

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS CAMPO MOURÃO
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MARSA CUSTÓDIO MOLINARI

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GELATINA A PARTIR DE
SUBPRODUTOS DE TILÁPIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2014

MARESA CUSTÓDIO MOLINARI

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GELATINA A PARTIR DE
SUBPRODUTOS DE TILÁPIA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, campus Campo Mourão como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro.

Orientadora: Prof. Dra. Ângela Maria Gozzo

CAMPO MOURÃO
2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão

Coordenação de Engenharia de Alimentos
Engenharia de Alimentos



TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GELATINA A PARTIR DE SUBPRODUTOS DE TILÁPIA

Por

MARESA CUSTÓDIO MOLINARI

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 24 de Fevereiro de 2014 como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dra. Ângela Maria Gozzo

Mirela Vanin dos Santos Lima

Tanatiana Ferreira Guelbert

Nota: O documento original e assinado pela Banca Examinadora encontra-se na coordenação de Engenharia de Alimentos da UTFPR campus Campo Mourão.

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus por Sua infinita misericórdia, por ter vindo ao meu encontro em minhas orações, por ter sido meu consolo nos momentos de aflição, pela sabedoria, calma e tranquilidade durante o desenvolvimento deste trabalho e por ter sempre me conservado de pé diante de todas as dificuldades.

Aos meus pais, Célio e Rozimara, especialmente à minha amada mãe, por não ter medido esforços na minha criação, por ter me transmitido as melhores noções de caráter, educação, por ter me acolhido em seu colo mesmo com a distância física durante as horas difíceis. Por ter se mostrado sempre uma mulher sábia que soube edificar sua casa apesar das dificuldades.

Ao meu pai de coração, Roberto, por ter me dado tanto amor e ter me incluído em suas orações todos os dias.

Aos meus irmãos, Mayara e Matheus, por serem parte do meu coração que bate fora do meu peito, pelo amor que temos, pela nossa união e por estarem sempre presentes.

Ao meu amado esposo, Alan, que tem sido um grande companheiro em todos os dias, pelo apoio, ajuda e compreensão durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus avós maternos, Pedro e Conceição, que foram mais que avós, verdadeiros pais, pelo amor, carinho, compreensão e apoio financeiro durante todo o curso.

Ao senhor Carlos Belini, proprietário do Pesqueiro Belini pelo apoio, incentivo e doação da matéria-prima utilizada no desenvolvimento do trabalho.

À Coamo Agroindustrial Cooperativa, em especial o senhor Donizete por ter permitido a realização de uma análise no equipamento do laboratório.

À minha querida orientadora, Prof^a Dra Ângela Maria Gozzo, carinhosamente chamada de “Prô” pela sábia e excelente orientação, auxílio e compreensão durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos técnicos do laboratório C004, em especial a Luana, pelo auxílio no preparo de soluções e no uso de equipamentos.

A todos meus familiares e amigos não menos importantes, que, embora não tenham sido mencionados individualmente possuem toda minha gratidão.

“Bem-aventurado o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento;

Porque é melhor a sua mercadoria do que artigos de prata, e maior o seu lucro que o ouro mais fino.

Mais preciosa é do que os rubis, e tudo o que mais possas desejar não se pode comparar a ela.”

Provérbios 3, versos 13 ao 15.

RESUMO

MOLINARI, Maresa Custódio. **Extração e caracterização de gelatina a partir de subprodutos de Tilápia**. 2014. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

A maior parte das gelatinas são obtidas a partir de matéria-prima proveniente de mamíferos e a busca por fontes alternativas é uma questão ambiental, pois a geração de resíduos no tratamento do couro bovino é um grande problema. A Tilápia apresenta destaque na aquicultura, representando aproximadamente 40% da produção do país. A produção da gelatina a partir da pele de tilápia mostra-se uma boa alternativa na utilização deste resíduo gerado na cadeia de produção, já que a mesma possui uma grande quantidade de colágeno em sua composição. A gelatina é obtida a partir da hidrólise do colágeno a partir de um pré-tratamento ácido ou alcalino. Neste estudo foram testados quatro métodos brandos para extração de gelatina, sendo três pré-tratamentos ácidos e um neutro (apenas em água) e foram avaliadas características como cor, odor, composição centesimal (umidade, cinzas, proteínas e lipídeos), rendimento e força do gel. As gelatinas obtidas apresentaram baixo teor de umidade, cinzas e lipídeos. Em relação ao teor proteico, as gelatinas apresentaram teores de 77 a 81% e Bloom de médio a alto (de 184 a 267g), sendo que a gelatina extraída apenas em água apresentou o alto teor de proteínas e o segundo maior valor de Bloom. Desta forma, foi possível concluir que a extração de gelatina a partir da pele de tilápia é uma boa alternativa em relação à gelatina a partir de resíduos provenientes de mamíferos e uma boa opção para aproveitamento da grande quantidade de resíduos gerada na cadeia produtiva do pescado já que as gelatinas obtidas por estes pré-tratamentos apresentaram características semelhantes as obtidas por pré-tratamentos mais rigorosos estudados por outros pesquisadores.

Palavras chave: Gelatina. Pele de Tilápia. Extração. Tratamento Ácido.

ABSTRACT

MOLINARI, Maresa Custódio. **Extraction and characterization of gelatin obtained from subproducts of Tilapia**. 2014. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

Most jellies are made from raw material obtained from mammals and the search for alternative sources is an environmental issue, because the generation of waste in the treatment of bovine leather is a big problem. The tilapia aquaculture has been highlighted, representing approximately 40% of the country's production. The production of gelatin from tilapia skin shows a good alternative in the use of this waste, since it has a large amount of collagen in its composition. Gelatin is obtained from hydrolysis of collagen from an acidic or alkaline pretreatment. In this study four gentle methods were tested for the extraction of gelatin, three acid pretreatments and one neutral (water only) and features such as color, odor, chemical composition (moisture, ash, protein and lipid), yield and gel strength (Bloom) were evaluated. Gelatins obtained showed low moisture content, ash and lipids. About protein content, gelatins showed levels 77-81% and Bloom from medium to high (184-267g), and the gelatin extracted only in water showed high protein content and the second highest Bloom. Thus, we conclude that the extraction of gelatin from the skin of tilapia is a good alternative to gelatin from waste from mammals and a good option to use the large amount of waste generated in the production chain of fish because the gelatin obtained from this pretreatment showed characteristics similar to those obtained by more rigorous pre-treatments studied by other researchers.

Keywords: Gelatin. Tilapia Skin. Extraction. Acid Treatment.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVO	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 PISCICULTURA E SUBPRODUTOS GERADOS NA INDUSTRIALIZAÇÃO DE PESCADO.....	13
3.2 COLÁGENO	14
3.3 GELATINA.....	16
4 MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1 AMOSTRA	20
4.2 EXTRAÇÃO DA GELATINA.....	20
4.3 SECAGEM DAS AMOSTRAS.....	23
4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DE TEXTURA.....	24
4.4.1 Rendimento	25
4.4.2 Umidade	25
4.4.3 Cinzas	25
4.4.4 Proteínas	26
4.4.5 Lipídeos.....	26
4.4.6 Cor.....	26
4.4.7 Odor	26
4.4.8 Força Gel (Bloom)	27
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 PRÉ TESTES – CARÇAÇAS.....	28
5.2 RENDIMENTO.....	29
5.3 UMIDADE	31
5.4 CINZAS.....	32
5.5 PROTEÍNAS	33
5.6 LIPÍDEOS	36
5.7 COR.....	37
5.8 ODOR	39

5.9 BLOOM.....	40
6 CONCLUSÕES.....	43
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	44
8 REFERÊNCIAS.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema e estrutura do Colágeno Tipo I.....	15
Figura 2 - Estrutura do colágeno: (a) forma de triplete presente nas matrizes colagênicas; (b) tropocolágeno; (c) hélice tripla.	18
Figura 3 – Pele de tilápia após pré-tratamento em ácido clorídrico 0,3% após 24h..	21
Figura 4 - Primeiro método de pré-tratamento da matéria-prima.	21
Figura 5 - Segundo método de extração.	22
Figura 6 - Peles de tilápia após o pré-tratamento em ácido acético 4,5% por 4h.....	22
Figura 7 - Terceiro método de pré-tratamento da matéria-prima.....	22
Figura 8 - Quarto método de pré-tratamento da matéria-prima.....	23
Figura 9 - Amostras de gelatina após a secagem em estufa.	24
Figura 10 - Amostras de gelatina a partir de carcaça não gelificadas: (1) Ácido Clorídrico; (2) Água; (3) Ácido Acético; (4) Ácido Acético seguido de evaporação.	28
Figura 11 - Amostras de gelatina gelificadas: (1) Ácido Clorídrico; (2) Água; (3) Ácido Acético; (4) Ácido Acético seguido de evaporação.	37
Figura 12 - Amostras de gelatina seca: (1) Ácido Clorídrico; (2) Água; (3) Ácido Acético; (4) Ácido Acético seguido de evaporação.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Rendimento das extrações de gelatina.	30
Tabela 2 - Comparação entre cinco pesquisas em relação ao rendimento de gelatina.....	31
Tabela 3 - Percentual de umidade das amostras de gelatina.	31
Tabela 4 - Percentual de cinzas nas amostras de gelatina.	33
Tabela 5 - Percentual de proteínas nas amostras de gelatina.	34
Tabela 6 - Comparação com sete pesquisas em relação à quantidade de proteínas nas amostras de gelatina obtidas neste estudo.	35
Tabela 7 - Percentual de lipídeos nas amostras de gelatina.	36
Tabela 8 - Cor e aparência das amostras de gelatina.	39
Tabela 9 - Odor das amostras de gelatina gelificadas.	40
Tabela 10 - Valores de força do gel nas amostras.	41

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é o setor produtor de alimentos de origem animal que tem tido o maior crescimento no mundo e o consumo de peixe per capita também aumentou significativamente, de aproximadamente 0,7kg/ano em 1970 para 7,8kg/ano em 2006, apresentando uma média de crescimento anual de 6,9% (BORDIGNON, 2010). A produção mundial de pescado atingiu aproximadamente 168 milhões de toneladas, apresentando um incremento de 3% em relação à 2009 (MPA, 2011)

A pesca é uma atividade praticada desde a antiguidade e constitui uma importante fonte de renda, trabalho e alimento além da contribuição para a permanência do homem no seu local de origem (MPA, 2011). A tilápia é uma das espécies mais cultivadas no país por possuir grande capacidade de adequação aos sistemas de produção, rápido crescimento, ser de fácil reprodução e possuir uma carne de sabor agradável.

