

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CAMPUS CAMPO MOURÃO

BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

WIGOR PEREIRA DE OLIVEIRA

**OTIMIZAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO DA EXTRAÇÃO DE GELATINA OBTIDA
DE COPRODUTOS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO – PR

2018

WIGOR PEREIRA DE OLIVEIRA

**OTIMIZAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO DA EXTRAÇÃO DE GELATINA OBTIDA
DE COPRODUTOS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

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, Câmpus Campo Mourão, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Leila Larisa Medeiros Marques.

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Adriana Aparecida Droval.

CAMPO MOURÃO – PR

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão

Departamento Acadêmico de Alimentos
Engenharia de Alimentos



TERMO DE APROVAÇÃO

OTIMIZAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO DA EXTRAÇÃO DE GELATINA OBTIDA DE
COPRODUTOS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

Por

WIGOR PEREIRA DE OLIVEIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 23 de novembro de 2018, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. O candidato foi arguido pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dr^a. Leila Larisa Medeiros Marques
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Ângela Maria Gozzo
Membro da banca

Prof. Dr. Evandro Bona
Membro da banca

Nota: O documento original e assinado pela banca examinadora encontra-se no Departamento de Engenharia de Alimentos da UTFPR Campus Campo Mourão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente venho agradecer a Deus, por ter vindo ao meu encontro e me fortalecido em momentos de aflição, desespero, solidão e ansiedade onde faltei com esperança, coragem e autoconfiança nas minhas próprias capacitações e anseios, me mantendo firme diante todas as dificuldades e conservando minha serenidade durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais Sonia e Wilson, que por abençoados 36 anos vêm estruturando uma família incrível, não medindo esforços para que eu estivesse aqui finalizando esta conquista, confiando nas melhores noções de caráter e educação que transmitiram à mim no momento em que me permitiram iniciar esta carreira, sempre me incentivando e me encorajando nos momentos de angústia e desânimo.

Ao meu irmão Willian, que mesmo distante fisicamente desde a minha infância sempre foi um modelo de referência para mim, um sinônimo vivo de batalha, determinação, otimismo, simplesmente por ser o pioneiro da minha família ao ir atrás de seus sonhos e representar que qualquer realização está ao nosso alcance.

Ao meu irmão Weslei, que mesmo tendo passado uma vida típica de guerra fraternal ao meu lado a vida toda, se fez ausente na minha essência no momento em que deixamos de conviver diariamente, sendo então estabelecida mutuamente uma bandeira branca cheia de admirações e companheirismo, a qual carrego com orgulho junto das minhas motivações.

À minha avó materna Severina e minha tia Cícera por terem sempre me fornecido apoio e suporte, incentivando e elogiando desde sempre as pequenas conquistas que fui alcançando ao longo da vida.

À minha querida orientadora, Prof.^a Dra. Leila Larisa Medeiros Marques, pela excelente orientação, auxílio, disposição e compreensão durante o desenvolvimento deste trabalho, e também por me fornecer assistência em momentos pessoais como grande amiga que é.

Às técnicas dos laboratórios C004 e C106, e às companheiras de iniciação científica Beatriz e Camila pelo auxílio nos equipamentos e nas análises realizadas.

À equipe do Pesqueiro Belini pelo apoio, incentivo e doação da matéria-prima utilizada no desenvolvimento do trabalho.

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

“Se não estivermos dispostos a pagar um preço por nossos valores, se não estivermos dispostos a fazer alguns sacrifícios para realizá-los, então deveríamos nos perguntar se realmente acreditamos neles.”

Barack Obama

RESUMO

OLIVEIRA, Wigor Pereira de. **Otimização do pré-tratamento da extração de gelatina obtida de coprodutos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2018. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

A aquicultura brasileira gradualmente vem se especializando na criação e na exploração da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) devido às condições de boa adaptação da espécie em diferentes ambientes. Durante o ciclo de produção ocorre uma heterogeneidade no crescimento dos peixes, e esta incoerência com o peso comercial acarreta descartes gerando resíduos que se somam aos coprodutos da filetagem resultando em mais da metade do peso dos animais. Um destes resíduos é a pele de tilápia, que possui alta qualidade nutricional e é uma fonte de obtenção de gelatina, produto comercialmente interessante. Para otimização do processo de extração da gelatina, realizou-se os tratamentos das peles de tilápia para as extrações e avaliações físico-químicas. Por meio do planejamento simplex-centroide e modelo cúbico especial, elaboraram-se permutações entre quatro reagentes nas devidas concentrações: Butanol (15%), Ácido Acético (0,8%), Ácido Clorídrico (0,8%) e Peróxido de Hidrogênio (35%). Foi possível determinar um modelo estatisticamente significativo apenas para lipídios e umidade. Já nas análises de proteínas, cinzas e cor isto não foi possível devido a uma não repetibilidade dos dados nos pontos centrais. A umidade foi verificada abaixo de 9,6% e o valor de cinzas oscilou entre 1,84 a 3,95%. O emprego do butanol conseguiu reduzir a quantidade de lipídeos totais da gelatina em até 0,39%. Os parâmetros L^* e b^* apresentaram certa translúcidez e tendência ao amarelo. A extração nas condições otimizadas foi reproduzida (23,81% de butanol e 76,19% de ácido clorídrico), resultando em uma porcentagem de lipídios coerente com o modelo (0,367%), com solubilidade praticamente total em água (99,7%) e força de gel (*Bloom*) verificada como 353g.

