higienizados com água clorada a 5 ppm. Em seguida, fez-se a adição de ingredientes obedecendo a proporção para 1Kg de filé: sal refinado (20g) e alho (4,8g).

Os filés foram imersos nos revestimentos por aproximadamente 5 minutos. Em seguida foram recolhidas amostras de cada formulação (F0, F1 e F2) para teste microbiológico prévio e análise sensorial. Foram feitas semeaduras em placas PetrifilmTM segundo recomendação do fabricante (3M) para testes de Número Mais Provável de Coliformes Termotolerantes e confirmação de *E. Coli*, Contagem de *Staphylococcus aureus*, e pesquisa de *Salmonella* spp. Os filés foram acondicionados em recipientes plásticos com tampa e armazenados por 24 horas sob refrigeração a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

4.5.3 Composição Centesimal – filés revestidos

As amostras referentes a cada formulação (F0, F1 e F2) foram avaliadas quanto às características físico-químicas de: Umidade, cinzas e proteínas, conforme descrição das análises no item 4.4.2. Para análise de lipídios, seguiu-se o método específico para amostras de pescado Bligh-Dyer, descrito em Bligh e Dyer (1959).

4.5.4 Teste de Aceitação e Intenção de Compra

Os filés foram fritos em frigideira com óleo quente à temperatura de aproximadamente 160°C , cortados em tamanhos uniformes de aproximadamente 4x4 cm. Em seguida, foram avaliados quanto às suas características sensoriais para os atributos de aparência, cor, sabor, aroma, textura e aspecto global através de teste afetivo de aceitação por escala hedônica estruturada de 9 pontos, ancorada nos extremos que corresponde a 9 (“gostei muitíssimo”) e 1 (“desgostei muitíssimo”). Analisou-se a Intenção de Compra dos provadores em relação ao produto utilizando escala estruturada de 5 pontos, em que os extremos marcavam “Certamente compraria o produto” e “Certamente não compraria o produto”.

O teste foi realizado com 120 provadores não treinados e consumidores do produto utilizando-se a ficha do teste de aceitação e intenção de compra (Apêndice I). Os provadores assinaram termo de consentimento pós-informado, em participar da pesquisa (Apêndice II).

4.6 Análise Estatística

Os dados de caracterização da gelatina e do teste sensorial foram avaliados estatisticamente através de valores médios, desvio padrão, Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey, utilizando o software estatístico ASSISTAT 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2009) versão beta e Microsoft Office Excel 2010. Para interpretação gráfica dos resultados da análise espectrofotométrica foi utilizado o software *Origin*[®] 8.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Rendimento

Os rendimentos dos tratamentos testados apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). O tratamento 4 apresentou o melhor rendimento de 21%, seguido do tratamento 2 (17%) e 3 (17%). O tratamento 1 apresentou o menor valor (15%). Expressivamente há diferença entre os tratamentos 1 e 4, conforme apresenta a tabela 4, em que letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Tabela 4 – Médias e desvio padrão do rendimento de gelatina de *Oreochromis niloticus*.

Tratamentos	Média
T1	$15 \pm 0,5$ b
T2	$17 \pm 0,08$ ab
T3	$17 \pm 0,51$ ab
T4	$21 \pm 1,73$ a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

Fonte: Autora (2015)

Segundo Gudmundsson e Hafsteinsson (1997), o rendimento de gelatina pode ser afetado pelo aumento de tempo e temperatura na extração. Podendo incrementar o rendimento devido a uma ocorrência de hidrólise mais pronunciada do colágeno, em função disso pode ocorrer fragmentação excessiva das cadeias, que irá influenciar na viscosidade pelos efeitos na distribuição de massas moleculares.

Em termos industriais, um dos aspectos primeiramente observados é o rendimento do produto final. No entanto, fatores como comprimento das cadeias e distribuição do peso molecular influenciam nas propriedades reológicas e de gelificação, esses aspectos estão diretamente relacionados às características de pureza das gelatinas.

Rendimentos máximos (17 e 21 %) encontrados na presente pesquisa foram maiores que os encontrados por Alfaro (2008), 5,10 %. O método baseado refere-se ao tratamento 1, que apresentou o menor valor de rendimento. O autor utilizou proporção de imersão nas soluções químicas 1:10 (m/v) também em peles de tilápia, e no presente estudo usou-se o equivalente a 1:6 (m/v). Outras diferenças são destacadas, como fatores de tempo e temperatura aplicados no processo. Alfaro (2008) usou biorreator com temperatura de 45 °C

em extração de 6 horas, a pesquisa em questão seguiu método descrito por Niu et al. (2013) referente à extração em banho maria à 50 °C por 3 horas. Reiterando as influências causadas nesta etapa do processo.

Os resultados foram semelhantes aos de Bordignon (2010) ao extrair gelatina de peles de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) tratadas por congelamento (17 %) e salga (18 %). Chandra, Shamasundar e Kumar (2013) obtiveram rendimentos de apenas 6,16 % da gelatina a partir de ossos de *Cirrhinus mrigala*. Enquanto que, na presente pesquisa e em outros trabalhos, rendimentos maiores a partir das peles foram observados.

Gudmundsson e Hafsteinsson (1997) obtiveram rendimento máximo de 17 % de gelatina extraída de peles de bacalhau com extração ácida (ácidos cítrico e sulfúrico) e básica (hidróxido de sódio). O método de secagem foi similar ao da presente pesquisa, com a liofilização para obtenção da gelatina em base seca. Alfaro (2008), em estudo estatístico das variáveis independentes (tempo e temperatura) na extração, apresentaram influência significativa sobre outros parâmetros como força do gel e viscosidade.

Zhou e Regenstein (2004) sugeriram extrações de gelatina a partir de pele de peixes da família do bacalhau utilizando-se concentrações de OH^- a 0,25 mol/L e de H^+ a 0,09 mol/L, com temperaturas de pré-tratamento à 2°C e de extração à 50°C, obtendo rendimentos de 18 %.

Os mesmos autores, ao observarem os efeitos de pré-tratamentos ácido e alcalinos sobre as proteínas da gelatina, obtiveram rendimento de 16 %. Ressaltaram que menores concentrações de íons OH^- e H^+ , apesar de resultar em leve queda no rendimento, possui a vantagem de diminuir significativamente a degradação por proteases. Afirmaram que a combinação de um pré-tratamento alcalino seguido de um pré-tratamento ácido não apenas removem as proteínas não colagenosas, mas também fornecem a condição de pH adequada para a extração, em que algumas ligações podem ser destruídas, porém com menos quebra de cadeias polipeptídicas (ZHOU; REGENSTEIN, 2005).

Boran e Regenstein (2009) extraíram gelatinas a partir de peles de Carpa, e apontaram resultados de rendimento da extração de gelatina que variaram de 3 a 14,4%. Ninan, Jose e Abubacker (2011) ao extrair gelatina de peles de *Labeo rohita* e *Cyprinus carpio*, obtiveram rendimentos de 12,93 e 12%, respectivamente.

Rendimentos de 19,50% em gelatina de peixe gato gigante (*Pangasianodon gigas*), e 23,34% Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) foram relatados por Rawdkuen, Thitipramote e Benjakul (2013), em que o tempo de extração empregado foi de 12 horas a 45 °C $\pm$ 1. Segundo Alfaro (2008), o emprego de altas temperaturas e tempos de extração

prolongados é desejável para obtenção de maiores rendimentos, mas induzem à fragmentação das α -cadeias de colágeno, levando à redução da viscosidade e força de gel.

Os rendimentos das extrações realizadas foram influenciados pelas soluções utilizadas nos tratamentos, visto que apresentaram diferença significativa, corroborando interferências quanto à concentração e soluções químicas utilizadas destacadas em outros estudos.

O custo do processo calculado, baseando-se apenas nos reagentes utilizados em cada extração e na gaze utilizada na filtração, demonstra que os processos custam em torno de 1,44 a 4,00 reais. Sendo T4 e T3 os mais viáveis, calculando 1,59 e 1,44 reais, respectivamente. Enquanto T2 custou cerca 3,58 reais e T1 4,00 reais. Correlacionado o custo com os rendimentos obtidos em cada extração, T3 e T4 são mais viáveis frente às outras extrações testadas.

5.2 Determinações analíticas

5.2.1 Potencial Hidrogeniônico – pH

A gelatina é um hidrocolóide altamente versátil para aplicações tecnológicas. Pode cumprir duas funções principais: aumentar a viscosidade de produtos ou proporcionar-lhes uma textura especial por causa de seu poder de gelificação. Em algumas determinações regulamentares, o pH é especificado dentro de uma gama muito ampla. No entanto, é também um critério que pode afetar o processamento posterior da gelatina, pois tem uma influência considerável sobre a formação de espuma e a interação de gelatina com os outros componentes de uma formulação particular (SCRIEBEIS; GAREIS, 2007).

Os resultados da análise de pH apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, sendo T4 o que apresentou maior valor de pH, os outros tratamentos apresentaram valores de pH em torno de 3,00 (Tabela 5).

Tabela 5 – Médias e desvio padrão de pH em gelatina de pele de *Oreochromis niloticus*.

Tratamentos	pH
T1	3,11 $\pm$ 0,13 b
T2	3,02 $\pm$ 0,04 b
T3	3,12 $\pm$ 0,005 b
T4	4,82 $\pm$ 0,03 a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Fonte: Autora (2015)

Valores de $4,23 \pm 0,14$ foi relatado por Chandra, Shamasundar e Kumar (2013) em gelatina de ossos de *Cirrhinus mrigala*. Ninan, Jose e Abubacker (2011) encontraram para as espécies de peixe *Labeo rohita* e *Cyprinus carpio*, $4,08 \pm 0,04$ e $4,05 \pm 0,06$, respectivamente. Relataram, ainda, que esses valores de pH estão fora dos limites definidos para a gelatina tipo A (pH 6,0-9,5) e tipo B (pH 4,7-5,6), devido ao método de pré-tratamento empregado durante o processo de extração que envolveu tanto tratamentos alcalinos como ácidos.