Um dos maiores problemas na cadeia produtiva da pesca é a grande quantidade de resíduos gerados após a filetagem. No caso da tilápia, os resíduos chegam a 70% durante a produção de filé, sendo distribuídos em cabeça, carcaça, vísceras e pele, fazendo com que o interesse por soluções e aproveitamento destes resíduos seja cada vez maior (BUENO *et al.*, 2011).

Vários produtos podem ser obtidos a partir de rejeitos de pescado como, por exemplo, hidrolisados proteicos, extração de gelatina e colágeno, reduzindo os problemas ambientais e aumentando o faturamento das empresas (SILVA *et al.*, 2011). Com isto, a grande quantidade de colágeno presente na pele de tilápia indica uma alternativa para o aproveitamento deste subproduto na produção de gelatina.

O colágeno é uma proteína estrutural e constitui cerca de 30% das proteínas dos vertebrados. A molécula de colágeno é formada por três cadeias polipeptídicas alfa com mais de mil aminoácidos que, por sua vez, são organizados em forma de tripla-hélice, o que lhe garante a possibilidade de diversos tipos de ligações, conferindo uma infinidade de aplicações práticas, principalmente em indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica (CAMPOS, 2008; BORDIGNON, 2010).

Segundo Sader (2010), os colágenos são proteínas fibrosas encontradas nos animais multicelulares, secretados por diferentes tipos de células e são a principal proteína estrutural encontrada na matriz celular e nos tecidos conectivos,

sendo assim, responsável pela sua integridade e propriedades mecânicas. São encontrados na maioria dos tecidos: ossos, tendões, ligamentos, cartilagem e tecidos moles.

A gelatina é um produto produzido a baixo custo e em grande quantidade no Brasil que é empregada nas indústrias de alimentos para aumentar características como elasticidade, estabilidade e consistência dos produtos (ALMEIDA, 2012).

A extração tradicional de gelatina é feita a partir da hidrólise parcial do colágeno animal contido na pele e ossos de mamíferos, principalmente suínos e bovinos, porém, devido a problemas sanitários, doenças relacionadas a bovinos como a encefalopatia espongiforme bovina (BSE – conhecida popularmente pela doença da vaca louca) e também ao grande consumo em países onde o judaísmo e o islamismo são religiões predominantes, a busca por outras fontes de gelatina como de subprodutos de frango e de pescado tem aumentado grandemente (ALFARO, 2008; TRINDADE, 2010; SILVA, *et al.*, 2011).

Pode-se obter gelatina a partir da conversão do colágeno em meio ácido (tipo A) ou em meio alcalino (tipo B). O processo de obtenção consiste basicamente no tratamento da matéria-prima, extração da gelatina e, por fim, purificação e secagem. As propriedades físico-químicas e estruturais são determinantes para definir a aplicabilidade e também as propriedades funcionais do produto (SILVA, *et al.*, 2011). Cho e colaboradores (2004) afirmam que a principal propriedade da gelatina é a força do gel (Bloom) e esta característica determina seu valor comercial.

A obtenção de gelatinas derivadas do pescado sugere ser uma boa opção para reduzir os impactos ambientais causados pelos rejeitos da piscicultura tendo em vista o aproveitamento destes resíduos e o emprego das gelatinas na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética.

Este estudo foi realizado para verificar a possibilidade de extração da gelatina de subprodutos de tilápia e avaliar suas características físico-químicas, de textura, cor e odor utilizando reagentes em pouca quantidade, visando a baixa toxicidade no produto final.

Pesquisas envolvendo o desenvolvimento de películas biodegradáveis e “bioembalagens” a partir de “blends” de gelatina estão sendo realizadas pelo grupo de estudo envolvido neste trabalho que é composto por quatro alunas do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná desde 2012 sob a orientação da professora Ângela Maria Gozzo.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo está na obtenção de gelatina a partir de subprodutos de tilápia utilizando baixas quantidades de reagentes e avaliar o método que possibilite bom rendimento e melhores características físico-químicas e de textura.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extração da gelatina a partir de três pré-tratamentos ácidos e um neutro.
- Comparação entre os pré-tratamentos, para verificar a melhor gelificação (consistência do gel, Bloom, rendimento).
- Caracterização físico-química da gelatina obtida em relação a sua composição centesimal (proteínas, gordura, cinzas, umidade), cor e odor.
- Comparação entre as gelatinas obtidas nas extrações com amostras comerciais em relação à cor e odor.
- Obtenção de géis de boa qualidade (alta quantidade de proteínas, Bloom de médio a alto) utilizando reagentes pouco concentrados, visando o rendimento e a baixa toxicidade no produto.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PISCICULTURA E SUBPRODUTOS GERADOS NA INDUSTRIALIZAÇÃO DE PESCADO

Dados do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, 2011) mostram que são produzidos no Brasil 1 milhão e 240mil toneladas de pescado por ano.

A produção de Tilápia, segundo o Boletim Estatístico da Pesca e Agricultura, apresenta destaque na aquicultura continental nacional sendo a mais produzida, representando cerca de 39,4% da produção. Apresentou aumento de cerca de 111 mil toneladas em 2008 para 155 mil toneladas em 2010 (MPA, 2010).

A tilápia é uma das espécies mais produzidas comercialmente, pois aceita alimentação variada, possui rápido crescimento (4 a 7 meses, dependendo da temperatura), apresenta facilidade na reprodução, oferece uma excelente adequação aos sistemas de produção, além de possuir uma carne de sabor extremamente agradável (FITZSIMMONS, 2000; BORDIGNON, 2010).

Grande parcela da produção nacional de pescado é originada na região Sul, sendo a tilápia e a carpa as principais espécies produzidas, fazendo com que unidades processadoras de filé congelado tenham se instalados na região, aumentando a geração de resíduos não aproveitados (OETTERER, 1993).

A cadeia produtiva da piscicultura gera uma infinidade de resíduos orgânicos (subprodutos) sendo que os tipos e quantidades de resíduos dependem do tipo de processamento empregado, seja do peixe inteiro eviscerado, eviscerado e descabeçado ou produção de filé. O tipo de processamento também determina o rendimento da carcaça (aproximadamente 30% na produção de filé).

A utilização destes resíduos é ecologicamente recomendável em função da alta carga orgânica depositada no ambiente, se os mesmos não forem aproveitados. Uma das aplicações é a extração de colágeno a partir de escamas e peles para indústrias farmacêuticas e alimentícias (VIDOTTI e GONÇALVES, 2006).

O termo subproduto refere-se a todos os resíduos e sobras gerados no processamento de alimentos e apresentam valor relativamente baixo. Os subprodutos de pescado podem ser constituídos por carne escura, camarões fora de

tamanho para descasque, cabeças e carcaças (OETTERER, 1993). Vale salientar que estes subprodutos são ricos em proteínas e frações lipídicas, vitaminas e sais minerais (RUSTAD, 2003).

Dentre os resíduos gerados na produção de filé de tilápia há uma perda significativa da carne que permanece ligada às espinhas. A produção de carne mecanicamente separada (CMS) é uma alternativa para a obtenção de outros produtos que possuam maior valor agregado, cuja venda juntamente com as carcaças são utilizadas na produção de ração ou farinha de peixe (FREITAS *et al.*, 2000; SANTOS, 2012). A produção de gelatina de peixe é considerada a melhor forma de processar resíduos da indústria de pescado, garantindo um maior aproveitamento e conseqüentemente maior lucro (GÓMEZ-GUILLÉN *et al.*, 2002).

3.2 COLÁGENO

O termo colágeno é originado do termo grego associando KOLLA (cola) e GENO (produção), ou seja, produção de cola animal a partir de diferentes matérias primas (BORDIGNON, 2010). É uma das proteínas encontradas com maior abundância na terra podendo ser obtido de diversas fontes, pois o colágeno pode ser extraído de todos os animais, incluindo jacarés, cangurus e formas de vida marinha como esponjas. Muitas pesquisas têm sido realizadas sobre colágeno a partir de peixes, incluindo a tilápia, carapau, pele de atum, pele de salmão, entre outros (ALMEIDA, 2012).

O colágeno é a principal proteína do tecido conectivo com três polipeptídeos de cadeia- α que contém grandes quantidades de glicina, prolina e hidroxiprolina. O principal tipo de colágeno encontrado nos peixes é do tipo I, denominado de Tripocolágeno (Figura 1). Este tipo de colágeno é predominante na maioria dos animais e pode ser encontrado principalmente na pele, tendões e ossos, é composto por diferentes aminoácidos e constituído por três cadeias, das quais duas são idênticas, denominadas cadeias α 1 e α 2 (CAMPOS, 2008). A constituição das cadeias- α pode variar de acordo com a espécie e a sua solubilidade, a qual classifica-se em solúvel em solução de sal neutro, meio ácido e alcalino e insolúveis

em álcali, dependendo da idade e estado de nutrição do animal (OGAWA e MAIA, 1999).

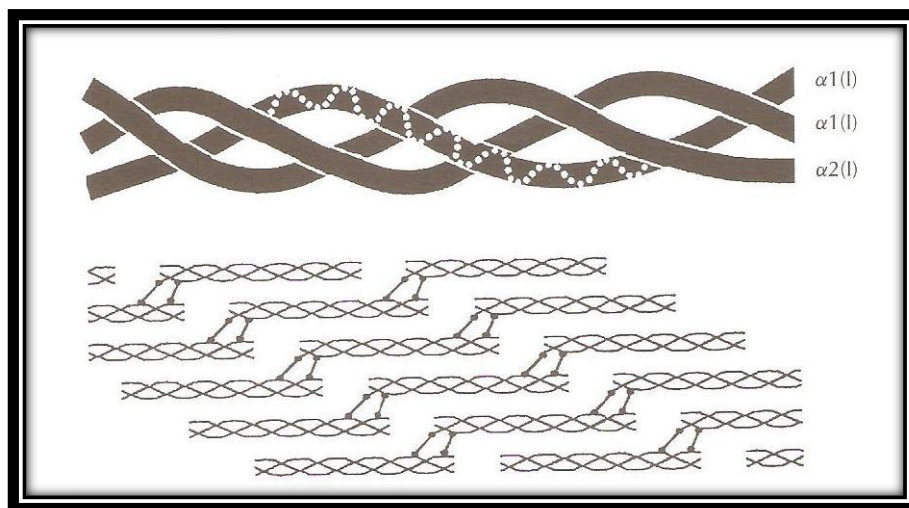


Figura 1 - Esquema e estrutura do Colágeno Tipo I.