Palavras chave: Extração. Gelatina. Otimização. Tilápia. Coproduto.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Wigor Pereira de. **Optimization of pre-treatment for gelatin extraction obtained from co-products of tilapia (*Oreochromis niloticus*)**. 2018. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

Brazilian aquaculture has gradually been specializing in the creation and exploitation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) due to the conditions of good adaptation of the species in different environments. During the production cycle there is a heterogeneity in fish growth, and this inconsistency with commercial weight leads to discards generating residues that add up to the co-products of filleting, resulting in more than half the animals weight. One of these residues is tilapia skin, which has high nutritional quality and is a source of commercially interesting gelatin. To optimize the gelatin, the treatments of tilapia skins were carried out for extractions and physical-chemical evaluations. By means of the Special Cubic Method and simplex-centroid planning, permutations were performed among four reagents in the appropriate concentrations: Butanol (15%), Acetic Acid (0.8%), Hydrochloric Acid (0.8%) and Hydrogen Peroxide (35%). It was possible to determine a statistically significant model only for lipids and moisture. In the analyzes of proteins, ashes and color this was not possible due to a non-repeatability of the data in the central points. The moisture was verified below 9.6% and the ash value ranged from 1.84 to 3.95%. The use of butanol has been able to reduce the amount of total lipids in gelatine by up to 0.39%. The parameters L * and b * presented a certain translucency and tendency to yellow. The extraction in the optimized conditions was reproduced (23.81% butanol and 76.19% hydrochloric acid), resulting in a lipid percentage consistent with the model (0.367%), with almost total solubility in water (99.7%) and gel strength (Bloom) verified as 353g.

KEYWORDS: Optimization. Extraction. Gelatin. Tilapia. Co-products.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVO	13
2.1. Objetivo geral	13
2.2. Objetivos específicos	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1. Aquicultura e impactos da industrialização do pescado	14
3.2. Do colágeno à gelatina: aplicações.....	18
4. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS.....	23
4.1. Matéria prima	23
4.2. Elaboração da gelatina.....	23
4.3. Composição Centesimal	26
4.3.1. Lipídios	26
4.3.2. Proteínas	27
4.3.3. Umidade	28
4.3.4. Cinzas.....	28
4.4. Cor objetiva	29
4.5. Modelo e análise estatística	29
4.6. Solubilidade.....	29
4.7. Força gel (<i>Bloom</i>).....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
5.1. Lipídios.....	31
5.2. Proteínas.....	35
5.3. Umidade.....	35
5.4. Cinzas	36
5.5. Cor Objetiva	37
5.6. Solubilidade.....	37
5.7. Força de Gel (<i>Bloom</i>).....	39
6. CONCLUSÕES	40
7. SUGESTÕES	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção mundial de pescado, em milhões de toneladas, por setores de pesca e aquicultura.....	14
Figura 2 - Tilápia do Nilo	15
Figura 3 - Lixão municipal da cidade de Bragança – PA.....	17
Figura 4 - Estrutura polipeptídica do colágeno	18
Figura 5 - Fluxograma de obtenção de gelatinas do tipo A e tipo B.	21
Figura 6 - Biofilme aplicado em frutas por pesquisadores da Universidade Federal do Sergipe.	22
Figura 7 - Etapas para obtenção das gelatinas de tilápia.....	23
Figura 8 - Extração da gelatina em banho maria.....	25
Figura 9 - Sobrenadante após gelatinização.	26
Figura 10 - Gelatina seca.	26
Figura 11 - Gráficos de desejabilidade em relação às quantidades de lipídeos por concentração dos reagentes nas soluções de pré-tratamento	34
Figura 12 – Comportamento da gelatina de tilápia em água a 20°C	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tratamentos propostos para otimização da gelatina extraída da pele de Tilápia	24
Tabela 2 - Composição centesimal e cor das gelatinas obtidas pelos diferentes pré-tratamentos.....	32

1. INTRODUÇÃO

Entre os setores de alimentos de origem animal, a produção aquícola é a que mais cresce mundialmente e, na próxima década, deve ultrapassar a produção de bovinos, suínos e frangos. Além de representar renda para parte da população mundial, o pescado constitui importante fonte de nutrientes, principalmente proteica, sendo assim um grande potencial benéfico para a saúde humana (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2014).

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie exótica e, no Brasil, sua criação destaca-se pela disponibilidade de alevinos, pelo domínio das técnicas reprodutivas, pela capacidade de aclimação aos diferentes ambientes de criação, pelos índices zootécnicos adequados e pela aceitação de sua carne pelo mercado consumidor (ARAÚJO, 2009). Estima-se que a produção atual de tilápia no Brasil se aproxime de 210.000 toneladas/ano, o que corresponde a aproximadamente 1 kg per capita/ano (KUBITZA, 2017).