O resultado do pH = $4,82 \pm 0,03$ para o tratamento 4, caracteriza-o na faixa de gelatinas tipo B, embora tenha sido extraído tanto com álcali como ácido, o que pode ser atribuído à baixa concentração de ácido utilizada ($0,1 \text{ mol.L}^{-1}$). Pois Rawdkuen, Thitipramote e Benjakul (2013) observaram que maiores valores de pH foram obtidos quando utilizaram ácido cítrico em baixa concentração, principalmente combinado com altas concentrações (0,4 %) de hidróxido de sódio e/ou ácido sulfúrico.

O pH das gelatinas pode influenciar no seu poder de viscosidade. Haug, Draget e Smidsrod (2004) relataram redução na viscosidade de gelatinas com pH acima de 10, devido a um processo de deamidação e mudanças na densidade de carga.

5.2.2 Composição centesimal

Os valores de umidade, lipídios, cinzas e proteínas estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Composição centesimal de gelatina em pó de pele de *Oreochromis niloticus*.

Tratamentos	Médias dos componentes (%)			
	Umidade	Lipídios	Cinzas	Proteínas
T1	$7,98 \pm 0,06$ a	$1,88 \pm 0,01$ ab	$0,81 \pm 0,03$ a	$88,55 \pm 0,6$ bc
T2	$7,99 \pm 0,14$ a	$2,32 \pm 0,43$ a	$0,89 \pm 0,02$ a	$86,81 \pm 1,05$ c
T3	$7,5 \pm 0,04$ a	$2,30 \pm 0,08$ a	$0,76 \pm 0,24$ a	$90,56 \pm 1,63$ ab
T4	$6,78 \pm 0,9$ a	$1,98 \pm 0,56$ b	$1,06 \pm 0,51$ a	$91,58 \pm 0,51$ a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Fonte: Autora (2015)

Os resultados apontam que não existe diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos testados para o teor de umidade e cinzas. Houve diferença para análise de

lipídios, com os tratamentos 2 e 3 com os maiores percentuais para esta análise. Ressaltam-se os valores de proteínas, em que o tratamento 4 apresentou o maior valor, apresentando diferença significativa entre os tratamentos 1 e 2. Diferenciando do tratamento 3, que obteve valor aproximado de proteína, 90,56.

Gelatinas extraídas de peles de tilápia do Nilo geralmente apresentam alto valor de proteínas e baixos teores de umidade, gorduras e cinzas (JONGJAREONRAK et al., 2010). Devido à remoção da água pelo processo de liofilização das gorduras e minerais pelos tratamentos químicos aplicados e etapas de lavagem.

No curtimento de peles, a proteína tem papel importante por ser do tipo fibrosa (colágeno), auxiliando na transformação da pele em couro. Da mesma maneira, para a elaboração da gelatina, independente da espécie animal utilizada, o colágeno segue sendo a proteína de maior importância (BORDIGNON, 2010).

Resultados encontrados por Bordignon (2010), para proteína, foram de 84,47% em gelatinas de pele de tilápia do Nilo congeladas e 85,65% em gelatinas salgadas. Alfaro (2008) obteve valor máximo de 97,18% de proteína de gelatina de tilápia, embora o valor de rendimento tenha sido inferior aos da presente pesquisa.

Em gelatina a partir dos ossos de peixe *Cirrhinus mrigala*, Chandra, Shamasundar e Kumar (2013) relataram valores de proteínas inferiores, cerca de 82,07%. Confirmando o uso de peles como principal matéria-prima para elaboração de gelatinas a partir dos resíduos da filetagem.

Rawdkuen, Thitipramote e Benjakul (2013) encontraram valor de proteína em torno de 84,28 % para gelatina de peles de tilápia, e valores de umidade (6,58 %) similares aos encontrados na presente pesquisa (6,78 a 7,5%). O processo de extração usado foi prolongado (12 horas), o que aumentou o rendimento do produto, porém pode ter influenciado no valor final de proteína, pois o valor encontrado foi inferior (84,28%) ao valor máximo (91,58%) encontrado na presente pesquisa.

Condições de extração da gelatina de pele de carpa foram testadas por Boran e Regenstein (2009), que definiram extração ótima à 50 °C, utilizando concentração de 0,1 N de HCl em imersão de 45 minutos e adição de água para extração na proporção de 4:1 (m/v). O valor esperado de proteína recuperada nestas condições de extração é de 80,8%. Niu et al. (2013) alertam que altas concentrações de ácido podem ocasionar em excesso no rompimento das moléculas de colágeno e, portanto, em uma diminuição na quantidade de β -cadeias e moléculas com pesos moleculares superior a 200 kDa, observaram que o rendimento de proteínas foi afetado por elevadas concentrações de ácido.

Shiny et al. (2014) estudaram gelatinas de três espécies de peixes, *Katsuwonus pelamis*, *Scoliodon sorrakowah* e *Labeo rohita*, e os valores para proteínas foram elevados com 90,10%; 89,20%; 88,40%, respectivamente e semelhantes aos da presente pesquisa. Para umidade, os valores foram 8,7% (*Katsuwonus pelamis*); 9,3% (*Scoliodon sorrakowah*) e 10,9% (*Labeo rohita*). Wheng, Zhen e Su (2014) obtiveram umidade variando de 7,32% a 7,51% em gelatina de escamas de peixe. Ambos realizaram secagem da gelatina por liofilização.

Silva, Bandeira e Pinto (2014), em gelatina liofilizada de pele de outras espécies, como *Rachycentron canadum* e de *Micropogonias furnieri*, apresentaram umidade superior de 9,40% e 10,20%, respectivamente.

Os resultados das análises de cinzas e lipídios foram similares aos de outros estudos, como por exemplo o de Shyni et al. (2014), o quais relataram valores para cinzas de 0,72%; 0,73%; 0,68%, e para lipídios 0,42%; 0,48%; 0,82% em gelatinas de pele de *Katsuwonus pelamis*, *Scoliodon sorrakowah* e *Labeo rohita*, respectivamente.

5.3 Determinação colorimétrica

Em geral, a cor não influencia nas propriedades funcionais, no entanto, a cor clara é preferível porque é mais fácil de incorporar gelatinas em quaisquer sistemas alimentares sem transmitir forte atributo de cor ao produto (SHYNI et al., 2014). Resultados obtidos na avaliação colorimétrica de gelatina de tilápia do Nilo estão expostos na Tabela 7.

Tabela 7 – Médias e desvio padrão de colorimetria em gelatina em pó de pele de *Oreochromis niloticus*.

Tratamentos	L	A	B
T1	52,87 ± 4,91 a	- 0,92 ± 0,40 a	7,78 ± 1,07 a
T2	53,21 ± 0,80 a	- 0,21 ± 0,13 a	5,93 ± 0,75 a
T3	43,80 ± 2,66 b	0,82 ± 0,17 a	2,70 ± 0,50 b
T4	54,64 ± 2,63 a	- 0,18 ± 0,12 a	3,41 ± 0,78 b

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Fonte: Autora (2015)

A coloração da gelatina pode se tornar mais escura com o aumento do tempo de extração, devido à reação de Maillard entre os traços de proteína e carboidrato nas matérias-

primas. Outras razões químicas para o aumento na intensidade da cor ainda não têm sido precisamente esclarecidas. A adição de branqueamento ou de agentes legalmente aprovados, como o dióxido de enxofre ou peróxido de hidrogênio, pode tornar mais leve a cor do produto (SCRIBEIS; GAREIS, 2007).

Valores altos para luminosidade são requeridos, pois estão relacionados com a pureza das gelatinas, tornando-as mais claras.

Ktari et al. (2014), em gelatina de pele de *Salaria basilisca*, obtiveram: $L = 80,50$; $a = 3,84$; $b = 7,99$. Em Sila et al. (2015), para gelatina de pele de *Barbus callensis*, os valores foram: $L = 74,67$; $a = 1,01$; $b = 10,02$. Diferenças entre os métodos podem ter influenciado a obtenção de gelatinas mais claras. Ambos realizaram etapa de centrifugação para remoção de material insolúvel.

Valores encontrados de $L = 89,25$; $a = -0,44$ e $b = 2,48$ em gelatinas de peixe da mesma espécie (*Oreochromis niloticus*), foram relatados por Alfaro (2008). E resultados encontrados por Bordignon (2010) apresentaram valores semelhantes aos da presente pesquisa, em especial para os parâmetros a e b , em que gelatinas de pele congeladas apresentaram para $L = 37,54$; $a = -1,10$ e $b = 5,25$; e para gelatinas de peles salgadas os valores foram ($L = 39,67$; $a = 0,56$ e $b = 9,23$) menores. Bordignon (2010) usou a mesma espécie (*Oreochromis niloticus*), porém realizou no processo apenas pré-tratamento ácido (H_2SO_4 10 N).

Segundo Zhang et al. (2007) as cores da gelatina são mais escuras com o tratamento ácido, principalmente se feito em concentrações mais baixas e tempos mais curtos. Sendo responsável por remover a cor da gelatina antes da extração. A cor escura também pode ser provocada por substâncias inorgânicas e mucosas e por componentes proteicos não removidos durante a extração. O aspecto geral da gelatina foi esbranquiçado, leve cor amarelada e brilhosa, semelhante à cor das gelatinas comerciais.

Silva, Bandeira e Pinto (2014) obtiveram resultados semelhantes para os parâmetros L e a , entre a gelatina comercial de pele de corvina (*Micropogonias furnieri*) e gelatina extraída de pele de beijupirá (*Rachycentron canadum*). A gelatina comercial apresentou valores de $L = 63,4$; $a = 0,37$; $b = 7,82$, enquanto, gelatina extraída de beijupirá, resultaram valores de $L = 60,6$; $a = 0,25$; $b = 2,80$. Embora, haja diferença entre as espécies estudadas na presente pesquisa, observa-se que o tratamento 4 foi o que se aproximou do valor de L (luminosidade) em relação à gelatina comercial de corvina. Os autores ressaltam que as gelatinas de cobia e corvina apresentaram cor característica de gelatina de peixe, amareladas.