Fonte: Darmodaran, Parkin e Fennema (2010).

A proteína dominante do tecido conjuntivo é o colágeno, que é utilizado para denominar cerca de 27 proteínas isoformas, encontradas em tecidos conjuntivos ao longo do corpo como ossos, cartilagem, tendões, pele, veia, dentes e músculos, sendo um ingrediente funcional importante para a produção de gelatina. Peixes e outros animais de pequeno porte tendem a possuir menos colágeno na matriz extracelular pelo fato do músculo esquelético destes não necessitarem de suporte para seu peso (DARMODARAN, FENNEMA e PARKIN, 2010).

Pode-se relacionar diretamente a extração do colágeno com a rigurosidade do processo de extração e do pré-tratamento aplicado, no qual, o colágeno é parcialmente hidrolisado sem alterar sua configuração inicial (tripla hélice), que posteriormente é desestabilizado por um tratamento térmico subsequente por provocar o rompimento de ligações covalentes e de pontes de hidrogênio, o que, por sua vez, leva à conversão do colágeno em gelatina (GÓMEZ-GUILLÉN *et al.*, 2002).

Segundo Bordignon (2010), o colágeno possui como característica a sensibilidade à ação da água quente, transformando-se em gelatina. No caso da tilápia, quando as proteínas são submetidas a temperaturas superiores à 43°C suas

fibras colágenas são desnaturadas. O colágeno e a gelatina apresentam diferentes formas da mesma macromolécula podendo, assim, descrever a gelatina como um colágeno hidrolisado (BUENO, 2008). A desnaturação consiste na perda da estrutura tridimensional do colágeno e os principais agentes desta são mudanças no pH, mudanças na concentração de sal e mudanças na temperatura (SENA, 2004).

O colágeno, por dar origem à gelatina a partir da sua hidrólise, determina suas propriedades e capacidade de gelificação que, por sua vez envolve a desnaturação e renaturação das moléculas de proteína e suas características dependem do colágeno inicialmente utilizado (LEDWARD, 1977).

Há pelo menos 19 tipos de colágeno que são denominados de tipos I a XIX e, pelo menos onze deles já foram identificadas e caracterizadas. De acordo com sua estrutura macromolecular, o colágeno pode ser dividido em três grupos:

- Grupo “a”: colágeno fibroso estriado (incluindo os tipos I, II e III);
- Grupo “b”: colágeno não fibroso (tipo IV ou da membrana basal);
- Grupo “c”: colágeno que compreende a proteína miofibrilar que inclui os tipos VI e VII (matriz miofibrilar), V, IX e X (colágeno pericelular), e VIII e XI que ainda não foram classificados (DARMODARAN, FENNEMA e PARKIN, 2010).

3.3 GELATINA

Grande parte das gelatinas é fabricada a partir de matérias-primas provenientes de mamíferos, como citado no corpo do estudo, trata-se de uma proteína de origem animal, solúvel em água resultante da hidrólise parcial do colágeno, proveniente de ossos, peles e tecidos conectivos de suínos e bovinos (ALMEIDA, 2012). A busca por fontes alternativas na obtenção de gelatina vem se caracterizando como um problema ambiental, pois a geração de resíduos no tratamento de couro bovino é um grande problema.

Silva e colaboradores (2011) afirmam que o processo de extração de gelatina, em geral depende do tratamento, da quantidade de colágeno na matéria-prima e dos parâmetros do processo como tempo, temperatura e pH. O pré-tratamento ácido, por ser mais suave, é adequado para matérias-primas mais frágeis como peles de suínos e peixes. À medida que o ácido penetra sobre a estrutura da

pele ela começa a inchar de duas a três vezes seu volume inicial, ocorrendo a clivagem de ligações covalentes inter e intra moleculares (BORDIGNON, 2010).

A composição da gelatina é quase completa por proteínas (cerca de 85%), aproximadamente 9% – 12% de água, 1% – 3% de sais minerais e pouca quantidade de gordura. É uma proteína de fácil digestão enriquecendo dietas restritivas como no caso de pós-operatórios, pacientes com úlceras e diabéticos, devido a baixa quantidade de carboidratos e gorduras (ROMAN, 2007).

Uma das principais desvantagens na produção de gelatina a partir de peixe é a formação de géis que possuem propriedades reológicas inferiores em relação às convencionais (a partir de mamíferos). O uso destas gelatinas pode ser aplicado com várias possibilidades: desde o uso na fabricação de sobremesas, filmes para produção de embalagens biodegradáveis e cápsulas até como material de parede na produção de micropartículas (BUENO *et al.*, 2011).

Segundo Darmodaran e colaboradores (2010), a gelatina é obtida por hidrólise ácida ou alcalina, formando uma mistura heterogênea de polipeptídeos. O grau de hidrólise (DH) é afetado diretamente pelo peso molecular dos polipeptídeos na amostra de gelatina que, por sua vez, afeta grandemente a força do gel: amostras de gelatina com peso molecular médio inferior a 20000 Da não formam géis, independente da concentração utilizada.

Arvanitoyannis (2002) caracteriza a gelatina como hidrocolóide por ser hidrofílica, ou seja, apresenta afinidade com a água. Esta característica lhe confere um papel versátil na indústria de alimentos sendo utilizada para melhorar a consistência, estabilidade e elasticidade dos produtos. A gelatina é derivada da dissociação térmica ou química das cadeias polipeptídicas do colágeno, no qual a proteína insolúvel é convertida em gelatina solúvel em temperaturas acima de 50°C pela hidrólise ácida ou básica. Gelatinas obtidas por pré-tratamento alcalino são do tipo B e por pré-tratamento ácido são do tipo A .

A gelatina pode ser considerada uma mistura complexa de vários aminoácidos com sequências idênticas na maioria das vezes (semelhante ao colágeno) onde predominam sempre duas cadeias iguais $\alpha 1$ e uma outra $\alpha 2$ que, por sua vez, organizam-se em estrutura de tripla-hélice. Essa estrutura é estabilizada pela formação de pontes de hidrogênio intercadeias entre os grupos C=O e N – H. No processo da desnaturação, a estrutura tripla-hélice é rompida, dando origem a

estruturas aleatórias em forma de espiral, conforme apresentado na Figura 2 (SANTOS, 2012).

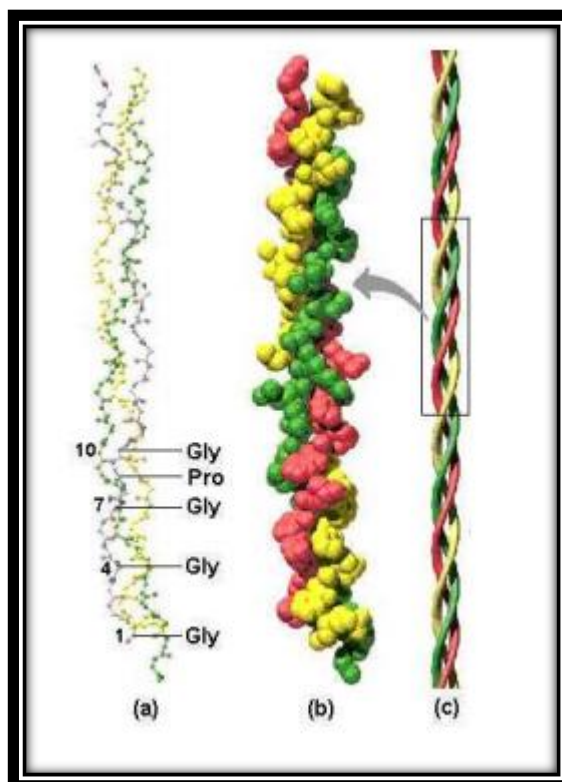


Figura 2 - Estrutura do colágeno: (a) forma de triplete presente nas matrizes colagênicas; (b) tropocolágeno; (c) hélice tripla.

Fonte: Sionkowska, 2006.

Segundo Andreuccetti (2010), os polipeptídeos presentes na gelatina são diferentes de acordo com a origem da matéria-prima utilizada na extração porém, independente da fonte, a gelatina contém 18 aminoácidos onde os predominantes são a glicina e a alanina.

Gómez-Guillén e colaboradores (2011) afirmam que a maioria das gelatinas são provenientes de pele de porco (46%) e couro bovino (23,1%) e a gelatina derivada de peixe contribuiu menos de 1,5% da produção em 2007. Estudos recentes têm confirmado que a gelatina proveniente de peixes tropicais e subtropicais de água quente possui maior conteúdo em aminoácidos que as gelatinas de peixes de águas frias e pode ter estabilidade térmica semelhante à de mamíferos de acordo com a espécie, tipo da matéria-prima e das condições de processamento (SANTOS, 2012).

Trindade (2010) afirma que a produção de gelatina de pe scado mostra ser uma boa alternativa para o uso integral dos resíduos gerados pelo processamento e sua utilização na produção de filmes comestíveis auxiliaria na redução de problemas ambientais.

Gelatinas provenientes de pe scado geralmente apresentam rendimento de aproximadamente 6% a 19%, inferior a de mamíferos, que pode chegar a até 40%. Suas características reológicas também são inferiores, o que indica uma desvantagem na produção da gelatina de pe scado quando comparada   proveniente de mamíferos (JAMILAH e HARVINDER, 2002).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 AMOSTRA

As peles e carcaças de tilápia utilizadas nos pré-tratamentos foram doadas pelo Pesqueiro Belini localizado na cidade de Peabiru – PR. As peles eram adquiridas frescas (no mesmo dia da pesca), lavadas em água corrente e mantidas congeladas à -18°C até o início dos pré-tratamentos.

Ao iniciar os pré-tratamentos, as amostras eram descongeladas e lavadas novamente em água corrente para eliminar quaisquer resíduos.

Todos os métodos de pré-tratamento foram realizados utilizando 250g de matéria-prima (pele ou carcaça).

4.2 EXTRAÇÃO DA GELATINA

A extração de gelatina foi realizada a partir de quatro métodos, todos desenvolvidos em escala piloto por Ferreira (2013) com adaptações. Nos pré-tratamentos foram utilizadas as peles e carcaça cortadas. Ao todo, foram realizados três tratamentos ácidos (gelatina do tipo A) e um tratamento neutro.

Antes de realizar as extrações, foram realizados testes com objetivo de definir as melhores extrações e as partes ideais da tilápia (entre carcaça e pele).