O processo de filetagem gera 60 a 70% do peso bruto do peixe em resíduos orgânicos de alta qualidade nutricional para a obtenção de diferentes subprodutos, alternativas que geram lucros extras para os produtores e reduzem o efeito prejudicial ao meio ambiente (VIDOTTI & GONÇALVES, 2006). Alguns exemplos de coprodutos são as escamas e peles de peixe, que podem ser usadas como fonte alternativa do colágeno tradicionalmente obtido de mamíferos terrestres (CHEN *et al.*, 2015).

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).

O colágeno em sua forma bruta, na forma de fibras ou pó, pode ser submetido à reação de hidrólise, que leva à produção da gelatina (WALRAND *et al.*, 2008; WOLF *et al.*, 2009). A conversão do colágeno em gelatina pode ser obtida por meio da hidrólise resultante do aquecimento do colágeno ou da hidrólise em meio ácido ou alcalino. Gelatinas obtidas por tratamento ácido são designadas do tipo A,

enquanto gelatinas do tipo B são as obtidas por tratamento alcalino (WARDS & COURTS, 1977). O processo produtivo de obtenção da gelatina consiste de três etapas: tratamento da matéria-prima, extração da gelatina e purificação/secagem (KARIM & BHAT, 2008).

A gelatina é um produto produzido a baixo custo e em grande quantidade no Brasil, e é empregada nas indústrias de alimentos com a função de aumentar a estabilidade, a consistência e a elasticidade dos produtos, devendo apresentar boas propriedades reológicas, como força de gel, viscosidade e ponto de fusão (CHOI & REGENSTEIN, 2000; GÓMEZ-GUILLÉN *et al.*, 2002; ALMEIDA *et al.*, 2012).

Existem restrições à gelatina de bovino e suíno em países em que predominam religiões como o judaísmo e o islamismo, que proíbem o consumo de qualquer produto relacionado com carne suína, e os hindus que são proibidos de consumir produtos de origem bovina (KARIM & BHAT, 2008). Também se ressalta a ocorrência frequente da doença Encefalopatia espongiforme bovina (BSE), também conhecida como mal da vaca louca, que tem gerado problemas para a saúde humana. Desta forma, subprodutos de mamíferos estão se limitando quanto a sua utilização em processamento de alimentos, cosméticos e produtos farmacêuticos (CHO *et al.*, 2005).

A obtenção de gelatinas derivadas do pescado é uma opção para prevenir impactos na saúde humana, e danos ambientais causados pelos rejeitos da piscicultura, tendo em vista o aproveitamento e valorização destes resíduos, viabilizando o emprego de uma fonte potencial de gelatina nas indústrias alimentícias, farmacêuticas e cosméticas (ALFARO, 2008).

O presente trabalho teve por objetivo otimizar a extração de gelatina proveniente de peles de tilápia do Nilo. Para isto, foram avaliados diferentes tratamentos para obtenção de gelatina, conforme um planejamento simplex-centroide, que consistiu em permutações entre quatro reagentes: Butanol, Ácido Acético, Ácido Clorídrico e Peróxido de Hidrogênio. Modelos cúbicos especiais foram aplicados para avaliar o comportamento das variáveis dependentes proteínas, lipídeos, umidade, cinzas e cor. Após a otimização das condições de extração usando os modelos ajustados, foram repetidas as análises, e adicionadas outras como de força gel (*Bloom*) e solubilidade para a amostra otimizada.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo foi a otimização da extração de gelatina obtida de coproduto de tilápia em função de um baixo teor lipídico e alto teor proteico, verificando-se também o comportamento da coloração e umidades e cinzas de acordo com a legislação.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

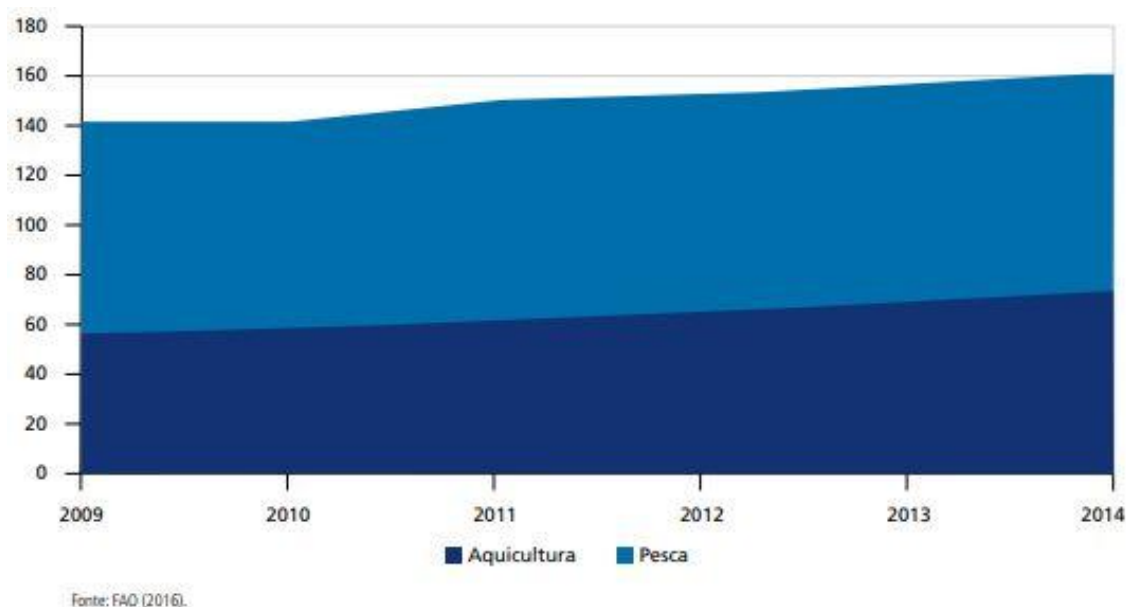
- Obtenção e preparação das peles de tilápia para posterior extração.
- Aplicação de um planejamento experimental para otimizar o pré tratamento ácido das peles para extração das gelatinas.
- Realizar os pré tratamentos conforme o planejamento experimental e obter as amostras seguindo a metodologia de extração.
- Definição das variáveis respostas do delineamento estatístico para obtenção do melhor método extrativo, sendo realizadas então as análises de lipídeos, proteínas, umidade, cinzas e cor das gelatinas extraídas.
- Repetição das caracterizações anteriores e determinar propriedades adicionais como força gel (*Bloom*) e solubilidade para a extração otimizada pelo planejamento experimental.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. AQUICULTURA E IMPACTOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO DO PESCADO