A cor das gelatinas geralmente não influi em suas características qualitativas. No entanto, optou-se por definir a que apresentasse cor mais clara, pois um dos requisitos importantes ao se aplicar ingredientes, revestimentos, aditivos em alimentos, é observar se este irá mudar a cor do produto de forma negativa. A gelatina extraída pelo tratamento 4 foi a mais clara, observando o parâmetro luminosidade no teste de colorimetria e considerada ideal frente às outras extrações.

5.4 Viscosidade

A extração 4 foi a que apresentou maior valor de viscosidade em relação aos demais tratamentos, sendo também superiores aos resultados encontrados em espécies distintas por Boran, Mulvaney e Regenstein (2010) 4,53 e 6,91 (cP). Esses autores utilizaram peles congeladas de carpa com pré-tratamento NaOH 0,5 N e HCl 0,1 N e compararam com gelatina comercial.

As médias referentes aos valores de viscosidade (mPa.s) para os tratamentos testados estão apresentados na tabela 8. Observou-se que existe diferença significativa ($p < 0,05$) entre as extrações.

Tabela 8 – Valores médios e desvio padrão de viscosidade (mPa.s) de gelatina de *Oreochromis niloticus*.

Tratamentos	Viscosidade (mPa.s)
T1	10,82 $\pm$ 0,43 b
T2	18,34 $\pm$ 0,63 a
T3	9,28 $\pm$ 1,90 b
T4	20,16 $\pm$ 0,77 a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Fonte: Autora (2015)

As características reológicas são importantes critérios ao se avaliar a qualidade de gelatinas, principalmente a viscosidade. Comercialmente, as gelatinas com altos valores de viscosidade e força de gel são preferidas (MAHMOODANI et al., 2014).

Valores reportados por See et al. (2013) variaram de 0,89 a 3,62 (mPa.s). Silva, Bandeira e Pinto (2014) obtiveram resultados de 4,32 e 3,54 (cP); Mahmoodani et al. (2014)

3,1 (mPa.s), em gelatina a partir de ossos de peixe; e 5,60, 2,50 e 4,37 (cP) (SHINY et al., 2014).

Bordignon (2010), ao utilizar a mesma espécie estudada na presente pesquisa (*Oreochormis niloticus*), encontrou resultados semelhantes. Em gelatinas de pele congelada de tilápia observou valor próximo (9,16 mPa.s) ao encontrado em T1 e T3 (9,28 mPa.s) e em gelatina de pele salgada ocorreu a semelhança em T4 e T2 (19,0 mPa.s).

A viscosidade da gelatina desempenha um papel crucial em determinados sistemas alimentares para estabilizar produtos alimentícios e emulsões farmacêuticas e fotográficas (SCHRIEBER; GAREIS, 2007). Gelatinas com baixos valores de viscosidade resultam em géis fracos, enquanto a alta viscosidade resulta em géis com boa extensibilidade e consistentes (BORAN; LAWLESS; REGENSTEIN, 2010).

Alfaro (2008) relatou que os ácidos acético e propiônico, utilizados no processo de extração de gelatinas de tilápia, apresentaram mais altos módulos de elasticidade e viscosidade, temperatura de fusão e força de gel, especialmente quando as peles foram tratadas previamente com NaOH diluída. Características estas próprias da extração 4, que se baseou no uso inicial de NaOH 0,3 Mol.L⁻¹ seguido de tratamento com ácido acético 0,1 Mol.L⁻¹. Gudmundsson (2002) afirma que a viscosidade de solução das gelatinas são influenciadas pela concentração, temperatura, tipo de gelatina e métodos de extração utilizado.

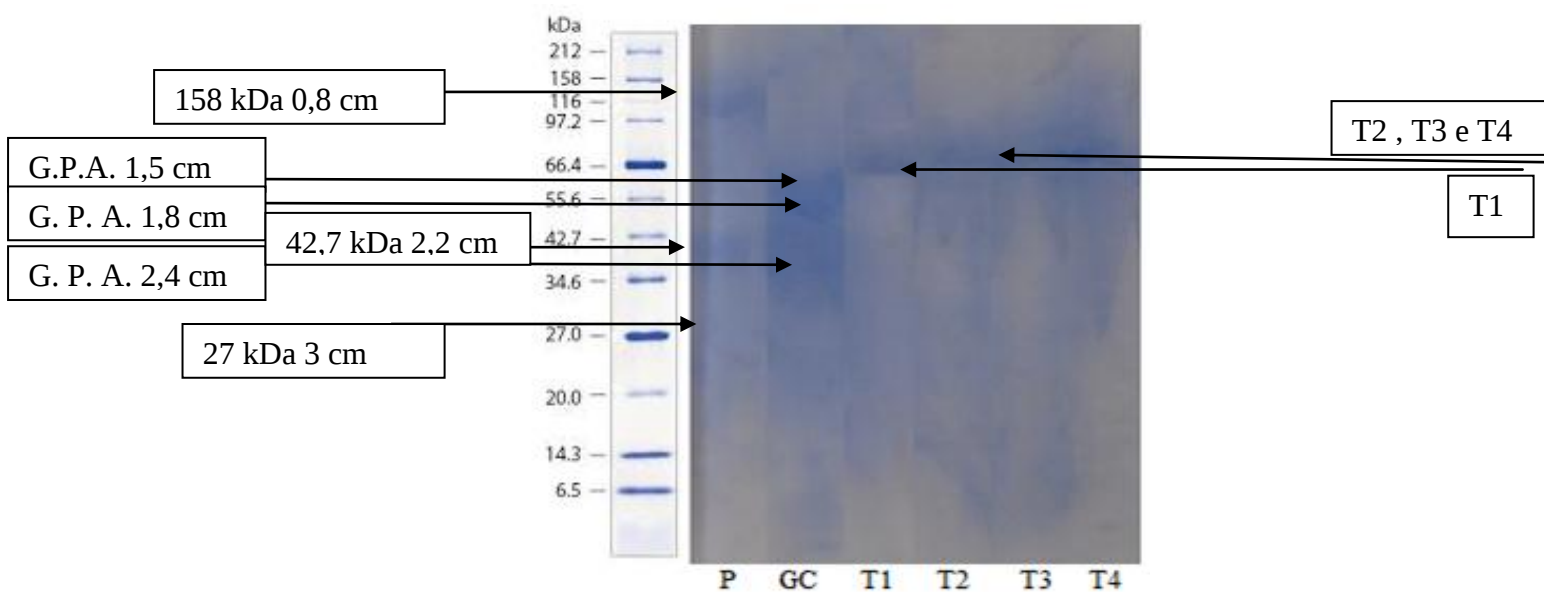
Niu et al. (2013) relacionaram a viscosidade e a distribuição de peso molecular de proteínas de gelatina a partir de peles de tilápia do Nilo com a concentração do ácido utilizada. Observaram que gelatinas preparadas utilizando uma concentração muito baixa (por exemplo de 0,01 M de ácido acético ou HCl) ou uma concentração muito elevada (por exemplo > 0,05 M de HCl ou ácido cítrico), produziram extrato com menor proporção de grandes componentes de moléculas, β -cadeias, e exibiram menor viscosidade.

A viscosidade é uma das principais características reológicas observadas em produtos como gelatina. O poder de viscosidade pode ser específico dependendo do uso da gelatina, no entanto, em termos gerais ela é requerida com maior frequência para compor soluções viscosas e coloidais. A viscosidade obtida variou entre os tratamentos, embora tenha assemelhado com outros estudos com gelatina da mesma espécie. Variações nos métodos de extração podem ocasionar diferenças de viscosidade de um gel para outro.

5.5 Perfil eletroforético

A gelatina padrão P.A. apresentou 3 bandas em torno de 85, 66 e 40 kDa respectivamente. No gel obtido na análise de eletroforese em SDS-PAGE é possível observar as cadeias α , com aproximadamente 100 KDa para as amostras T2, T3 e T4 (Figura 4). A amostra T1 apresenta-se com massa molecular menor aproximadamente 90 kDa que pode indicar uma clivagem da proteína pelo tratamento com ácido sulfúrico utilizado.

Figura 4 – Perfil eletroforético de gelatina de pele de *Oreochromis niloticus*.



P: Padrão Tris-Glicina; G. P. A. : Gelatina padrão analítico; Tratamentos T1; T2; T3 e T4.

Fonte: Autora (2015)

Sendo a principal proteína do tecido conectivo, o colágeno é uma escleroproteína baseada em uma cadeia de polipeptídeos de aproximadamente 1050 aminoácidos. Possui três cadeias de polipeptídeos de cadeia α , com rotação em sentido horário e envolve formando uma tripla hélice. Essa cadeia contém grandes quantidades de glicina, prolina e hidroxiprolina e baixo teor de aminoácidos aromáticos (OGAWA; MAIA, 1999).

O colágeno presente no pescado consiste em duas variedades de cadeias α , que são normalmente designadas como α_1 e α_2 (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002). Essas variedades de cadeias α , embora tendo aproximadamente a mesma massa molecular (~ 100 KDa) podem ser separadas por eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS PAGE), devido as suas diferentes afinidades por SDS (MUYONGA; COLE; DUODU, 2004).