O primeiro pré-tratamento (Figura 3) realizado deu-se a partir da imersão dos subprodutos em solução de ácido clorídrico (HCl) a 0,3% durante 24h. Após este período, os subprodutos foram lavados para retirar o excesso de ácido, adicionou-se 400mL de água destilada, submetidos à correção do pH para 6,0 com hidróxido de sódio (NaOH), para então, ser submetido à cocção a 60°C durante 6 horas. Após a cocção, os resíduos sólidos foram retirados com auxílio de uma peneira e o sobrenadante foi resfriado em geladeira comum (aproximadamente 8°C) para posterior gelificação conforme fluxograma apresentado na Figura 4.

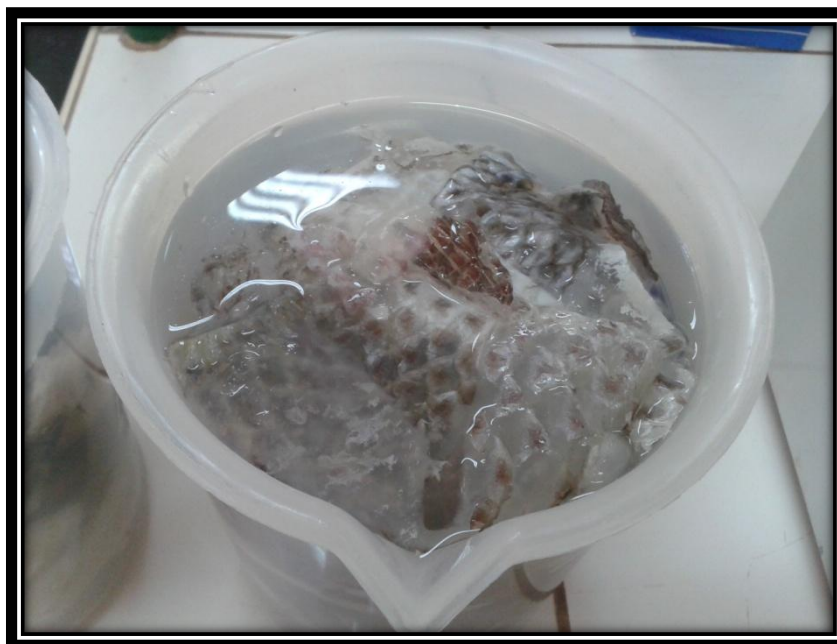


Figura 3 – Pele de tilápia após pré-tratamento em ácido clorídrico 0,3% após 24h.

Na Figura 3 nota-se o inchamento da pele, conforme esperado para a extração ácida. Resultados semelhantes foram relatados por Bordignon (2010).



Figura 4 - Primeiro método de pré-tratamento da matéria-prima.

O segundo método para extração foi realizado a partir da imersão da matéria-prima em cocção somente com água a $95 \pm 2^\circ\text{C}$ por 30 minutos, seguida de separação dos sólidos por peneira e resfriamento do sobrenadante em geladeira comum (Figura 5).

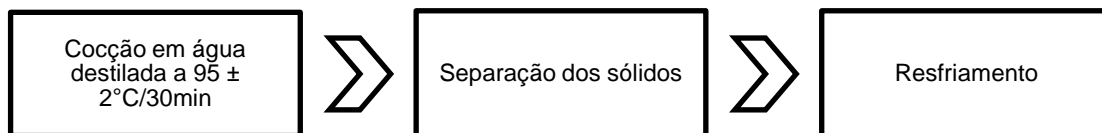


Figura 5 - Segundo método de extração.

O terceiro método para extração foi realizado a partir do pré-tratamento da amostra em ácido acético a 4,5% durante 4 horas (Figura 6). Após o pré-tratamento, as amostras foram lavadas em água corrente, adicionou-se 400mL de água destilada e, então, foi submetido à cocção a 65°C durante 6 horas. Após a cocção, os resíduos sólidos foram retirados com auxílio de uma peneira e o sobrenadante foi resfriado para gelificação em geladeira comum (Figura 7).



Figura 6 - Peles de tilápia após o pré-tratamento em ácido acético 4,5% por 4h.



Figura 7 - Terceiro método de pré-tratamento da matéria-prima.

A Figura 6 apresenta a pele de tilápia inchada após tratamento com ácido acético. Resultado semelhante foi obtido na extração com ácido clorídrico

O quarto método de pré-tratamento foi realizado da mesma forma que o anterior, porém, após a separação dos sólidos, o sobrenadante foi submetido à evaporação a 90°C até seu volume reduzir em 1/3 do volume e, posteriormente resfriamento em geladeira comum (Figura 8). O objetivo desta evaporação foi concentrar a quantidade de gelatina presente na amostra.

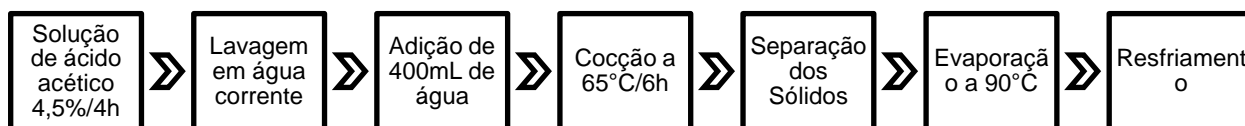


Figura 8 - Quarto método de pré-tratamento da matéria-prima.

Ao todo, foram obtidas quatro amostras (uma de cada método de extração), as quais foram submetidas à secagem e à caracterização.

4.3 SECAGEM DAS AMOSTRAS

Após a gelificação das quatro amostras de gelatina, as mesmas foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar a 50°C por 24 a 48h, até que a amostra obtivesse aspecto de filme (Figura 9).

Este método, apesar de mais operoso e lento que a liofilização assemelha-se ao processo industrial brasileiro.

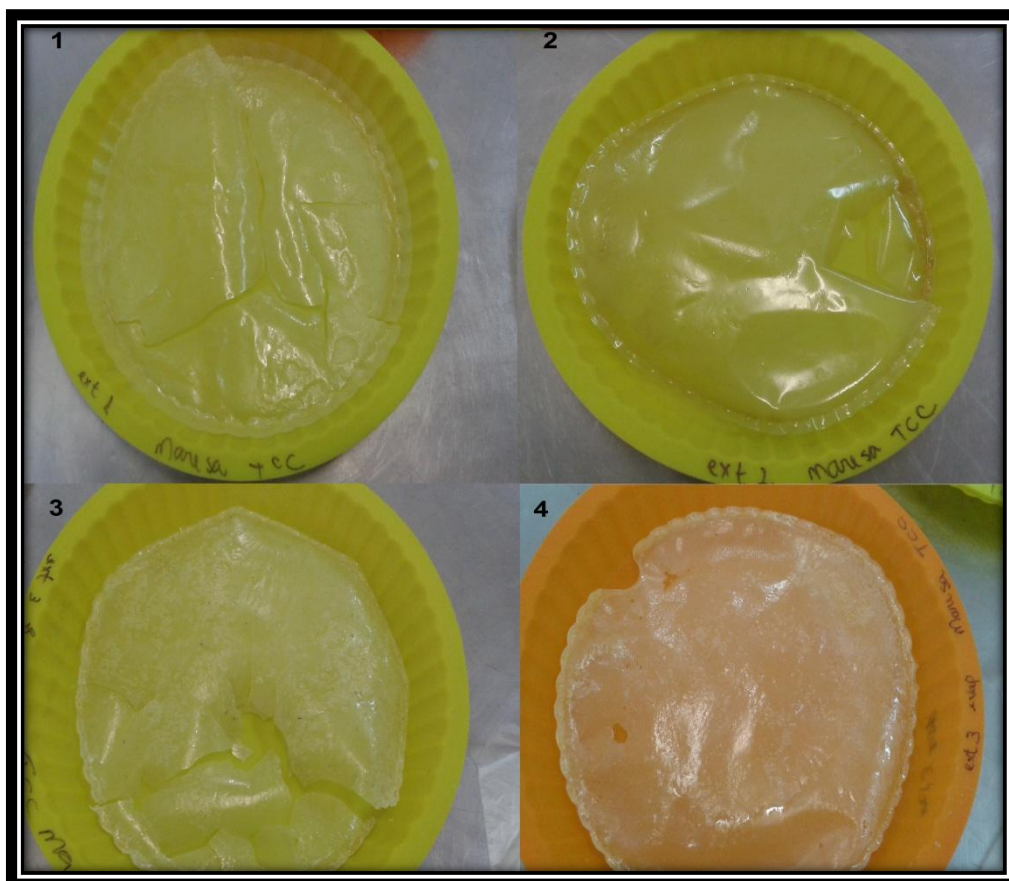


Figura 9 - Amostras de gelatina após a secagem em estufa.

As amostras foram dispostas em recipientes de silicone flexíveis para evitar a aderência da gelatina seca na forma.

4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DE TEXTURA

As amostras foram caracterizadas em relação ao rendimento, umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, cor, odor, pH e força do gel (Bloom).

4.4.1 Rendimento

O cálculo do rendimento das extrações foi realizado a partir da relação entre o peso da gelatina seca e o peso da matéria-prima úmida de acordo com a equação 1:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{peso da gelatina seca}}{\text{peso da pele úmida}} \times 100 \quad (\text{eq.1})$$

4.4.2 Umidade

A umidade da gelatina foi determinada a partir da secagem da amostra em estufa a 105°C durante 6 horas (até obtenção de massa constante), de acordo com os Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008). Esta análise baseia-se na perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições em que a água é removida.

4.4.3 Cinzas

A determinação do resíduo por incineração (cinzas) foi realizada a partir do aquecimento da amostra em mufla a 570°C durante 4 horas (até a obtenção de cinzas levemente acinzentadas) de acordo com os Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.4.4 Proteínas

A análise de proteínas foi realizada a partir do método de Kjeldahl conforme descrito nos Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008), composto pelas etapas de digestão da amostra onde o nitrogênio orgânico é transformado em amônia e os componentes orgânicos são convertidos em CO₂ e H₂O, destilação que consiste no recolhimento do gás amônia liberado em solução receptora (ácido bórico) e, por fim, a titulação na qual é realizada a determinação quantitativa da amônia contida na solução receptora (ácido bórico).

4.4.5 Lipídeos

A quantidade de lipídeos presente nas amostras de gelatina foi determinada pelo método de Soxhlet, de acordo com os Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008) a partir da extração no aparelho extrator tipo Soxhlet durante oito horas, utilizando éter de petróleo como solvente.

4.4.6 Cor

As amostras foram analisadas visualmente em relação à aparência geral como tonalidade, luminosidade, brilho e opacidade tendo como padrão a gelatina neutra comercial.

4.4.7 Odor

As amostras foram analisadas em relação ao odor de acordo com características organolépticas comparadas à gelatina neutra comercial.