As estimativas apontam que a aquicultura será o setor produtor de alimentos que mais crescerá no mundo. Essa atividade produtiva é praticada em vários países, sendo uma importante fonte de renda e de proteína animal, com papel relevante na segurança alimentar (FAO, 2011). A publicação bianual *The State of World Fisheries and Aquaculture* (FAO, 2016) evidencia o crescimento da aquicultura, que já representa 73,8 milhões de toneladas de pescado no mundo em 2014, sendo a China o maior produtor mundial, com mais de 45 milhões de toneladas ao ano, ou seja, em torno de 44% da produção mundial de pescado é originada da produção em cativeiro (Figura 1).

Figura 1 - Produção mundial de pescado, em milhões de toneladas, por setores de pesca e aquicultura.



Fonte: Food and Agriculture Organization, 2016.

A produção aquícola global em 2016 foi de 110,2 milhões de ton, com valor de primeira venda estimado em US\$ 243,5 bilhões. A produção total incluiu 80,0 milhões de ton de pescado alimentar em cativeiro (US\$ 231,6 bilhões) e 30,1 milhões de ton de plantas aquáticas (US\$ 11,7 bilhões) bem como 37900 ton de produtos não alimentares (US\$ 214,6 milhões). A contribuição da aquicultura

para a produção global de pescados aumentou continuamente, atingindo 46,8% em 2016, acima dos 25,7% impostos em 2000 (FAO, 2018).

O Brasil possui grande potencial para a aquicultura por conta das suas condições naturais, pelo clima favorável e sua matriz energética. Este potencial está relacionado à sua extensão costeira de mais de oito mil quilômetros, à sua zona econômica exclusiva de 3,5 milhões de km² e à sua dimensão territorial, que dispõe de, aproximadamente, 13% da água doce renovável do planeta (ROCHA *et al.*, 2013).

Devido às condições de boa adaptação a diferentes ambientes, a produção brasileira vem se especializando na criação e na exploração da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Figura 2), transformando-a na principal espécie aquícola. O foco industrial da tilapicultura começou na década de 1990, com o estado do Paraná como pioneiro. Os primeiros frigoríficos dedicados exclusivamente ao processamento da tilápia surgiram no oeste paranaense, particularmente nos municípios de Toledo e de Assis Chateaubriand (KUBITZA, 2003). Assim, não tardou para que o Paraná se tornasse o maior estado produtor de tilápia, segundo o IBGE, com 63 mil toneladas produzidas em 2015 (IBGE, 2016).

Figura 2 - Tilápia do Nilo



Fonte: Página da Revista Pesca Esportiva, 2016. ¹

¹: Disponível em: <<http://revistapesca.com.br/invasao-de-tilapia-do-nilo-ameaca-peixes-no-igarape-da-fortaleza-no-ap/>> Acesso em: 02/11/2018.

Atualmente o Brasil entrou para o seleto grupo dos quatro maiores produtores de tilápia do mundo, atrás apenas de China, Indonésia e Egito. Um levantamento exclusivo mostrou uma produção de 357 mil toneladas em 2017, valor que representa 51% da produção total da piscicultura nacional, onde cerca de 100 mil toneladas/ano são correspondentes unicamente ao estado do Paraná (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCILTURA, 2018).

Como atual produtor paranaense de destaque, temos a recente unidade abatedora de peixes da cooperativa agroindustrial C.Vale, segunda maior do Brasil, inaugurada em 20 de outubro de 2017, com capacidade inicial para processar 75 mil tilápias/dia e um planejamento que prevê uma ampliação do processamento em até 600 mil tilápias/dia, sendo que o peso médio de cada animal previsto é 850 gramas, sendo aguardado então um salto nos dados produtivos pelos próximos anos (COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL C.VALE, 2017).