Rawdkuen, Thitipramote e Benjakul (2013) realizaram análise de distribuição do peso molecular por eletrofórese em gelatina obtida de pele de tilápia do Nilo e observaram

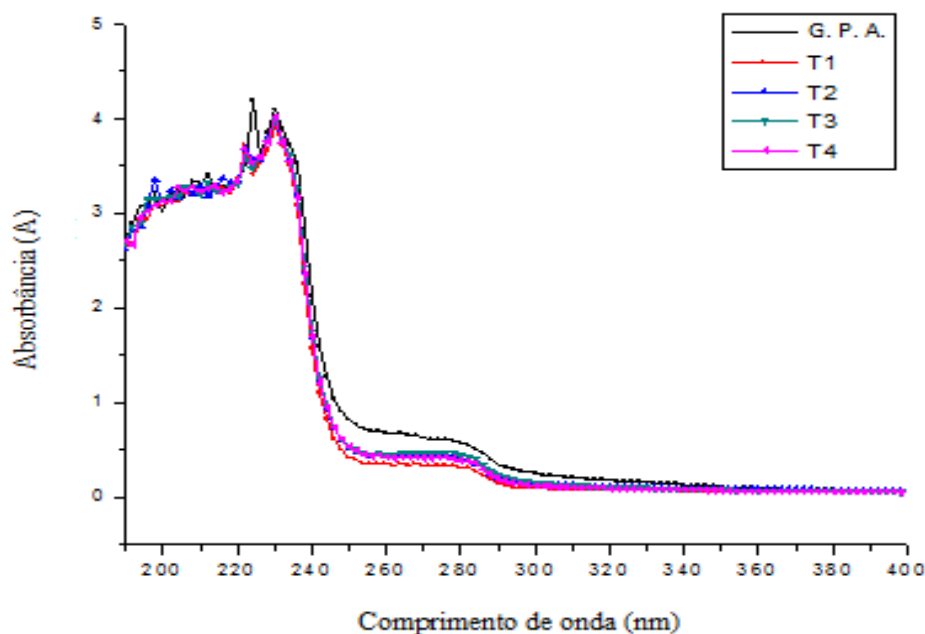
intensidade na marcação das proteínas e cadeias constituintes da gelatina. Encontraram marcações de bandas representadas como α e β -cadeias, sendo que para gelatina de tilápia foi observado claramente a intensidade de cadeias α . Esse resultado é semelhante ao da presente pesquisa, em que se observou de forma mais intensa em T2, T3 e T4 a representação das cadeias α .

Segundo Ahmad e Benjakul (2011), a diferença na distribuição de massas moleculares em cada tipo de gelatina pode ser parcialmente atribuída às propriedades funcionais da gelatina. Gelatinas com um alto conteúdo de α -cadeias foram relatadas por possuir melhor propriedades funcionais. Estes autores realizaram extração em peles de *Aluterus monoceros* a partir de dois pré-tratamentos químicos diferentes (0,2 M de ácido acético e 0,2 M de ácido fosfórico) e observaram que grandes quantidades de peptídeos com massa molecular menor que α -cadeias foram gerados à medida que o tempo de extração foi aumentando. Afirmaram que geralmente a formação de fragmentos de peptídeos estão associados à baixa viscosidade, fato que foi observado no presente trabalho referente à extração do tratamento 1.

5.6 Perfil espectrofotométrico

Os espectros de absorção ultravioleta de gelatina padrão para análise e das obtidas pelas extrações nos tratamentos 1, 2, 3 e 4 estão representados na figura 5.

Figura 5 – Espectro UV-VIS de gelatina padrão e gelatina de *Oreochromis niloticus*.



Fonte: Autora (2015)

Em todas as amostras foi registrada absorção mais elevada na região de comprimento de onda de 220-240 nm, motivo pelo qual representou-se essa região na figura indicando a presença de ligações peptídicas nas cadeias polipeptídicas de gelatina. Outros pequenos picos foram detectados na região de 270 a 280 nm, segundo Donovan (1969) esses picos em amostras de gelatina podem ter ocorrido devido a alguns resíduos aromáticos.

Os mesmos registros foram observados em estudo de Chandra e Shamasundar (2015) em gelatinas de peixe da espécie *Catla catla*, assim como também foram semelhantes aos de Shandra, Shamasundar e Kumar (2013) em gelatina de ossos de *Cirrhinus mrigala*, em que registraram absorção na região de comprimento de onda de 220-230 nm.

5.7 Dados microbiológicos

Os resultados microbiológicos de todos os tratamentos mostraram-se satisfatórios e em conformidade frente aos parâmetros exigidos pela legislação (BRASIL, 2001).

Acerca do teste de Coliformes termotolerantes, foi observado que não houve em nenhuma das extrações nenhum tipo de coliformes. O permitido para a legislação para esta análise é de até 10 NMP.g⁻¹, e os resultados foram < 10 NMP.g⁻¹. Como esperado, no teste de confirmação de *E. coli* o resultado foi ausente em todas as amostras.

O padrão preconizado pela legislação para contagem de *Staphylococcus aureus* é de 5 x 10² UFC.g⁻¹. Nos tratamentos avaliados, todos obtiveram valores < 10 UFC.g⁻¹, ambos com respostas negativas para o teste de coagulase, conforme o parâmetro exigido. Para o teste de *Salmonella* spp., o resultado foi ausência em 25 g para todas as amostras.

Para a extração das gelatinas adotaram-se medidas de controle das condições higiênico-sanitárias do processo desde a obtenção da matéria-prima até o produto final. Uma vez que o processamento foi realizado em escala experimental, diferentemente dos processos realizados em escala industrial em que a esterilização pode compor uma das etapas finais de produção.

Observou-se valores satisfatórios nos testes microbiológicos, estando em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação para produtos em pó, drágeas e similares como gelatina.

Alfaro (2008) também obteve padrões microbiológicos que atenderam às exigências da legislação brasileira. Bordignon (2010) encontrou baixos valores para coliformes a 35°C e estafilococos coagulase positiva. No entanto, as contagens para coliformes termotolerantes superou os limites estabelecidos pela legislação.

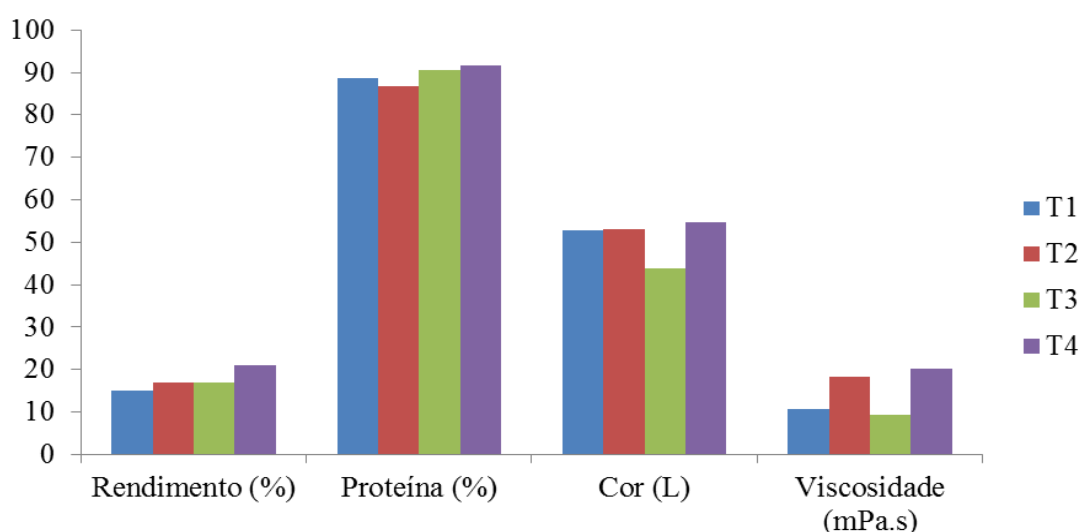
A gelatina é um produto excipiente, alimentar e farmacêutico, sujeito a exigências rigorosas no que diz respeito à contaminação microbiológica. Antes da comercialização, a gelatina é submetida a vários testes microbiológicos. A razão para isso é que muitos microrganismos são capazes de crescer rapidamente na solução de gelatina. Assim, o consumidor deve estar seguro de que a contagem microbiana é extremamente baixa (SCHRIEBER; GAREIS, 2007).

5.8 Teste sensorial

Em todas as variáveis respostas analisadas, o tratamento 4 apresentou melhores resultados. Maior rendimento de 21%, seguido de T2 e T3, ambos com 17% e T1 com 15%. Os valores de proteína na extração 4 (91,58%) ultrapassou o valor de proteína em T3 (90,56). As extrações 1 e 2 obtiveram 88,55% e 86,81%, respectivamente.

O parâmetro luminosidade avaliado na análise de cor mostrou que a extração T4 (54,64) foi a mais clara em relação às demais. Com maior valor de viscosidade, T4 (20,16 mPa.s) foi a que apresentou respostas mais favoráveis em relação às variáveis estudadas. A figura 6 ilustra os resultados das variáveis estudadas entre os tratamentos.

Figura 6 – Valores referentes às respostas de rendimento, proteína, e viscosidade.



Fonte: Autora (2015)

O tratamento 4 consistiu em pré-tratamento básico com NaOH 0,3 Mol.L⁻¹, seguido de tratamento com ácido orgânico, utilizando-se ácido acético em baixa concentração (0,1 Mol.L⁻¹). Segundo Schrieber e Gareis (2007), os ácidos fosfórico e orgânicos são

adequados, porém são mais caros e tendem a influenciar o sabor e o odor do produto final negativamente, por este motivo, concentrações mais baixas são indicadas.

Gómez – Guillén e Montero (2001), ao extrair gelatina de pele de linguado areeiro (*Lepidorhombus boscii*) utilizando vários ácidos orgânicos, concluíram que os tipos de ácidos usados influenciam nas propriedades viscoelásticas da gelatina resultante. Os ácidos acético e propiônico estudados por estes autores produziram as gelatinas com os mais altos módulos de elasticidade e viscosidade, temperatura de fusão e força de gel, especialmente quando as peles foram tratadas previamente com hidróxido de sódio diluída.

See et al. (2013) obtiveram rendimento melhorado em pré-tratamento de peles de peixe (*Clarias gariepinus*) com 0,2 N de hidróxido de sódio seguido de ácido acético 0,05 M, além de ter melhorado, também, a força do gel, a viscosidade e a gelificação da gelatina extraída.

O tratamento com ácido ajuda a remover algumas proteínas solúveis em ácido, lipídios e outros componentes indesejáveis, que podem alterar algumas ligações cruzadas das moléculas de colágeno, e resultar em inchaço da pele, o que torna mais eficiente para extrair gelatina (AHMAD; BENJAKUL, 2011).

Portanto, considerou-se a extração referente ao tratamento 4 como a melhor dentre as condições testadas, sendo esta definida para estudo sensorial de aplicação como revestimento nos filés de tilápia do Nilo.

5.8.1 Composição centesimal

Os resultados demonstram que os revestimentos aplicados não influenciaram nas características de composição dos filés. Em cada análise os valores foram semelhantes entre as formulações e com outros estudos. A composição centesimal das amostras de filés revestidos e do controle está apresentada na tabela 9.