4.4.8 Força Gel (Bloom)

Para as análises de Bloom e medida da força do gel, as amostras foram liofilizadas e posteriormente hidratadas de acordo com a metodologia descrita por Bueno (2008) onde foram preparadas soluções de gelatina a 6,67% (p/p) com água destilada, mantidas em temperatura ambiente durante duas horas e, posteriormente em banho-maria a 60°C por uma hora para completa dissolução. A seguir as amostras foram resfriadas à temperatura ambiente durante 30 minutos para então serem distribuídas em quantidades de 30mL. Em seguida, os recipientes contendo amostras foram cobertos com papel alumínio e armazenados em estufa B.O.D. para maturação a 10°C por 18 horas. Feito isto, as amostras foram transferidas para um Texturômetro TAXT2 e procedeu-se a análise de força do gel.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e Bloom foram realizadas em triplicata. A análise estatística dos dados foi efetuada com auxílio do software Assisat versão 7.7 Beta a partir do teste de Tukey com intervalo de 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físico-químicas, cor, odor e de textura referentes à caracterização das amostras de gelatina podem ser verificadas a seguir.

5.1 PRÉ TESTES – CARÇAÇAS

As carcaças de tilápia foram submetidas aos mesmos pré-tratamentos das peles, conforme mostrado nos fluxogramas das Figuras 4, 5, 6 e 8.

Não houve gelificação das amostras, como pode ser observado na Figura 10.

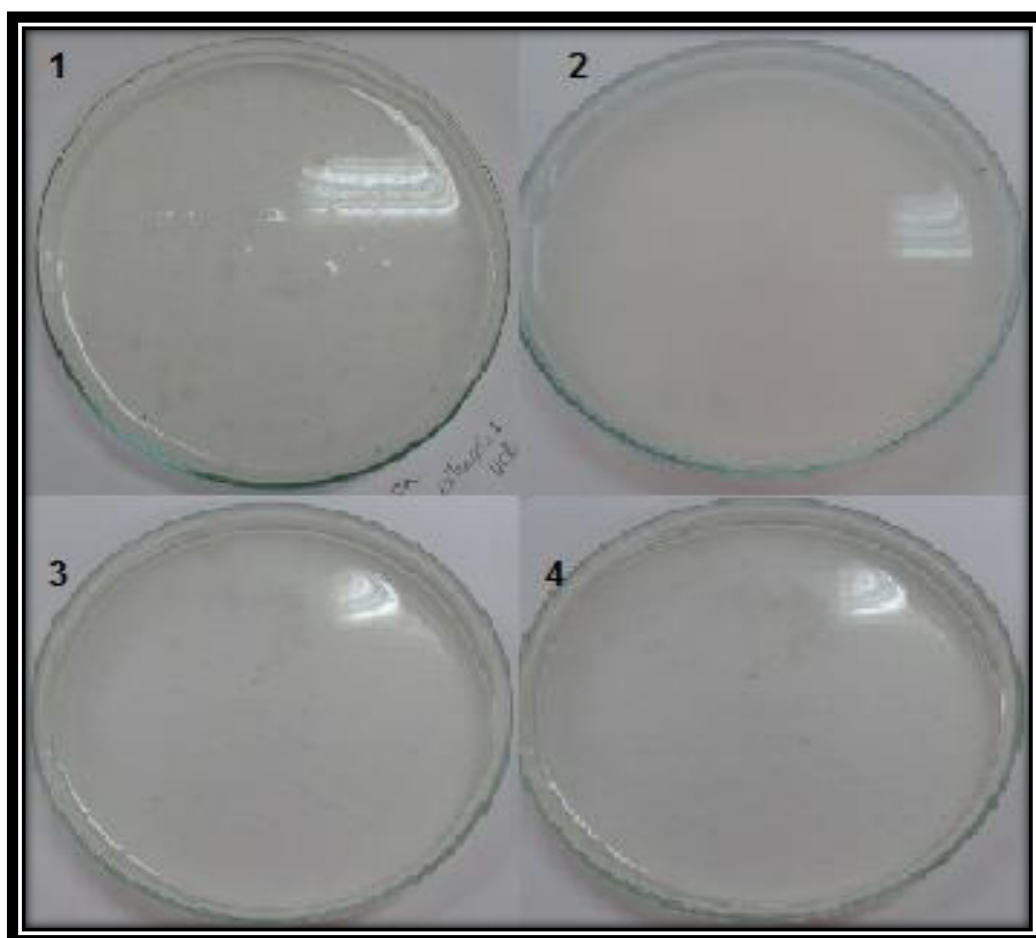


Figura 10 - Amostras de gelatina a partir de carcaça não gelificadas: (1) Ácido Clorídrico; (2) Água; (3) Ácido Acético; (4) Ácido Acético seguido de evaporação.

Galan (2010) utilizou carcaças de tilápia na produção de farinha de peixe com alto teor proteico (33,80%). A farinha de peixe é amplamente empregada na aquicultura, sendo uma das principais fontes proteicas nas dietas para a maioria das espécies cultivadas com boa fonte de minerais essenciais e vitaminas (TACON, 1994). Galan (2010) destaca, ainda, a utilização apenas da pele de tilápia para produção de gelatina, a qual representa uma excelente forma de aproveitamento de subproduto de tilápia.

Há uma perda considerável da carne do peixe que fica retida nas carcaças, o que pode prejudicar a hidrólise do colágeno presente nas espinhas. Assim, a pele do peixe mais vantajosa na extração de gelatina do que os demais subprodutos gerados.

5.2 RENDIMENTO

O rendimento da extração de gelatina ficou entre 6,21 e 12,08% (gramas de gelatina seca por 100g de pele úmida) conforme mostra a Tabela 1. Os resultados ficaram inferiores aos 18,3% obtidos por Bueno *et al.* (2011), semelhantes aos encontrados por Trindade (2010) que obteve rendimentos entre 5,91% e 10,95% e superior ao de 5,10% obtido por Alfaro (2008). O rendimento da gelatina extraída da pele de tilápia geralmente apresenta maior rendimento que a extraída de outros peixes e estes valores variam em função da composição centesimal das peles, da quantidade de colágeno e componentes solúveis presentes nas peles, que variam com o método de extração empregado e a idade do peixe utilizado (TRINDADE, 2010). Silva *et al.* (2011) realizou extração de gelatina de cabeça de carpa e obteve rendimento entre 1,50 e 2,3%.

Tabela 1 - Rendimento das extrações de gelatina.

Amostras	Rendimento (%)
(1) (ácido clorídrico)	10,38
(2) (água)	6,21
(3) (ácido acético)	9,37
(4) (ácido acético seguido de evaporação)	12,08

A Tabela 2 compara a matéria prima utilizada por vários pesquisadores, o pré-tratamento empregado e o rendimento obtido. Nota-se que neste estudo o rendimento foi bastante significativo, apresentando valores semelhantes aos demais autores, inclusive na extração com água pura (6,21%)

Jamilah e Harvinder (2002) afirmam que o rendimento da extração de gelatina de pescado é de aproximadamente 6 a 19% e é inferior à proveniente de mamíferos, que chega até 40%. De acordo com Alfaro (2008) extrações a baixas temperaturas resultam em rendimentos inferiores e extração incompleta e temperaturas elevadas tendem a degradar a gelatina produzida.

O rendimento na gelatina extraída apenas com água foi menor devido à ausência de pré-tratamento ácido ou básico. Pesquisas mais detalhadas sobre esta extração serão realizadas em trabalhos futuros.

Tabela 2 - Comparação entre cinco pesquisas em relação ao rendimento de gelatina.

Trabalho de Pesquisa	Pré-Tratamento	Matéria-prima utilizada	Rendimento obtido (%)
Bueno <i>et al.</i> (2011)	Hidróxido de Sódio (0,2 M) seguida de Ácido Acético (0,05 M)	Pele de tilápia	18,30
Trindade (2010)	Hidróxido de Sódio; Ácido Sulfúrico	Pele de tilápia	5,91 a 10,98
Alfaro (2008)	Hidróxido de Sódio; Ácido Sulfúrico	Pele de tilápia	5,10
Silva <i>et al.</i> (2011)	Hidróxido de Sódio 3 e 4M	Cabeça de Carpa	1,50 a 2,30
Neste estudo	Ácido Clorídrico (0,3%); Água; Ácido Acético (4,5% sem e com evaporação)	Pele de tilápia	6,21 a 12,08

5.3 UMIDADE

O percentual de umidade das amostras pode ser verificado a partir da Tabela 3. A umidade das amostras ficou entre 5,34% e 9,54%. De acordo com o teste de Tukey com 95% de confiança, as amostras 1, 2 e 3 diferiram significativamente entre si e as amostras 3 e 4 são significativamente iguais.

Tabela 3 - Percentual de umidade das amostras de gelatina.

Amostras	Umidade (%)
(1) (ácido clorídrico)	9,54 ^a
(2) (água)	5,34 ^c
(3) (ácido acético)	7,54 ^b
(4) (ácido acético seguido de evaporação)	7,19 ^b

*Amostras com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa com 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

O percentual de umidade na amostra 1 manteve-se semelhante ao 9,3% obtido por Bueno *et al.* (2011). A diferença de umidade entre as amostras pode ser justificada pela variação no tempo de secagem das mesmas, as quais variaram de 24 a 48h, sendo que as amostras 3 e 4 foram mantidas na estufa pelo mesmo intervalo de tempo. O conteúdo de umidade de gelatinas comerciais geralmente está entre 9 e 14% (EASTOE e LEACH, 1977), acima da quantidade apresentada nas amostras 2, 3 e 4. Os valores encontrados foram relativamente baixos quando comparados ao de 12% obtido por Trindade (2010).

Bordignon (2010) encontrou valores de umidade entre 11,68 e 11,92%. Segundo o autor, essas diferenças podem ocorrer em função dos diferentes métodos de lavagem e conservação das peles antes do início do processo de extração e principalmente em relação ao tempo de secagem das gelatinas após o processo.

5.4 CINZAS

A análise de cinzas foi realizada para determinar a quantidade de matéria inorgânica presente nas amostras. As amostras diferiram entre si em relação a esta análise, variando entre 1,8 e 5,65% conforme mostrado na Tabela 4. Bueno *et al.* (2011) obteve 1,8% de cinzas a partir da mesma matéria-prima, valor bastante inferior às amostras 1, 3 e 4 e o mesmo autor avaliou a quantidade de cinzas presente em gelatina suína comercial e o resultado manteve-se em torno de 0,3%. Já Bordignon (2010) encontrou valores de cinzas entre 2,37 e 2,51% e Songchotikunpan *et al.* (2008) 2,1%, diferentes dos citados neste estudo. Estudos realizados a partir de gelatinas extraídas do peixe *catfish* obtiveram baixos teores de cinzas (em torno de 0,33%), resultados inferiores quando comparados aos de tilápia (JONGJAREONRAK *et al.*, 2010). Alfaro (2008) encontrou teor de cinzas de 2,51% para gelatina extraída da pele de tilápia, resultado inferior aos encontrados neste estudo (exceto para extração com água).