Sobre a qualidade no beneficiamento de peixes, é necessário um manuseio correto desde a pesca até o abate e o processamento, bem como durante a estocagem e a comercialização (MACEDO-VIÉGAS & SOUZA, 2004). Em virtude da falta de conhecimento e da ausência de assistência técnica, surgem problemas de manejo, como o excesso ou falta de ração, doenças, maior mortalidade, problemas de higiene, entre outros (SIDONIO *et al.*, 2012).

Com o aumento dos processos de industrialização de peixes nos últimos anos, a geração de resíduos ao longo da cadeia produtiva do pescado, que engloba resíduos desde a produção do peixe até a comercialização do produto final, vem aumentando. Durante a produção, em razão da heterogeneidade de crescimento dos peixes, no momento da classificação e despesca, por não atingirem o peso comercial, podem ser descartados, e estes animais acabam sendo eliminados, conseqüentemente, gerando resíduos (VIDOTTI & GONÇALVES, 2006). Ainda segundo Boscolo *et al.* (2001) e Boscolo (2003), o volume de descarte pelo processo de filetagem de tilápias chega a 65% da matéria-prima, compreendendo como resíduos do processamento de peixes as peles, cabeças, nadadeiras e vísceras.

Assim como em outros setores de produção, é comum o descarte inadequado desses resíduos e a conseqüente ocorrência de problemas ambientais. Como exemplo, Alencar *et al.* (2013) realizaram um estudo dos impactos ambientais causados pela indústria pesqueira em Bragança – PA, que quando não despeja os

resíduos no principal rio da cidade, o Rio Caeté, os envia para o lixão municipal (Figura 3) localizado nas proximidades da nascente principal do igarapé do Rocha, um riacho que drena três comunidades rurais, onde o odor é intenso em decorrência da decomposição orgânica e acaba trazendo infestações de pragas e vetores, como urubus.

Ainda de acordo com Alencar *et al.* (2013), estudos locais já indicavam que tais cursos hídricos estão sofrendo processo de contaminação por consequência da proximidade com o lixão o qual influi negativamente na qualidade da água subterrânea e superficial, por meio da percolação do chorume, gerando consequências drásticas para o meio ambiente e saúde humana.

Figura 3 - Lixão municipal da cidade de Bragança – PA



Fonte: Alencar *et al.* (2013).

Esses resíduos representam uma grande fonte proteica. A pele apresenta 35% de proteínas, sendo 34% de proteínas fibrosas e 1% globulares. Dentre as fibrosas, estão o colágeno, a elastina e a reticulina; e entre as globulares, as globulinas e albuminas (solúveis em meio aquoso). As fibras colágenas representam 99% das proteínas fibrosas da pele (HOINACKI *et al.*, 1989).

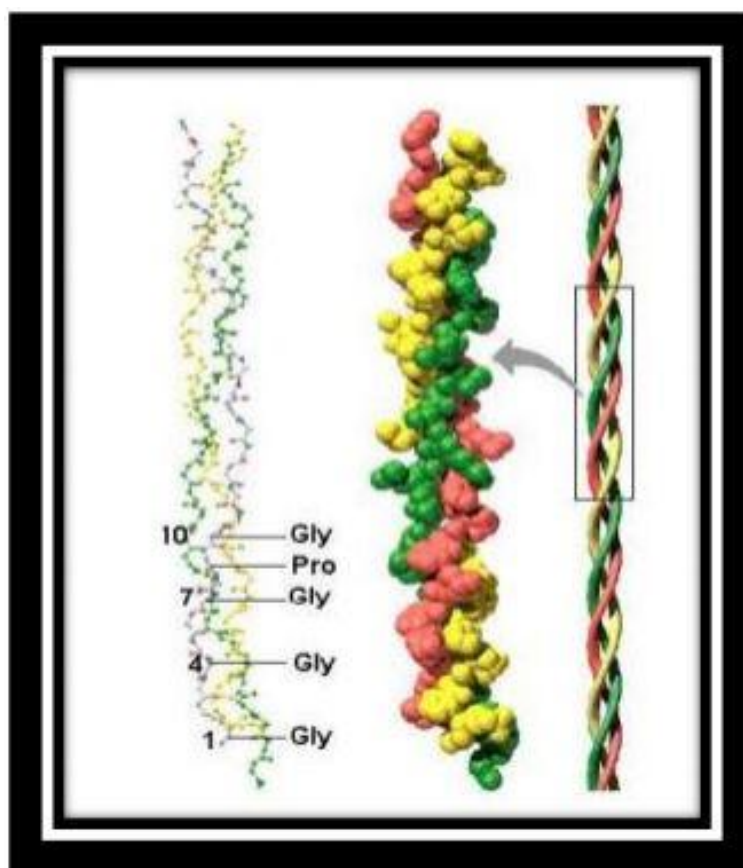
Logo, vários subprodutos podem ser obtidos a partir de rejeitos de pele de tilápia como, por exemplo, hidrolisados proteicos, extração de gelatina e colágeno,

reduzindo os problemas ambientais e aumentando o faturamento das empresas (SILVA *et al.*, 2011).

3.2. DO COLÁGENO À GELATINA: APLICAÇÕES

O colágeno é uma proteína estrutural e constitui cerca de 30% das proteínas dos vertebrados. A molécula de colágeno (Figura 4) 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).