Tabela 9 – Composição centesimal de filés de *Oreochromis niloticus* revestido com e sem gelatina.

Revestimentos	Médias dos componentes (%)			
	Umidade	Lipídios	Cinzas	Proteínas
F0	77,04 ± 0,06 ab	0,23 ± 0,01 b	2,49 ± 0,01 b	17,84 ± 1,32 a
F1	74,19 ± 3,13 b	0,37 ± 0,21 a	2,79 ± 0,04 a	18,25 ± 0,09 a
F2	78,37 ± 0,38 a	0,41 ± 0,04 a	2,81 ± 0,03 a	17,29 ± 0,14 a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p > 0,05).

Fonte: Autora (2015)

Embora as amostras tenham apresentado diferença significativa ($p < 0,05$) nas análises de umidade, lipídios e cinzas, os valores são considerados comuns para pescado. O valor de proteína dos revestimentos não influenciou no valor final do produto, não apresentando diferença pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Observa-se que o teor de cinzas aumentou de forma significativa ($p < 0,05$) nas amostras revestidas, esse acréscimo é atribuído ao próprio revestimento adicionado.

Simões et al. (2007) encontraram em filés de tilápia valores de umidade de 77,13, lipídios 2,60, cinzas 1,09 e proteína 19,36. Em caracterização de algumas espécies de peixes do Estado do Ceará, Caula, Oliveira e Maia (2008) obtiveram, para tilápia do Nilo, umidade de 80,20; 1,20 de lipídios; 0,80 de cinzas e 17,70 de proteína.

A abordagem geral dos componentes foi considerada similar entre os estudos e aceitável para a análise de pescado, pois, segundo Ordoñez et al. (2005), a composição química de uma espécie de pescado pode apresentar grande variação, depende da idade do animal, época do ano, habitat, estado nutricional, maturação sexual, zona do corpo, tipo do músculo (claro ou escuro) e até mesmo do sexo.

5.8.2 Teste de Aceitação e Intenção de Compra

Os filés avaliados no teste sensorial foram anteriormente analisados quanto à segurança microbiológica frente aos parâmetros preconizados na RDC 12/2001 (Brasil, 2001) para o produto. As formulações se encontravam em condições adequadas para o consumo. Os testes de coliformes termotolerantes apresentaram valores de até 20 NMP e negativo para *E. coli*, ou seja, ausência do microrganismo. Para *Staphylococcus aureus* coagulase positiva os resultados foram satisfatórios, sendo o permitido até 5×10^2 , os valores não ultrapassaram 10 UFC.g⁻¹. Ambas as formulações resultaram ausência em 25g do alimento na pesquisa de *Salmonella* spp.

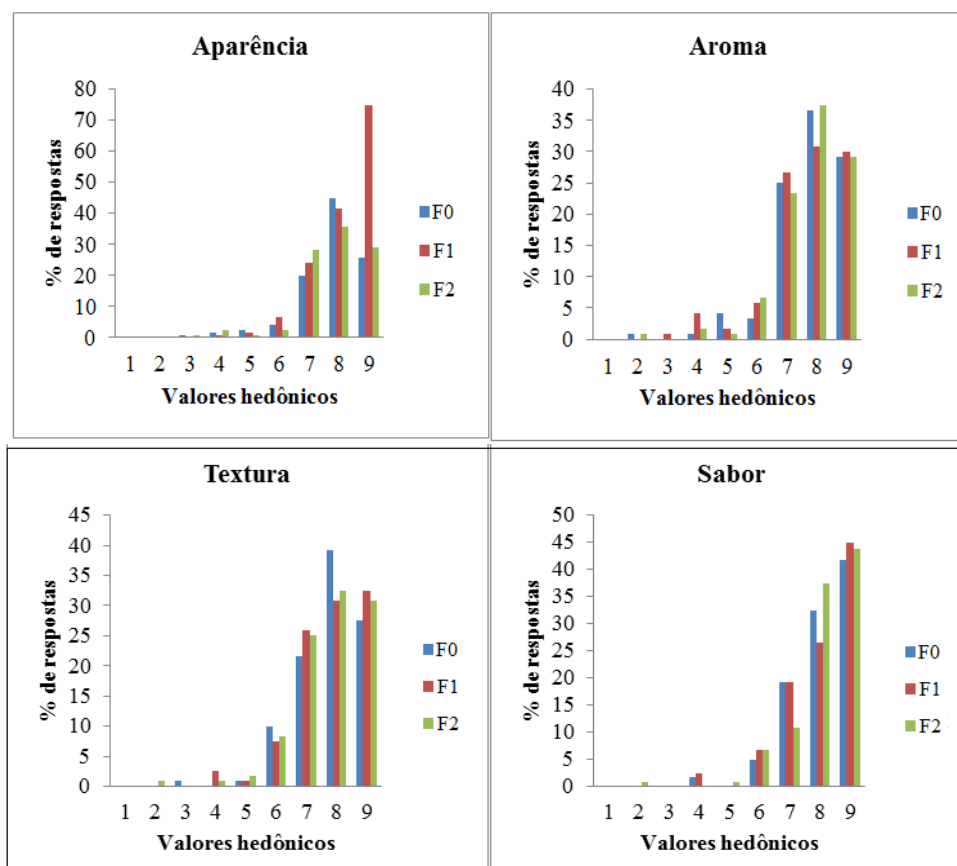
Atestada a segurança dos produtos, realizou-se em seguida o teste sensorial. As médias obtidas pelas respostas analisadas no teste de aceitação e intenção de compra demonstram que não existe diferença estatística pelo teste de Tukey ($p > 0,05$) para os atributos avaliados (aparência, aroma, textura, sabor e aceitação global), bem como na intenção de compra do consumidor entre às formulações de filés de *Oreochromis niloticus* revestidos e amostra controle.

A aplicação dos revestimentos não influenciou significativamente na aceitação do produto ($p>0,05$). Os resultados apontam ótima aceitação dos filés, uma vez que os atributos aparência, aroma, textura e aspecto global apresentaram valores médios variando de 7,67 a 7,97, ou seja, entre os pontos 7 e 8 da escala, “gostei moderadamente” e “gostei muito”, respectivamente. O parâmetro sabor obteve para todas as formulações médias de 8,05 a 8,10, referindo-se ao item 8, “gostei muito”.

Após o preparo dos filés, era esperado que os revestimentos aplicados não deixassem sabor ou odor residual no produto a ponto destes serem percebidos pelos provadores. Khwaldia, Arab-Tehrany e Desobry (2010) relataram o uso de biopolímeros como revestimentos e filmes em material para embalagens e ressaltaram os componentes usados para incorporar esses revestimentos, como a principal desvantagem encontrada, uma vez que estes possuem compostos capazes de transferir sabor forte e podem alterar o sabor original dos alimentos, como os óleos essenciais, por exemplo.

Os histogramas apresentados na figura 7 apontam os percentuais de respostas dos atributos (aparência, aroma, textura e sabor) para cada item da escala.

Figura 7 – Histogramas dos percentuais de aceitabilidade dos filés de *Oreochromis niloticus* quanto aos atributos: aparência, aroma, textura e sabor.



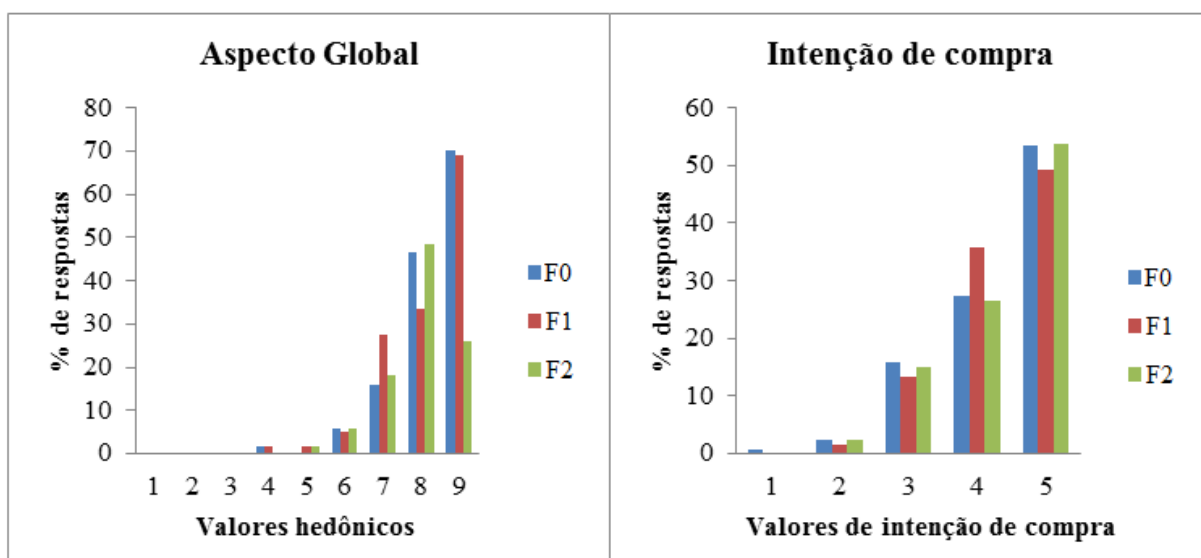
Fonte: Autora (2015)

Na presente pesquisa não houve adição de compostos antimicrobianos ou conservantes, e possíveis interferências sensoriais da própria gelatina não foram percebidas pelos provadores. As implicações sobre as características sensoriais dos produtos alimentares são de grande mérito para futuras pesquisas com este tema.

O conhecimento da composição físico-química aliada ao teste sensorial é de fundamental importância para padronização dos produtos alimentares. Características como valor nutritivo e preço podem depender conforme os atributos de textura, frescor e composição química. A zona de aceitação para as formulações em todos os atributos avaliados estava entre o item 7 e 9 da escala.

A seguir estão apresentados os percentuais de resposta para aspecto global e intenção de compra (Figura 8).

Figura 8 – Histogramas do percentual de respostas referente ao aspecto global das amostras de filés de *Oreochromis niloticus* e à intenção de compra do produto.