Tabela 4 - Percentual de cinzas nas amostras de gelatina.

Amostras	Cinzas B. S. (%)
(1) (ácido clorídrico)	5,65 ^a
(2) (água)	1,80 ^d
(3) (ácido acético)	3,92 ^b
(4) (ácido acético seguido de evaporação)	3,31 ^c

*Amostras com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa com 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

De acordo com Jones (1977) o teor máximo de cinzas recomendado para gelatinas é de 2,6%, apesar de usualmente gelatinas com conteúdo acima de 2% sejam aceitas para aplicações alimentícias (CHO *et al.*, 2004). O autor afirma ainda que o conteúdo de cinzas geralmente é especificado, porém não deve ser considerado um fator indispensável, a não ser pelo fato de indicar o conteúdo máximo de cálcio da amostra, que é importante em algumas aplicações da gelatina. Tavakolipour (2011) encontrou teores de cinzas em gelatina extraída de carpa prateado em torno de 2,2% em amostras com pré-tratamento ácido.

A quantidade de cinzas presente em alimentos refere-se ao resíduo inorgânico restante da incineração da matéria orgânica. A composição das cinzas corresponde a minerais presentes nos alimentos, devido às perdas por volatilização e reação entre os componentes. São consideradas medida geral de qualidade e, geralmente, é utilizada como critério na identificação dos alimentos (CHAVES *et al.*, 2004). Nas extrações realizadas neste estudo, é possível diminuir a quantidade de cinzas incluindo a etapa de filtragem após a extração.

5.5 PROTEÍNAS

A gelatina possui em sua composição grande quantidade de proteínas, pois é resultado da hidrólise parcial do colágeno animal. As amostras obtidas neste estudo apresentaram teores de proteínas entre 77 e 81% como mostra a Tabela 5, não apresentando diferença significativa entre os pré-tratamentos considerando 95% de confiança.

Tabela 5 - Percentual de proteínas nas amostras de gelatina.

Amostras	Proteínas (%)
1 (ácido clorídrico)	77,910 ^a
2 (água)	80,223 ^a
3 (ácido acético)	81,563 ^a
4 (ácido acético seguido de evaporação)	80,627 ^a

*Amostras com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa com 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

É importante ressaltar que a gelatina com a gelatina extraída apenas em água apresentou um alto teor de proteínas, não diferindo significativamente das demais. O mesmo não ocorre com as demais origens proteicas, evidenciando, assim, a importância do estudo do pescado na produção de colágeno.

A Tabela 6 apresenta a matéria-prima, pré-tratamento utilizado por cada pesquisador e a quantidade de proteína obtida em cada caso.

Tabela 6 - Comparação com sete pesquisas em relação à quantidade de proteínas nas amostras de gelatina obtidas neste estudo.

Trabalho de Pesquisa	Pré-Tratamento	Matéria-prima utilizada	Proteínas (%)
Bordignon (2010)	Ácido Sulfúrico 10N	Pele de tilápia do Nilo congeladas e salgadas	84,47 e 85,65
Bueno <i>et al.</i> (2011)	Hidróxido de Sódio (0,2 M) seguida de Ácido Acético (0,05 M)	Pele de tilápia	88,90
Alfaro (2008)	Hidróxido de Sódio; Ácido Sulfúrico	Pele de tilápia	81,16
Songchotikupan <i>et al.</i> (2008)	Hidróxido de Sódio (0,2 M) seguida de Ácido Acético (0,05 M)	Pele de Tilápia	89,40
Almeida (2012)	Ácido Acético 4,0%; Ácido Acético 4,5% com e sem evaporação; Ácido	Tarsos de Frango	78,52
Ferreira (2013)	Clorídrico 0,3%; Peróxido de Hidrogênio e Ácido Sulfúrico	Pés de Frango	67,50 a 69,90
Neste estudo	Ácido Clorídrico (0,3%); Água; Ácido Acético (4,5% sem e com evaporação)	Pele de tilápia	77,91 e 81,56

Alfaro (2008) obteve gelatinas com 81,16% e Bordignon (2010) gelatinas com 84,47 e 85,65% de proteínas, semelhantes às desenvolvidas neste estudo. Estes valores foram inferiores aos encontrados por Songchotikupan *et al.* (2008) e Bueno *et al.* (2011), que obtiveram gelatina de peles de tilápia com 89,40% e 88,90% de proteínas em sua composição, respectivamente.

Estudos realizados a partir da extração de gelatina de subprodutos de frango resultaram em 78,52% de proteínas provenientes de tarsos de frango (ALMEIDA, 2012) e, gelatinas obtidas a partir de pés de frango utilizando pré-tratamentos

semelhantes aos utilizados neste estudo realizados por Ferreira (2013), apresentaram de 67,5 a 69,9% de proteínas. Isto demonstra que fontes alternativas podem ser utilizadas em substituição à extração com derivados de mamíferos.

5.6 LIPÍDEOS

O percentual de lipídeos presente nas amostras pode ser verificado a partir da Tabela 7.

Tabela 7 - Percentual de lipídeos nas amostras de gelatina.

Amostras	Lipídeos (%)
1 (ácido clorídrico)	0,43 ^b
2 (água)	3,79 ^a
3 (ácido acético)	0,35 ^b
4 (ácido acético seguido de evaporação)	0,25 ^b

*Amostras com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa com 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

Os resultados da quantidade de lipídeos presente nos sistemas avaliados apresentaram-se razoavelmente baixos nas amostras 1, 3 e 4. A gelatina extraída apenas a partir de água (amostra 2) apresentou maior conteúdo de extrato etéreo.

Almeida (2012) obteve, a partir de gelatinas extraídas de tarsos de frango cerca de 9,919% de gordura, percentual muito elevado em relação aos resultados obtidos neste estudo. No caso de gelatina a partir da pele de tilápia, teores extremamente baixos de extrato etéreo foram encontrados por Bordignon (2010), os quais ficaram em torno de 0,025% e 0,047%.

Alfaro (2008) obteve teor de 0,25% de gordura em amostras de gelatina a partir da pele de tilápia. O autor também destaca que banhos sucessivos anteriores às extrações são eficientes na remoção do conteúdo lipídico das peles de tilápia, o que pode justificar a alta quantidade de gordura na amostra 2 em relação as demais, já que a mesma foi lavada apenas em água corrente antes da extração em alta

temperatura, enquanto que as outras foram lavadas antes e após o pré-tratamento, aumentando a remoção da gordura. Isto mostra que um cuidado maior deve ser utilizado nesta extração quando o objetivo for uma gelatina com níveis baixos de lipídeos.

5.7 COR

Características como cor e aparência foram analisadas visualmente, tanto em suas formas gelificadas quanto secas e podem ser observadas nas figuras 10 e 11, respectivamente.

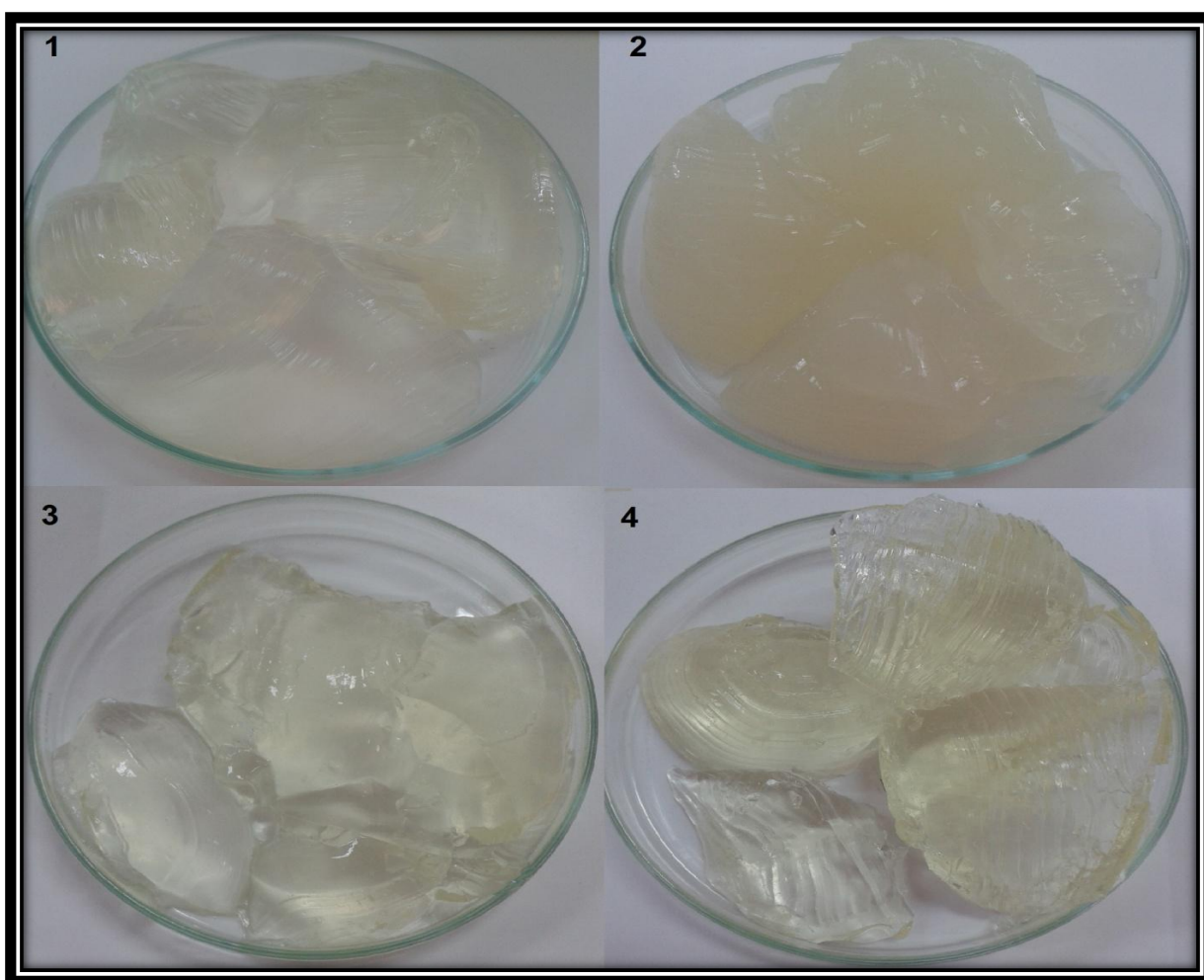


Figura 11 - Amostras de gelatina gelificadas: (1) Ácido Clorídrico; (2) Água; (3) Ácido Acético; (4) Ácido Acético seguido de evaporação.