Figura 4 - Estrutura polipeptídica do colágeno



Fonte: NELSON & COX (2002).

Em quase todas as moléculas de colágeno, um terço é composto pelo aminoácido glicina e a sequência glicina-prolina-hidroxiprolina é repetida com muita frequência. Além disso, o colágeno contém dois aminoácidos que são encontrados

em poucas proteínas: a 4-hidroxi prolina e a 5-hidroxi lisina (ROSS & ROWRELL, 1993).

A unidade básica do colágeno é o tropocolágeno que é formado por três cadeias de polipeptídeos que se entrelaçam em formato helicoidal formando uma molécula linear com 180nm de comprimento, 1,4 a 1,5nm de largura e massa molar de 360.000Da. As moléculas de tropocolágeno são estabilizadas pelas interações hidrofóbicas e eletrostáticas (TORLEY *et al.*, 2000).

Uma desnaturação térmica promove a degradação química e física das fibras proteicas insolúveis do colágeno, envolvendo a ruptura das estruturas de tripla-hélices e transformando a estrutura em cadeias proteicas mais simples, que são a gelatina (BATISTA, 2004).

Sendo então a gelatina uma proteína derivada da hidrólise parcial do colágeno, a própria pode resultar em três vias: formar três cadeias α independentes, formar uma cadeia β e uma α , ou apenas uma cadeia γ . A principal diferença entre as formas α , β e γ da gelatina é a massa molar. Para a forma α , a massa varia de 80 a 125 kDa, para a β , de 160 a 250 kDa e a forma γ apresenta a massa molar de 250 a 375 kDa. As maiores massas molares usualmente são características de melhores preparações, pois possuem maior aplicabilidade do ponto de fusão e força de gel (KARIM & BHAT, 2008).

Quando uma solução de gelatina é resfriada, ela retoma a estrutura de tripla-hélice característica do colágeno, formando um hidrogel. Isso ocorre porque, as moléculas de água se posicionam nos interstícios e ocorre a formação de ligações de hidrogênio com os grupamentos CO e NH (KAMATH & PARK, 1993).

A seleção do pH do processo de pré tratamento para conversão do colágeno em gelatina é feita visando maximizar a taxa de extração e a manutenção das propriedades físicas. O processo promove alterações químicas (reações hidrolíticas) no colágeno e o processo térmico tem a função de romper as ligações que mantém a estrutura fibrilar do colágeno. Depois deste processo, as fibras ficam entumecidas e a coesão interna se reduz, possibilitando a ruptura de certas ligações peptídicas e a introdução de novos grupos iônicos nas moléculas. Alguns grupos específicos se rompem, dando lugar à hidrólise das ligações cruzadas (despolimerização) que mantém as unidades de tropocolágeno. Assim, as ligações

intramoleculares são mantidas nas unidades básicas e o produto solubiliza-se facilmente em água (OCKERMAN & HANSEN, 1994).

Dependendo do método que o colágeno foi pré-tratado, dois diferentes tipos de gelatina podem ser produzidos, cada uma com diferentes características: gelatina do tipo A é produzida por tratamento ácido do colágeno; e a gelatina do tipo B é produzida a partir de tratamento alcalino do colágeno (STAINSBY, 1987).

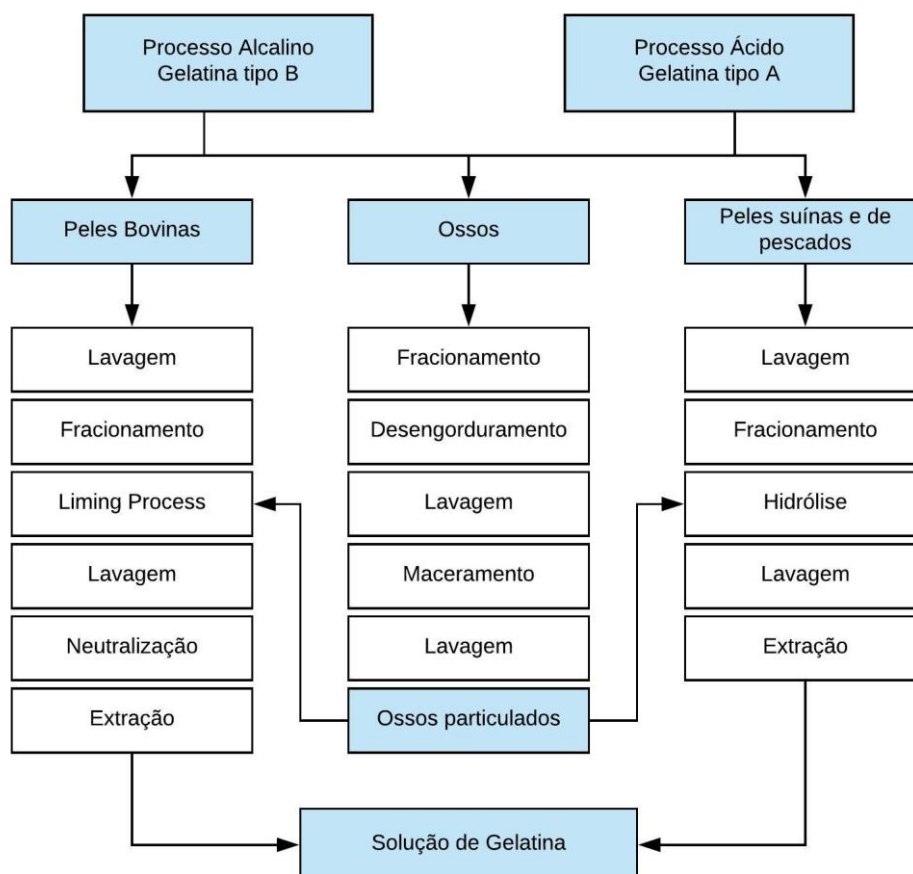
A gelatina A é proveniente de animais mais jovens, e da classe de suínos e pescados (HINTERWALDNER, 1977), cujas peles não possuem tantas ligações químicas, então um tratamento ácido em menor tempo é suficiente para que o colágeno possa ser diluído em água quente, processo em que o material é acidificado para coagulação de proteínas não colagenosas e mucoproteínas do tecido, neutralizando assim o excesso de ácido do meio (JOHNS & COURTS, 1977; COLE, 2014). A gelatina B é oriunda da extração de peles e ossos bovinos, e de fontes de colágeno de animais relativamente velhos (HINTERWALDNER, 1977). Neste processo, as matérias-primas são tratadas durante um período de até três meses com hidróxido de cálcio saturado (*liming process*), que é trocado várias vezes durante o período. Ao passar por este processo, as ligações do colágeno vão sendo parcialmente separadas e qualquer proteína não-colagênica ou outras substâncias são eliminadas (JOHNS & COURTS, 1977). A figura 5 esquematiza os dois tipos de processos.