Fonte: Autora (2015)

A opinião do consumidor em relação à compra do produto também foi satisfatória, com valores médios em torno do ponto 4 (“provavelmente compraria”), em que a intenção de compra do provador foi de $4,32 \pm 0,84$ para amostras controle (F0), $4,30 \pm 0,77$ para filés revestidos com gelatina de peixe (F1) e $4,35 \pm 0,82$ para filé à base de revestimento com gelatina comercial (F3).

A análise sensorial é utilizada como instrumento para a avaliação da qualidade sensorial dos alimentos medindo e analisando as reações em relação às características destes, que possam ser diferenciadas pela avaliação humana (DUTCOSKY, 2013).

Ou et al. (2002) avaliaram revestimento de gelatina de peixe incorporada de antimicrobiano e observaram que, após 7 dias de armazenamento sob refrigeração, os filés de tilápia revestidos com gelatina contendo ácido benzóico como antimicrobiano continham bases voláteis nitrogenadas em níveis aceitáveis e foi aumentando moderadamente as cargas microbianas, porém não houve diferença sensorial significativa ($p < 0,05$) nos filés frescos.

Sensorialmente não existe diferença significativa ($p > 0,05$) entre os revestimentos testados na presente pesquisa.

A análise sensorial oferece este suporte técnico para pesquisa, industrialização, marketing, e controle de qualidade dos produtos, com técnicas que são fundamentais na percepção psicológica e fisiológica dos alimentos (DUTCOSKY, 2013).

6 CONCLUSÃO

A melhor extração entre as testadas baseou no tratamento 4, que se refere a um pré-tratamento alcalino (NaOH 0,3 Mol.L⁻¹), seguido de imersão em ácido orgânico (CH₃COOH 0,1 Mol.L⁻¹). No qual resultou em maior rendimento (21%), percentual de proteína (91,58%), cor mais clara dada pelo parâmetro de luminosidade na análise de cor entre as isoladas (L= 54,64) e viscosidade de 20,16 mPa.s (6,67 % p/v). As peles utilizadas ficam entumescidas à medida que são imersas nas soluções químicas e o resultado é a transformação da pele em um gel viscoso.

A caracterização físico-química das gelatinas de pele de *Oreochromis niloticus* forneceu suporte para compreender se o melhor rendimento obtido pelo tratamento 4 apresentava bons aspectos quanto aos valores de pH e composição centesimal. Os resultados em sua maioria foram satisfatórios e assemelharam-se com dados obtidos em outros estudos. O produto final, gelatina extraída das peles de *Oreochromis niloticus*, estava em conformidade com os padrões microbiológicos exigidos pela legislação quando comparada com produtos em pó, como gelatinas e similares.

O perfil eletroforético destacou a predominância de cadeias α nas gelatinas extraídas a partir das peles de *Oreochromis niloticus*. E os resultados da espectrofotometria UV-VIS foram satisfatórios ao mostrarem-se similares a estudos com gelatina da mesma espécie estudada na presente pesquisa e com gelatina padrão de análise.

O estudo sensorial com aplicação da gelatina de *Oreochromis niloticus* como revestimento indicou que não houve alteração no sabor dos filés. A aplicação do revestimento foi considerada um passo inicial de estudo sensorial de gelatinas de pele de peixe, visto que os estudos relatados até aqui dão enfoque maior na otimização dos processo e efeitos na extração da gelatina. Avaliar a aceitação sensorial de filés de tilápia do Nilo revestidos foi introduzir uma possível tentativa de uso dessas gelatinas como revestimento comestível.

A continuidade da pesquisa tende a aprofundar as análises de propriedades reológicas relacionando-as com avaliações específicas a respeito da composição de aminoácidos da gelatina final. Refletir sobre possíveis formas de suplementação da gelatina é um segmento interessante a ser investigado nesta linha de pesquisa, visto que as principais proteínas envolvidas na gelatina são de baixo valor biológico, quando o uso da gelatina é específico para alimentação funcional. No entanto, quando seu uso restringir a produção de soluções viscosas sem fins funcionais ou como meio dispersante em revestimentos, o enfoque às propriedades reológicas é primordial.

REFERÊNCIAS

- ALFARO, A. T. **Otimização das condições de extração e caracterização da gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis urolepis hornorum*)**, 2008. 130 f. Tese (Doutorado) – Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.
- AHMAD, M.; BENJAKUL, S. Characteristics of gelatin from the skin of unicorn leatherjacket (*Aluterus monoceros*) as influenced by acid pretreatment and extraction time. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 3, p. 381-388, 2011.
- ANDEVARI, G. T.; REZAEI, M. Effect of gelatin coating incorporated with cinnamon oil on the quality of fresh rainbow trout in cold storage. **International Journal of Food Science and Technology**, n. 46, p. 2305-2311, 2011.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**. 17. ed., Washington, 2002
- APHA – American Public Health Association (2001). **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4 Ed. Washington: APHA, 2001. 676 p.
- BAIN & COMPANY. **Potencial de diversificação da indústria química brasileira: Relatório 4 – aditivos alimentícios**. BNDS, 1 ed. 2014. 47 p.
- BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por spray drying**. 106 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Estadual Montes Claros, Jarnaúba, 2010.
- BENJAKUL, S.; KITTIPHATTANABAWON, P.; REGENSTEIN, J. M. Fish gelatin. In: **Food Biochemistry and Food Processing**. Second Edition. Wiley-Blackwell, 2012, 900 p.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8 p. 911-917, 1959.
- BORAN, G.; LAWLESS, H. T.; REGENSTEIN, J. M. Effect of extraction conditions on the sensory and instrumental characteristics of fish gelatin gels. **Journal of Food Science**, v. 75, p. 469 -476, 2010.
- BORAN, G.; MULVANEY, S. J.; REGENSTEIN, J. M. Rheological properties of gelatin from silver carp skin compared to commercially available gelatins from different sources. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 8, 565-71, 2010.
- BORAN, G.; REGENSTEIN, J. M. Optimization of gelatin extraction from silver carp skin. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 8, p. 432-441, 2009.

- BORDIGNON, A. C. **Caracterização da pele e da gelatina extraída de peles congeladas e salgadas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**, 2010. 114 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2010.
- BOSCARDIN, N. R. A produção aquícola brasileira. In: OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, E. D. (Editores). **Estudo setorial para consolidação de uma aquicultura sustentável no Brasil**. Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais: Curitiba, 2007. 279 p.
- BRASIL. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 do Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, de 10 de janeiro de 2001.
- BOOMAN, A.; MARQUEZ, A.; MARIA, A. P.; AURORA, Z. Design and testing of a fish bone separator machine. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 100, n. 3, p. 474-479, 2010.
- CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried amaranthus betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.
- CARDIN, I.; TORRES, R. A menina dos Olhos. In: SEAFOOD BRASIL. **O custo da tilápia**. Oferta da espécie cresce com qualidade, mas isso tem um preço. Seafood Brasil. Edição 3, 2013.
- CAULA, F. C. B.; OLIVEIRA, M. P.; MAIA, E. L. Teor de colesterol e composição centesimal de algumas espécies de peixes do estado do Ceará. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 959-963, 2008.
- CERQUEIRA, M. A.; SOUSA-GALLAGHER, M. J.; MACEDO, I.; RODRIGUEZ-AGUILERA, R.; SOUZA, B. W. S.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Use of galactomannan edible coating application and storage temperature for prolonging shelf life of “Regional” cheese. **Journal of Food Engineering**, v. 97, n. 1, p. 87–94, 2010.
- CHANDRA, M. V.; SHAMASUNDAR, B. A.; KUMAR, P. R. Viscoelastic and flow properties of gelatin from the bone of freshwater fish (*Cirrhinus mrigala*). **Journal of Food Science**, v. 78, n. 7, p. 1009-1016, 2013.
- CHANDRA, M. V.; SHAMASUNDAR, B. A. Rheological properties of gelatin prepared from the swim bladders of freshwater fish *Catla catla*. **Food Hydrocolloids**, v. 48, n.1, p. 47-54, 2015.
- CHO S.M.; GU Y.S.; KIM S.B.; Extracting optimization and physical properties of yellow fin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin compared to mammalian gelatins. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 221-229, 2005.

DAMODARAM, S. Aminoácidos, peptídeos e proteínas. In: DAMODARAM, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS. **Castanhão**. DNOCS, 2015. Disponível em: <<http://www.dnocs.gov.br/barragens/castanhao/castanhao.html>> Acesso em 07 junho 2015.

DEMAN, J.M. **Principles of Food Chemistry**. Aspen: Maryland, 1999, p. 147-149.

DONOVAN, J.W. In: LEACH, SJ, editor. **Physical principles and techniques of protein chemistry**, New York, N. Y.: Academic Press. 1969. 101 p.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4ª ed. rev. ampl. Curitiba: Champagnat, 2013.

EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. Cold water soluble granular starch for gelled food composition. **U. S. Patent 4465702**, 1984.

FAO. Nuevos horizontes en tiempos difíciles. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008**: Rome, s.p., março de 2009. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/newsroom/docs/spanish_flyer.pdf>. Acesso em: 25 outubro 2014.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fisheries and Aquaculture Department. **The state of world fisheries and aquaculture 2012**: Rome, 209 p., 2012. Disponível em: < <http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e.pdf>>. Acesso em: 25 outubro 2014.

FAO. The State of World fisheries and aquaculture: Opportunities and challenges. **The state of world fisheries and aquaculture 2014**: Rome, 223 p., 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>>. Acesso em: 25 outubro 2014.

FISHBASE. **Oreochromis niloticus**. Nile tilapia. Disponível em: <<http://fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php?ID=2&AT=til%C3%A1pia>> Acesso em 07 fevereiro 2015.

GIANCONE, T.; TORRIERI, E.; DI PIERRO, P.; MARINIELLO, L.; MORESI, M.; PORTA, R.; MASI, P. Role of constituents on the network formation of hydrocolloid edible films. **Journal of Food Engineering**, v. 89, n. 2, p. 195-203, 2008.