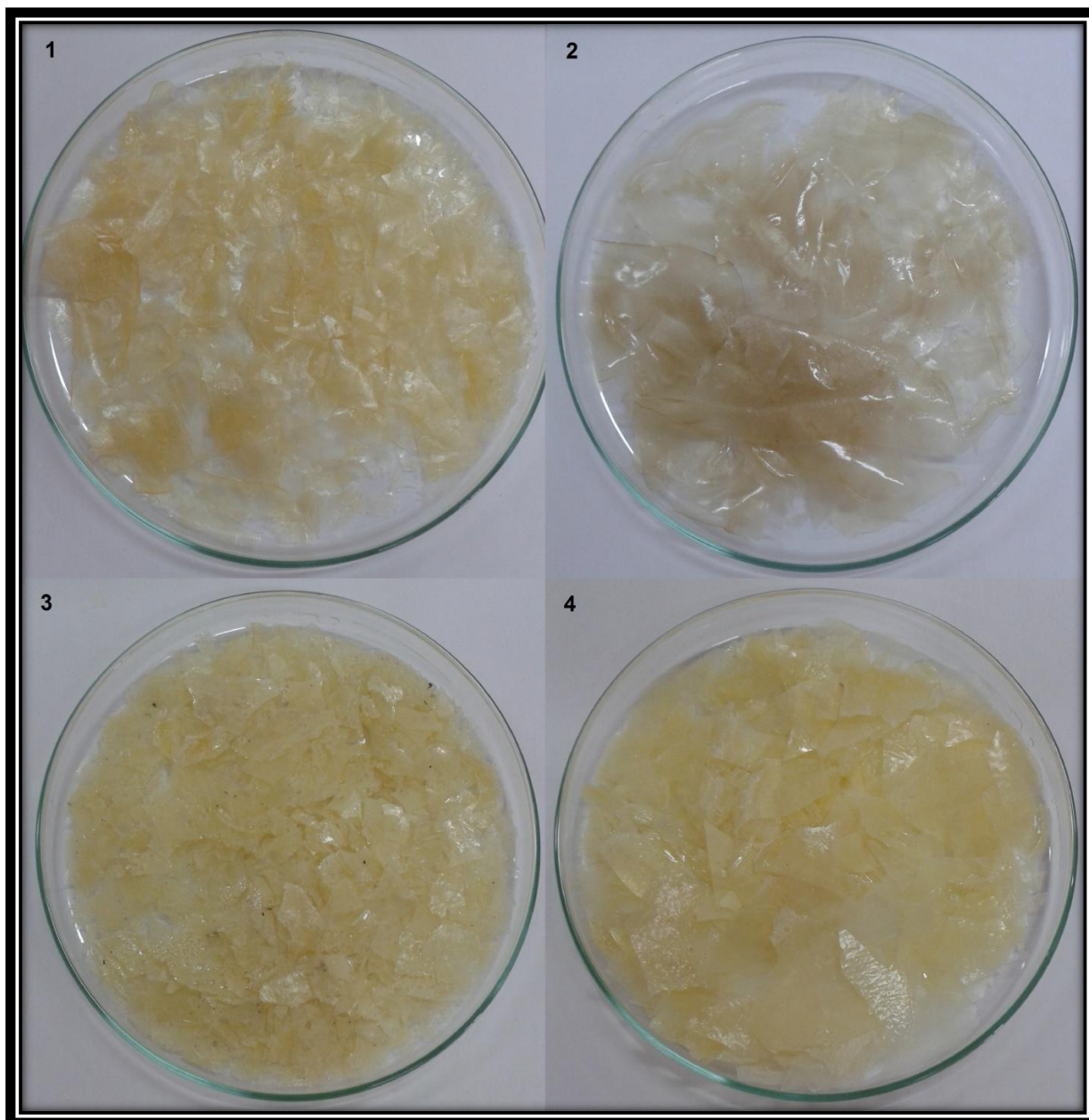


Figura 12 - Amostras de gelatina seca: (1) Ácido Clorídrico; (2) Água; (3) Ácido Acético; (4) Ácido Acético seguido de evaporação.

Como pode ser observado na Figura 11, a cor das gelatinas secas variou de amarelo claro a marrom claro.

Os géis obtidos apresentaram-se bastante firmes, lisos e com o mínimo de gordura superficial. A amostra que apresentou maior diferença entre as demais foi a extraída apenas em água (extração 2) com aparência bastante esbranquiçada e

opaca comparando-se às amostras 1, 3 e 4 que apresentaram-se bastante translúcidas e brilhosas.

Tabela 8 - Cor e aparência das amostras de gelatina.

Amostras	Gelatina gelificada (hidrogel)	Gelatina seca
(1)	Levemente amarelo-esverdeada, transparente, brilhosa e translúcida	Amarelo escuro e pouco brilhosa
(2)	Esbranquiçada e opaca	Marrom claro e brilhosa
(3)	Branca, transparente, translúcida e brilhosa	Amarelo claro e opaca
(4)	Branca, transparente, translúcida e brilhosa	Amarelo claro e opaca

*(1) Ácido Clorídrico; (2) Água; (3) Ácido Acético; (4) Ácido Acético seguido de evaporação.

A gelatina obtida por Bordignon (2010) apresentou coloração amarelo esverdeada, semelhante à amostra (1) deste estudo. Alfaro (2008) obteve gelatina de coloração amarela esbranquiçada e brilhosa, semelhante às gelatinas comerciais. A gelatina obtida por Bueno *et al.* (2011) apresentou-se amarelada. Ferreira (2013) obteve gelatinas a partir de pés de frango com coloração entre o amarelo esbranquiçado e o amarelo escuro. Segundo Bertan (2003), a gelatina comercial é encontrada como cristais de coloração amarelo-palha.

Schmitz *et al.* (2013) afirmam que a coloração da gelatina não influencia nas suas propriedades funcionais. Por outro lado, a clareza da gelatina é uma propriedade desejável, sua turbidez pode ser importante, dependendo da sua aplicação (COLE, 2014), produtos claros exigirão gelatinas mais claras e transparentes.

5.8 ODOR

O odor do hidrogel de gelatina foi analisado e as características podem ser observadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Odor das amostras de gelatina gelificadas.

Amostras	Odor
1	Leve odor de peixe
2	Forte odor de peixe
3	Leve odor de peixe e ácido acético
4	Leve odor de peixe e ácido acético

*(1) Ácido Clorídrico; (2) Água; (3) Ácido Acético; (4) Ácido Acético seguido de evaporação.

O odor proveniente das gelatinas foi consequência dos pré-tratamentos e da matéria-prima utilizada. A amostra (2) foi a que mais preservou o odor característico de peixe, seguida da amostra (1) que apresentou leve odor de peixe e das amostras (3) e (4) que apresentaram leve odor de peixe e um odor de ácido acético bastante característico.

A gelatina comercial apresenta um odor neutro, servindo apenas como referência na comparação com as amostras obtidas.

Segundo Teixeira (2009), a qualidade sensorial do alimento favorece a fidelidade do consumidor a um produto específico no mercado, que está cada vez mais exigente. Não foram encontrados dados de estudo do odor em gelatinas. Desta forma, deve-se aplicar um processo de desodorização para a eliminação destes odores indesejáveis, como o de peixe e de ácido acético.

5.9 BLOOM

A Tabela 10 apresenta os valores da força gel expressos em gramas de gelatina (Bloom).

Tabela 10 - Valores de força do gel nas amostras.

Amostra	Força do gel (g)
1	267 ^a
2	240 ^b
3	184 ^c
4	205 ^d

*Amostras com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa com 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

** (1) Ácido Clorídrico; (2) Água; (3) Ácido Acético; (4) Ácido Acético seguido de evaporação.

De acordo com Bordignon (2010), o Bloom é uma das mais importantes propriedades funcionais da gelatina e está diretamente ligada à sua resistência a degradação. Esta característica corresponde à massa em gramas necessária para penetrar em 4mm a superfície do gel preparado a uma concentração de 6,67% mantido refrigerado por 17 horas. A força gel é afetada pelas condições de maturação, ou seja, temperatura e tempo de estocagem, pode formar géis mais compactos e rígidos com o ajuste do pH da gelatina para valores próximos ao ponto isoelétrico.

Segundo Johnston-Bank (1983) a qualidade da gelatina é determinada pela força do gel, que pode ser classificada como:

- Bloom baixo: menor que 150g;
- Bloom médio: entre 150 e 220g;
- Bloom alto: entre 220 e 300g.

Os resultados obtidos neste estudo mostram que, apesar da diferença significativa considerando 95% de confiança entre os valores, foram obtidas duas amostras (1 e 2) com valor de alto Bloom e as outras duas (3 e 4) com médio Bloom. Deste modo, pode-se afirmar que este objetivo foi alcançado com êxito.

Vale salientar que a gelatina extraída apenas em água apresentou o segundo maior valor de Bloom, o que é muito satisfatório já que não foi utilizado tratamento ácido nem alcalino como pré-tratamento.

Bordignon (2010) obteve valores de Bloom de 200g para gelatina de pele de tilápia salgadas e 12,7g para peles congeladas. Ferreira (2013) que utilizou pré-tratamentos semelhantes aos utilizados neste trabalho (amostras 3 e 4 – tratamento em ácido acético) em pés de frango obteve Bloom entre 200 e 260g. Bueno *et al.* (2011) obteve Bloom de 202,8g para gelatina de pele de tilápia e 192,3g para

gelatina suína. A gelatina obtida de peles de carpa comum de Silva *et al.* (2011) apresentou Bloom de 240g.

Bandeira (2009) afirma que a força de gel é afetada por vários fatores, entre eles a massa e distribuição molecular, concentração da solução de gelatina, tempo e temperatura de maturação do gel, pH e teor de sal presente na amostra.

A variação de Bloom (184 a 267g) alcançada neste estudo compara a grande aplicação que se pode obter de gelatinas provenientes de pescado. Gelatinas com “médio Bloom” (amostras 3 e 4) são utilizadas em produtos cremosos como sopas, iogurtes e sorvetes, enquanto gelatinas com “alto Bloom” (amostras 1 e 3) são direcionadas à produção de produtos açucarados, flans, alguns derivados do leite e fármacos.