A gelatina tem como características peculiares o alto conteúdo de glicina, hidroxiprolina e prolina e a deficiência em aminoácidos sulfurados. Não é uma proteína completa, pois o aminoácido essencial triptofano não está presente. Ainda assim, é um produto nutricionalmente interessante, podendo ser empregado como suplemento proteico quando associado a outras proteínas, além de ser um ingrediente muito procurado na obtenção de produtos dietéticos, de baixa caloria, sem colesterol e gordura reduzida (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2011).

Sua propriedade de formar géis termicamente reversíveis garante uma infinidade de aplicações fundamentais em diversos produtos do ramo alimentício, farmacêutico e técnico tais como: espessante, estabilizante, protetor coloidal, emulsificante, agente espumante/aerador, clarificante de bebidas. Os usos farmacêuticos da gelatina são diversos tais como: cápsulas duras, cápsulas moles,

veículos para princípios ativos, drageamento e microencapsulação de vitaminas, óleos e corantes (SEBIO, 2003).

Figura 5 - Fluxograma de obtenção de gelatinas do tipo A e tipo B.



Fonte: Adaptado de Hinterwaldner, 1977 e Johns & Courts, 1977.

Almeida (2016) verificou a viabilidade da aplicação de gelatina de pés de frango em *spread* de chocolate como substituto parcial de gordura, analisando os efeitos nas propriedades físico-químicas e reológicas, vida de prateleira, custos e propriedades sensoriais do produto final. Os dados das formulações demonstraram que tanto o nível de substituição de gordura quanto a concentração de gelatina exerceram efeito significativo sobre a cor, volume, densidade e reologia. A gelatina contribuiu no aumento do teor proteico das formulações. As formulações com 75% de substituição de gordura, seguidas pelas formulações de 50% de substituição com gelatina à 0,8% (ponto central) apresentou-se com maior aceitabilidade na análise sensorial. Com o máximo de substituição de gordura chegou-se a 53% de redução

de custos. Por fim, concluiu-se que a aplicação da gelatina foi vantajosa por contribuir para formulações de *spreads* menos calóricos e com propriedades físico-químicas e sensoriais adequadas para comercialização.

Existem ainda estudos sobre filmes à base de gelatina (Figura 6). Estes apresentam considerável qualidade por conta de suas propriedades mecânicas (resistência e flexibilidade) e sua alta permeabilidade ao vapor de água devido à natureza hidrofílica da proteína, favorecendo desta forma a ligação com a água. A adição de um composto hidrofóbico pode reduzir a difusividade de moléculas de água provendo melhores propriedades de barreira. Dessa forma, muitas coberturas e filmes atualmente são produzidos através da combinação dos mesmos (BERTAN, 2003; WOLF, 2007).

Figura 6 - Biofilme aplicado em frutas por pesquisadores da Universidade Federal do Sergipe.