GOGUS, U.; BOZOGLU, F.; YURDUGUL, S. Comparative effects of lactic acid, nisin, coating combined and alone applications on some postmortem quality criteria of refrigerated *Sardina pilchardus*. **Journal of Food Quality**, v. 29, p. 658-671. 2006.

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; MONTERO, P. Extraction of gelatin from megrim (*Lepidorhombus boscii*) skins with several organic acids. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 2, p. 213-216, 2001.

GÓMEZ-GUILLÉN M.C.; TURNAY J.; FERNÁNDEZ-DÍAZ M.D.; ULMO N.; LIZARBE M.A.; MONTERO P.; Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. **Food Hydrocolloids**, v. 16, n. 1, p. 25-34, 2002.

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; PÉREZ-MATEOS, M.; GÓMEZ-ESTACA, J.; LÓPEZ-CABALLERO, E.; GÍMENEZ, B.; MONTERO, P. Fish gelatin: renewable material for developing active biodegradable films. **Food Science & Technology**, v. 20, p. 3-16, 2009.

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; GÍMENEZ, B.; LÓPEZ-CABALLERO, M. E.; MONTERO, M. P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review. **Food Hydrocolloid**, v. 25, n. 8, p. 1813-1827, 2011.

GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo: Atheneu, 2011. 608p.

GONÇALVES, A. A. Aspectos gerais do pescado. In: _____. **Tecnologia do pescado: Ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo: Editora Atheneu, 2011. p. 2-9.

GROSSI, C. A. **Quantificação do efeito do açude Castanhão sobre o fluxo fluvial de material particulado em suspensão e nutrientes para o estuário do Rio Jaguaribe, Ceará – Brasil**. 2009. 40 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2009.

GUDMUNDSSON, M. Rheological properties of fish gelatins. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 6, p. 2172-2176, 2002.

GUDMUNDSSON, M.; HAFSTEINSSON, H. Gelatin from cod skins as affected by chemical treatments. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 1, p. 37-47, 1997.

HAUG, I. J., DRAGET, K. I., SMIDSRØD, O. Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mammalian gelatin. **Food Hydrocolloids**, v. 18, n. 2, p. 203-213, 2004.

JONGJAREONRAK, A.; RAWDKUEN, S.; CHAIJAN, M.; BENJAKUL, S.; OSAKO, K.; TANAKA, M. Chemical compositions and characterisation of skin gelatin from farmed giant catfish (*Pangasianodon gigas*). **Food Science and Technology**, v. 43, n. 1, p. 161-165, 2010.

KARIM, A. A.; BHAT, R. Fish gelatin: properties, challenges and prospects as an alternative to mammalian gelatins. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 1, p. 563-576, 2009.

KHWALDIA, K.; ARAB-TEHRANY, E.; DESOBRY, S. Biopolymer coatings on paper packaging materials. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, n. 1, p. 82-91, 2010.

KTARI, N.; JRIDI, M.; NASRI, R.; LASSOUED, I.; AYED, H. B.; BARKIA, A.; NASRI, M. Characteristics and functional properties of gelatin from zebra blenny (*Salaria basilisca*) skin. **Food Science and Technology**, v 58. n. 2, p. 602-608, 2014.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L.; ONO, E. A.; ISTCHUK, P. I. Panorama da aquicultura no Brasil: Estatísticas, espécies, pólos de produção e fatores limitantes à expansão da atividade. **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 22, n. 132, p 14-25. 2012.

LAEMMLI, U. K. Cleavage of structural protein during the assembly of the Bacteriophage T4. **Nature**, 227: p. 680-685, 1970.

LASSOUED, I.; JRIDI, M.; NASRI, R.; DAMMAK, A.; HAJJI, M.; NASRI, M.; BARKIA, A. Characteristics and functional properties of gelatin from thornback ray skin obtained by pepsin-aided process in comparison with commercial halal bovine gelatin. **Food Hydrocolloids**, v. 41, n. 1, p. 309-318, 2014.

MACIEL, E. S.; GALVÃO, J. A.; ARRUDA, L. F.; SAVAY-DA-SILVA, L. K.; ANGELINI, M. F. C.; OETTERER, M. **Recomendações técnicas para o processamento da tilápia**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, 2012. 65 p.

MARTÍN-SÁNCHEZ, A. M.; NAVARRO, C.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; KURI, V. Alternatives for efficient and sustainable production of surimi: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 8, n. 4, p. 359-374, 2009.

MAHMOODANI, F.; ARDEKANI, V. S.; SEE, S. F.; YUSOP, S. M.; BABJI, A. S. Optimization and physical properties of gelatin extracted from pangasius catfish (*Pangasius sutchi*) bone. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 11, p. 3104-3113, 2014.

MONTERO, P.; GÓMEZ-GUILLÉN, M.C. Extracting conditions for Megrim (*Lepidorhombus boschii*) skin collagen affect functional properties of the resulting gelatin. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 3, p. 434-438, 2000.

MPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura, Brasil 2010**. MPA: Brasília, 129 p. 2012.

Ministério Público do Estado do Ceará – MPCE. **MPCE e Cogerh realizam reunião para discutir crise hídrica no Ceará**. Disponível em <<http://www.cearanews7.com.br/ver-noticia.asp?cod=24262>> Acesso em 14 julho 2015.

MCHUGH, T. H.; KROCHTA, J. M. Sorbitol- vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, n. 4, p. 841-845, 1994.

MUYONGA, J. H.; COLE, C. G. B.; DUODU, K. G. Extraction and physicochemical characterisation of Nile perch (*Lates niloticus*) skin and bone gelatin. **Food Hydrocolloids**, v. 18, n. 1, p. 581-592, 2004

- NAYLOR, R. L.; GOLDBURG, R. J.; PRIMAVERA, J. H.; KAUTSKY, N.; BEVERIDGE, M. C. M.; CLAY, J.; FOLKE, C.; LUBCHENCO, J.; MOONEY, H.; TROELL, M. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v. 405, n. 6790, p. 1017-1024, 2000.
- NINAN, G.; JOSE, J.; ABUBACKER, Z. Preparation and characterization of gelatin extracted from the skins of rohu (*Labeo rohita*) and common carp (*Cyprinus carpio*). **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 35, n. 2, p. 143-162. 2011.
- NIU, L.; ZHOU, X.; YUAN, C.; BAI, Y.; LAI, K.; YANG, F., HUANG, Y. Characterization of tilapia (*Oreochromis niloticus*) skin gelatin extracted with alkaline and different acid pretreatments. **Food Hydrocolloids**, v.33, n. 2, p. 336-341, 2013.
- NOWZARI, F.; SHÁBANPOUR, B.; OJAGH, S. M. Comparison of chitosan–gelatin composite and bilayer coating and film effect on the quality of refrigerated rainbow trout. **Food Chemistry**, v. 141, n. 3, 1667-1672, 2013.
- OETTERER, M. **Industrialização do pescado cultivado**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 200 p.
- OJAGH, S. M.; REZAEL, M.; RAZAVI, S. H.; HOSSEINI, S. M. H. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. **Food Chemistry**, v. 120, n. 1, p. 193-198, 2010.
- OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia de pescado**. São Paulo: Varela, 1999. 425 p.
- ORDOÑEZ PEREDA, J. A.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ALVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F. **Tecnología de alimentos: alimentos de origen animal**, Porto Alegre: Artmed, v. 2 , 2005, 279p.
- OSTRENSKY, A.; BORGUETTI, J.R.; SOTO, D. **Aquicultura no Brasil: O desafio é crescer**. 1ª ed. Brasília: Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca/Food and Agriculture Organization. 2008, 276 p.
- OU, C. Y.; TSAY, S. F.; LAI, C. H.; WENG, Y. M. Using gelatin-based antimicrobial edible coating to prolong shelf-life of tilapia fillets. **Journal of Food Quality**, v. 25, n.1, p. 213-222. 2002.
- PADGETT, T.; HAN, L. Y.; DAWSON, P. L.; Incorporation of food-grade antimicrobial compounds into biodegradable packaging films. **Journal of Food Protection**, v. 6, n. 10, p. 1330-1335, 1998.
- PANTALENA, A. F; MAIA, L. P. Marcas da ação antrópica na história ambiental do Rio Jaguaribe, Ceará, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 14, n. 3, p. 459-469, 2014.

PEROTE, L. T. R. Jaguaribara: **A cidade submerse. História de uma cidade planejada no sertão do Ceará.** (Dissertação) Campinas: PUC, 2006.

RAWDKUEN, S.; THITIPRAMOTE, N.; BENJAKUL, S. Preparation and functional characterisation of fish skin gelatin and comparison with commercial gelatin. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n. 1, p. 1093-1102, 2013.

RUSTAD T. Utilization of marine by-products. **Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry**, v. 2, n. 4, p. 458-463, 2003.

SANTOS, F. M. S. **Utilização de quitosana no revestimento de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e na preparação de filmes incorporados com óleos essenciais.** 2014. 149 f. Tese (Doutorado) Bioquímica e Fisiologia. Universidade Federal de Pernambuco, 2014.

SARY, C.; PHABIANO FRANCISCO, J. G.; DALLABONA, B. R., MACEDO, R. E. F.; GANECO, L. N.; KIRSCHNIK, P. G. Influência da lavagem da carne mecanicamente separada de tilápia sobre a composição e aceitação de seus produtos. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 423-432, 2009.

SATHIVEL, S. Chitosan and protein coatings affect yield, moisture loss and lipid oxidation of Pink Salmon (*Oncorhynchus gorbusha*) fillets during frozen storage. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 8, s. p. 2005.

SCHRIEBER, R.; GAREIS, H. **Gelatine handbook, theory and industrial practice.** Ed. digital , Wiley-Vch, 2007. 347 p.

SEBRAE. Relatório Completo. Estudos de Mercado SEBRAE / ESPM 2008. **Aquicultura e pesca: Tilápias.** 161 p. 2008. Disponível em:
<[http://201.2.114.147/bds/bds.nsf/EBA3C9A35F0593F78325749E0067BF97/\\$File/NT00038BEA.pdf](http://201.2.114.147/bds/bds.nsf/EBA3C9A35F0593F78325749E0067BF97/$File/NT00038BEA.pdf)> Acesso em 07 fevereiro 2015.