6 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que gelatinas a partir da pele de tilápia obtidas pelos pré-tratamentos realizados neste estudo apresentaram-se de boa qualidade, com Bloom de médio a alto e com alto teor de proteínas (em torno de 80%). A utilização de reagentes pouco concentrados deu origem à produtos com características semelhantes às utilizadas por outros pesquisadores em relação à rendimento, teor de proteínas e Bloom.

Destaca-se também a gelatina extraída apenas em água, a qual apresentou a maior quantidade de proteínas em sua composição e alto Bloom. Apesar de sua aparência opaca, que prejudica seu uso em sobremesas transparentes como açucarados, por exemplo, por outro lado pode ser utilizada em cosméticos, fármacos e sobremesas tipo “flans”.

A alta quantidade de proteínas encontrada nas gelatinas obtidas neste estudo e os bons valores de Bloom demonstra a importância na busca de fontes alternativas que substituam a extração com derivados de mamíferos. Entretanto, os odores residuais indesejados na gelatina são prejudiciais na aceitabilidade sensorial do produto. Deste modo, há a necessidade de realizar um processo de desodorização para eliminação destes odores.

Conclui-se também que o aproveitamento deste subproduto mostra-se uma boa alternativa à indústria de pescado já que as mesmas dão origem a grandes quantidades de peles que, a princípio são apenas consideradas resíduos da produção.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As extrações de gelatina a partir de pele de tilápia desenvolvidas neste estudo, apesar dos métodos demorados e trabalhosos, originaram produtos com ótimas características físico-químicas e de textura, principalmente em relação à proteínas e força de gel (Bloom).

Estes resultados obtidos sugerem a continuidade das pesquisas relacionadas aos pré-tratamentos utilizados. Algumas sugestões podem ser observadas a seguir:

- Realizar a desodorização nas amostras para eliminar odores residuais de ácido e da matéria-prima.
- Realizar um controle de umidade e tempo durante a secagem das amostras para que as mesmas obtenham a mesma porcentagem de água no produto final.
- Realizar estudo em relação à reabsorção de água pelas gelatinas.
- Analisar quimicamente a extração em água.
- Análises microbiológicas para verificar a presença ou ausência de contaminação nas amostras.
- Analisar o tempo de estabilidade das gelatinas até que as mesmas se liquefaçam.
- Realizar testes para aplicação em bioembalagens a partir da gelatina de peixe e outras fontes que estão sendo reavaliadas pelo grupo de estudo envolvido neste trabalho.

8 REFERÊNCIAS

ALFARO, A. T. **Otimização das condições de extração e caracterização da gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis urolepis hornorum*)**. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial). Universidade Federal de Pelotas, 2008.

ALMEIDA, P. F. **Análise da qualidade de gelatina obtida de tarsos de frango e aspectos envolvidos no processo produtivo**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Nove de Julho, 2012.

ANDREUCCETTI, C. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis a base de gelatina, plastificantes hidrofóbicos e surfactantes naturais**. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

ARVANITOYANNIS, I. S. Formation and properties of collagen and gelatin films and coatings. **Protein-based films and coatings**. Boca Raton: CRC Press Lancaster EUA, p. 275-304, 2002.

BANDEIRA, S. F. **Extração e caracterização da gelatina obtida de cabeças de carpa (*Aristichthys mobilis*)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2009.

BERTAN, Larissa Canhadas. **Desenvolvimento de filmes simples e compostos a base de gelatina, ácidos graxos e breu branco**. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BORDIGNON, A. C. **Caracterização da pele e da gelatina extraída de peles congeladas e salgadas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, 2010.

BUENO, C. M. M. **Extração e caracterização de gelatina de pele de tilápia e aplicação como agente encapsulante de óleo de salmão em micropartículas obtidas por coacervação complexa**. Dissertação (Mestre em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

BUENO, C. M.; ALVIM, I. D.; KOBERSTEIN, T. C. R. D.; PORTELLA, M. C.; GROSSO, C. Produção de gelatina de pele de tilápia e sua utilização para obtenção de micropartículas contendo óleo de salmão. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 65-73, 2011.

CAMPOS, D. M. **Produção e caracterização de colágeno tipo I e de compósitos hidroxiapatita-colágeno para regeneração óssea**. Dissertação de Mestrado

(Programa de Pós-Graduação de Engenharia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

CHAVES, M. C.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, C. A.; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco de acerola. **Revista Biologia e Ciência da Terra**, v.4, n.2, 2004.

CHO, S. M.; KWAK, K. S.; PARK, D. C.; GU, Y. S.; JI, C. I.; JANG, D. H.; LEE, Y. B.; KIM, S. B. Processing optimization and functional properties of gelatin from shark (*Isurus oxyrinchus*) cartilage. **Food Hydrocolloids**, v. 18, p. 573-579, 2004.

COLE, C. G. B. **Gelatine Clarity**. Dr. Bernard Cole's Home Page. Disponível em: <http://www.gelatin.co.za/Gelatine%20Clarity..pdf> Acesso em 28 jan. 2014.

DARMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

EASTOE, J. E.; LEACH, A. A. Chemical constitution of gelatin. In: WARD, A. G.; COURTS, A. The science and technology of gelatin. London: Academic Press, 1977. p. 73-108.

FERREIRA, M. F. **Extração e caracterização de gelatina proveniente de subprodutos do frango: pés**. 2013. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

FITZSIMMONS, K. Tilapia: the most important aquaculture species of the 21st century. **Internacional symposium on tilapia aquaculture**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 2000.

FREITAS, D. D. G. C.; RESENDE, A. L. S. S.; FURTADO, A. A. L.; TASHIMA, L.; BECHARA, R. M. The sensory acceptability of a tilapia (*Oreochromis niloticus*) mechanically separated meat-based spread. **Brasilian Journal of Food Technology**, v. 65, n. 6, p. 941-947, 2000.

GALAN, L. G. **Farinha de Carcaça de Tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*) em Dietas para Coelhos: Desempenho, Perfil Lipídico, Composição Química e Resistência Óssea**. Tese (Mestrado em Zootecnia) Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

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

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

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, 4ªEd. São Paulo: IMESP, 2008.

JAMILAH, B.; HARVINDER, K. G. Properties of gelatins from skins of fish – black tilapia (*oreochromis mossambicus* and red tilapia (*Oreochromis nilotica*). **Food Chemistry**. v. 77, p. 81-84, 2002.

JOHNSTON-BANKS, F. A. Gelatin. **Elsevier Applied Science**, p. 233-289, 1983.

JONES, N. R. Uses of gelatin in edible products. In: WARD, A. G.; COURTS, A. The science and technology of gelatin. London: Academic Press, p. 365-394, 1977.

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

LEDWARD, D. A. **Gelation of Gelatin**. In: J. 2. MITCHELL, & D. A. LEDWARD, **Funcional properties of food macromolecules**. London: Academic Press, p. 475-506, 1977.

MPA. **A Pesca no Brasil**. Ministério da Pesca e Aquicultura, 2013.

MPA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura**. Ministério da Pesca e Aquicultura, 2011.

MPA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura Brasil**. Ministério da Pesca e Aquicultura, 2010.

MPA. **Pesca Artesanal**. Ministério da Pesca e Aquicultura, 2011.

OETTERER, M. Produção de silagem a partir de biomassa residual de pescado. **Alimentos e Nutrição**. n.5, p.119-134, 1993.

OGAWA, M; MAIA, E. L. **Manual de Pesca: Ciência e Tecnologia do Pescado**. São Paulo: Livraria Varela, 1999.

ROMAN, J. A. **Isolado proteico de soro de leite e gelatina bovina: caracterização físico-química, nutricional e tecnológica para o desenvolvimento de um produto geleificado**. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 2007.

RUSTAD, T. Utilization of marine by-products. **Eletronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry**, 2 (4), 2003.

SADER, M. S. **Fosfato tricálcico substituído por magnésio e composto magnésio – carbonato apatita – colágeno aniônico como potencial substituto ósseo**. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia

Metalúrgica e de Materiais). Instituto Alberto Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

SANTOS, T. M. **Influência de nanocristais de celulose sobre as propriedades de filmes de gelatin de resíduos de tilápia**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, 2012.

SCHMITZ, V. U.; BANDEIRA, D. F.; ESQUERDO, V. M.; FEISTHER, V. A.; PINTO, L. A. A. Propriedades físicas de gelatina obtidas a partir de cabeças de corvina. **XIX Encontro de Pós-Graduação UFPEL**, 2013 Disponível em: www.ufpel.edu.br/cic/2010/cd/pdf/CA/CA_01545.pdf Acesso em 26 jan. 2014.

SENA, L. A. **Produção e caracterização de compósitos hidroxiapatita-colágeno para aplicações biomédicas**. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Instituto Alberto Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

SHONGCHOTIKUNPAN, P.; TATTIYAKUL, J. SUPAPHOL, P. Extraction and electrospinning of gelatin from fish skin. **International Journal of Biological Macromolecules**. v.42, p.247-255, 2008.

SILVA, R. S. G.; BANDEIRA, S. F.; PETRY, F. C.; PINTO, L. A. A. Extração de gelatina a partir das peles de cabeças de carpa comum. **Ciência Rural**, v. 41, n. 5, p. 904-909, 2011.

SIONKOWSKA, A. The influence of UV light on collagen/poly(ethylene glycol) blends. **Polymer Degradation and Stability**, v. 91, n.2, p. 305-312, 2006.

TACON, A. G. J. Feed Ingredients for carnivorous fish species. Alternatives to fishmeal and other fisheries resources. **FAO Fisheries Circular**. n.881, p. 35, 1994.

TAVAKOLIPOUR, Hamid. Extraction and evaluation of gelatin from silver carp waste. **World Journal of Fish and Marine Sciences**., Sabzevar, v. 3, n. 1, p. 10-15, 2011.

TEIXEIRA, Lilian Viana. Análise Sensorial na Indústria de Alimentos. **Rev. Inst. Latic**. “**Cândido Tostes**”., v.64, n. 366, p.12-21, Jan/Fev, 2009.

TRINDADE, F. **Desenvolvimento de biofilmes de gelatina de pele de pescado e aplicação para conservação de frutas**. Relatório Final de Atividades (Programa Institucional de Iniciação Científica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão, 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**, São José do Rio Preto, 2006. Disponível em: ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/producao_caracterizacao.pdf. Acesso em 27 jan. 2014.