SEE S. F.; GHASSEM, M.; MAMOT, S.; BABJI, A. S. Effect of different pretreatments on functional properties of african catfish (*Clarias gariepinus*) skin gelatin. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 2, p. 753-62, 2013.

SHINY, K.; HEMA, G. S.; NINAN, G.; MATHEW S.; JOSHY, C. G.; LAKSHMANAN, P. T. Isolation and characterization of gelatin from the skins of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), dog shark (*Scoliodon sorrakowah*), and rohu (*Labeo rohita*). **Food Hydrocolloids**, v. 39,n.1, p. 68-76, 2014.

SILA, A.; MARTINEZ-ALVAREZ, O.; HADDAR, A.; GÓMEZ-GUÍLLEN, M. C.; NASRI, M.; MONTERO, M. P.; BOUGATEF, A. Recovery, viscoelastic and functional properties of barbel skin gelatine: Investigation of anti-DPP-IV and anti-prolyl endopeptidase activities of generated gelatine polypeptides. **Food Chemistry**, v. 168, n.1, p. 478-486, 2015.

SILVA, F. DE A. S. E; AZEVEDO, C. A. V. de. **ASSISTAT 7.7 Versão Beta - Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, J. W. B. **Tilápias**: biologia e cultivo. Evolução, situação atual e perspectivas da tilapicultura no Nordeste Brasileiro. Fortaleza: Edições UFC, 2009. 326 p.

SILVA, R. S. G.; BANDEIRA, S. F.; PINTO L. A. A. Characteristics and chemical composition of skins gelatin from cobia (*Rachycentron canadum*). **Food Science and Technology**, v. 57, p. 580-585, 2014.

SIMÕES, M. R.; RIBEIRO, C. F. A.; RIBEIRO, S. C. A.; PARK, K. J.; MURR, F. E. X. Composição físico-química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 608-613, 2007.

SIKORSKI, Z. E.; POKORNY, J.; DAMODARAM, S. Interações físicas e químicas dos componentes dos alimentos. In: DAMODARAM, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

SOARES, N. F. F.; SILVA D. F. P.; CAMILLOTO G. P.; OLIVEIRA, C. P.; PINHEIRO, N. M.; MEDEIROS, E. A. A. Antimicrobial edible coating in post-harvest conservation of guava. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.1, p. 281-289 ,2011.

SOUZA, B. W. S.; CERQUEIRA, M. A.; RUIZ, H. A.; MARTINS, J. T. CASARIEGO, A.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Effect of chitosan-based coatings on the shelf life of salmon (*Salmo salar*). **Journal of Agriculture Food Chemistry**, v. 58, n.1, 11456–11462, 2010.

SOUZA, M. L. R.; MARANHÃO, T. C. F. Rendimento de carcaça, filé e subprodutos da filetagem da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L), em função do peso corporal. **Maringá**, v. 23, n. 4, p. 897-901, 2001.

SOUZA, M. L. R. Comparação de seis métodos de filetagem, em relação ao rendimento de filé e de subprodutos do processamento da Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p.1076-1084, 2002.

SOUZA, M. A. **A piscicultura em tanques-rede como vetor do desenvolvimento local sustentável? O caso do Açude Castanhão – CE**. 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2010.

VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, G. S. **Produção e Caracterização de Silagem, Farinha e Óleo de Tilápia e Sua Utilização na Alimentação Animal**. Instituto de Pesca. Disponível em: <<http://www.pesca.sp.gov.br/>> Acesso em: 13 junho 2006.

WENG, W.; ZHENG, H.; SU, W. Characterization of edible films based on tilapia (*Tilapia zillii*) scale gelatin with different extraction pH. **Food Hydrocolloids**, v. 41, n.1, p. 19-26, 2014.

WONG, D.W.S. **Química de los alimentos: mecanismos y teoría**. Zaragoza: Acribia, p.109-116, 1995.

YAN, M.; LI, B.; ZHAO, X.; REN, G.; ZHUANG, Y.; HOU, H.; ZHANG, X.; CHEN, L.; FAN, Y. Characterization of acid-soluble collagen from the skin of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*). **Food Chemistry**, v. 107, n. 4, p. 1581-1586, 2008.

ZHANG, S.; WANG, Y.; HERRING, J. L.; OH, J. H. Characterization of edible film fabricated with channel catfish (*Ictalurus punctatus*) gelatin extract using selected pretreatment methods. **Food Science**, v. 72, n. 9, p. 498-503, 2007.

ZHOU, P.; REGENSTEIN, J. M. Optimization of extraction conditions for pollock skin gelatin. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 5, p. 392-398. 2004.

ZHOU, P.; REGENSTEIN, J. M. Effects of alkaline and acid pretreatments on Alaska pollock skin gelatin extraction. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 6, p. 392-396, 2005.

ZHOU, P.; MULVANEY, S. J.; REGENSTEIN, J. M. Properties of alaska pollock skin gelatin: A comparison with tilapia and pork skin gelatins. **Journal of Food Science**. v. 71, n. 6, p. 313-321, 2006.

APÊNDICE

APÊNDICE I – Teste de Aceitação / Intenção de Compra

APÊNDICE II – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

APÊNDICE I

TESTE DE ACEITAÇÃO

Nome: _____ **Data:** __/__/____

Faixa etária: () <20 anos () 20 a 29 anos () 30 a 39 anos () 40 a 50 anos () >50 anos

Formação: () Ensino médio C. () Superior INC. () Superior C. () Pós-graduando () Pós-graduado

Você está recebendo 3 (três) amostras de filé de peixe com e sem revestimento à base de gelatina. Prove as amostras da esquerda para direita e atribua um valor correspondente a escala para cada parâmetro avaliado.

Escala Hedônica

- 9 - Gostei muitíssimo
- 8 - Gostei muito
- 7 - Gostei moderadamente
- 6 - Gostei ligeiramente
- 5 - Não gostei/nem desgostei
- 4 - Desgostei ligeiramente
- 3 - Desgostei moderadamente
- 2 - Desgostei muito
- 1 - Desgostei muitíssimo

CÓDIGO DA AMOSTRA	APARÊNCIA	AROMA	TEXTURA	SABOR	ACEITAÇÃO GLOBAL

Comentário:

Intenção de compra

Indique a intenção de compra das amostras de acordo com a escala abaixo:

- 5 – Certamente compraria
- 4 – Provavelmente compraria
- 3 – Talvez comprasse/talvez não comprasse
- 2 – Provavelmente não compraria
- 1 – Certamente não compraria

AMOSTRA	VALOR DA ESCALA

APÊNDICE II

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ

MESTRADO ACADÊMICO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**“GELATINA DE PESCADO:
EXTRAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO”**

TÍTULO DA PESQUISA: Gelatina de peixe: extração, caracterização e aplicação.

PESQUISADORA RESPONSÁVEL: Monique de Oliveira Maia

O Sr (a) está sendo convidado (a) a participar desta pesquisa que irá investigar a aceitação de filés de tilapia do Nilo recobertos com revestimentos comestíveis. O presente trabalho visa analisar a aceitação deste produto frente aos revestimentos testados à base de gelatina.

1. PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA: Ao participar desta pesquisa o Sr. (a) será convidado (a) a provar as amostras e irá responder sobre a aceitação delas. Lembramos que sua participação é voluntária, e que o Sr. (a) tem a liberdade de não querer participar, e pode desistir, em qualquer momento, mesmo após ter iniciado a avaliação.

2. RISCOS E DESCONFORTOS: O (s) procedimento (s) utilizado (s) não traz(em) nenhum desconforto ou risco aos participantes da pesquisa.

3. BENEFÍCIOS: O benefício esperado com o estudo é estudar a influência de revestimentos comestíveis em filés de peixe.

4. FORMAS DE ASSISTÊNCIA: Se o (a) Sr. (a) precisar de alguma orientação por se sentir prejudicado (a) por causa da pesquisa, poderá se encaminhar à responsável da pesquisa para esclarecimentos e /ou posicionamentos pertinentes ao prejuízo.

5. CONFIDENCIALIDADE: Todas as informações que o (a) Sr. (a) nos fornecer ou que sejam conseguidas por avaliações e entrevistas serão utilizadas somente para esta pesquisa. As respostas, dados pessoais ficarão em segredo e o seu nome não aparecerá em lugar nenhum dos formulários, nem quando os resultados forem apresentados.

6. ESCLARECIMENTOS: Se o (a) Sr. (a) tiver alguma dúvida a respeito da pesquisa e/ou dos métodos utilizados nela, pode procurar a qualquer momento o pesquisador responsável.

Nome do pesquisador responsável: Monique de Oliveira Maia

Telefone para contato: (88) 99688 3641 / E-mail: moniquemaia_@hotmail.com

Se desejar obter informações sobre os seus direitos ou sobre os aspectos éticos envolvidos na pesquisa poderá consultar a Coordenação do Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos – IFCE, Campus Limoeiro do Norte – CE.

Coordenação do Curso de Mestrado – IFCE, Campus Limoeiro do Norte.

Rua Estevam Remígio, 1145. Bairro Centro, CEP 62930-000

Telefone (88) 3447-6400, Limoeiro do Norte, Ce.

7. RESSARCIMENTO DAS DESPESAS: Caso aceite participar da pesquisa, não receberá nenhuma compensação financeira.

8. CONCORDÂNCIA NA PARTICIPAÇÃO: Se o (a) Sr. (a) estiver de acordo em participar, o Sr.(a) deverá preencher e assinar o Termo de Consentimento Pós-esclarecido que se segue.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMADO

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, o Sr.(a) _____, portador(a) da cédula de identidade _____, declara que, após leitura minuciosa do TCLE, teve oportunidade de fazer perguntas, esclarecer dúvidas que foram devidamente explicadas pelos pesquisadores, ciente dos serviços e procedimentos aos quais será submetido e, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e explicado, firma seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO em autorizar sua participação voluntária nesta pesquisa.

E, por estar de acordo, assina o presente termo.

Limoeiro do Norte-Ce. _____ de _____ de _____

Assinatura do participante

Assinatura do Pesquisador