Fonte: CONFAP, 2015.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. MATÉRIA PRIMA

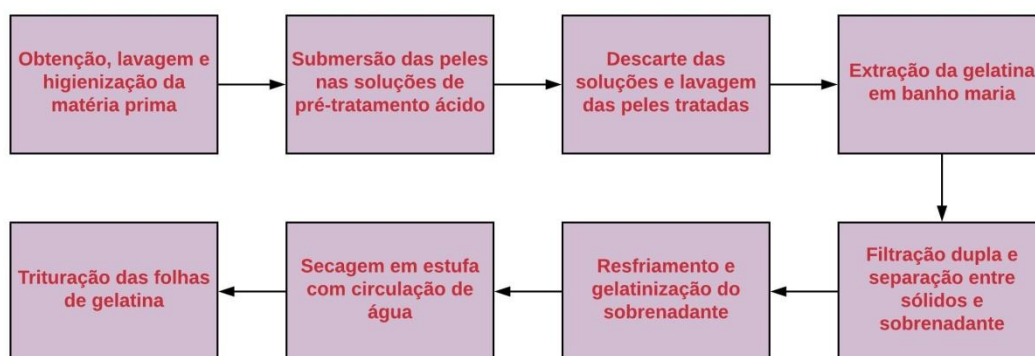
As peles de tilápia (*Oreochromis niloticus*) foram gentilmente cedidas pelo Pesqueiro Belini, localizado no município de Peabiru, Paraná, certificando-se de que estavam frescas no momento da coleta. As peles foram transportadas até o laboratório de tecnologia de carnes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Campo Mourão, onde foram congeladas, a fim de manter sua qualidade.

As peles eram recebidas com um conteúdo considerável de vísceras e ossos, sendo estes descartados por meio de uma higienização com lavagens de água e remoção das barbatanas e resquícios de carne.

4.2. EXTRAÇÃO DA GELATINA

O fluxograma da Figura 7 resume as etapas do processo de obtenção da gelatina de tilápia

Figura 7 - Etapas para obtenção das gelatinas de tilápia.



Fonte: elaborado pelo autor.

O processo de extração e secagem da gelatina seguiu a metodologia sugerida por Molinari (2014), com modificações. Os reagentes utilizados foram peróxido de hidrogênio 35% (H_2O_2), butanol 15% (C_4H_9OH), ácido clorídrico (HCl) e ácido acético (CH_3COOH) 0,8%. A proporção em que cada reagente foi distribuído para cada tratamento é demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Tratamentos propostos para otimização da gelatina extraída da pele de Tilápia

Tratamentos	C ₄ H ₉ OH (Butanol)	H ₂ O ₂ (Peróxido de hidrogênio)	CH ₃ COOH (Ácido acético)	HCl (Ácido clorídrico)
1	1,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	1,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	1,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	1,00
5	0,50	0,50	0,00	0,00
6	0,50	0,00	0,50	0,00
7	0,50	0,00	0,00	0,50
8	0,00	0,50	0,50	0,00
9	0,00	0,50	0,00	0,50
10	0,00	0,00	0,50	0,50
11	0,33	0,33	0,33	0,00
12	0,33	0,33	0,00	0,33
13	0,33	0,00	0,33	0,33
14	0,00	0,33	0,33	0,33
15	0,25	0,25	0,25	0,25
15-1	0,25	0,25	0,25	0,25
15-2	0,25	0,25	0,25	0,25

Para cada tratamento da Tabela 1, pesaram-se 250g de pele com escamas em um béquer de 1L, utilizando-se balança analítica (Marte AD500). Em seguida, as peles foram submersas em 500 mL de suas respectivas misturas de reagentes por um período de 6 horas. Após este intervalo, as misturas foram descartadas corretamente enquanto as peles então tratadas foram separadas em peneira de aço inox e lavadas em água corrente.

Para os processos de extração, 340 mL de água foram adicionados em béqueres de 1L contendo as porções de peles tratadas e então seguiram para

banho termostático com agitação (Solab 51-155/28) por mais 6 horas, sob uma temperatura de 65°C (Figura 8).

Figura 8 - Extração da gelatina em banho maria.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao final das etapas de extração, separaram-se os sólidos do sobrenadante por um processo de dupla filtragem, utilizando peneiras e tecido. Os sobrenadantes foram recolhidos em recipientes plásticos identificados de acordo com a composição do tratamento empregado (Tabela 1), foram cobertos com plástico filme e levados para geladeira para o processo de gelatinização.

Após 12 horas, as gelatinas foram cortadas e colocadas em formas de silicone (Figura 9), e seguiram para secagem em estufa com circulação de ar (Nova ética 400/8D) a 65 °C por mais 24 horas (Figura 10). Ao fim deste período, as gelatinas secas foram trituradas a mão (permanecendo em flocos médios) e submetidas às análises de proteínas, lipídeos, umidade, cinzas e cor, em triplicata.

Figura 9 - Sobrenadante após gelatinização.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 10 - Gelatina seca.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.3. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

As quatro metodologias empregadas aqui seguiram os Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz.

4.3.1. Lipídios

A composição de lipídeos presente nas amostras de gelatina foi estabelecida pelo método de Soxhlet (ADOLFO LUTZ, 2008). As extrações ocorreram no aparelho extrator tipo Soxhlet (Marconi MA 044/5/50) durante 6 a 8 horas, sob 90 °C, utilizando-se hexano como solvente.

Inicialmente, o balão de fundo chato foi aquecido a 105°C para eliminação de umidade e pesado vazio. Pesou-se então de 2 a 5 g da amostra de gelatina em um cartucho de Soxhlet, que em seguida foi transferido para o aparelho extrator tipo Soxhlet para início da extração. Ao finalizar-se o processo, foi recuperado o solvente, e o balão agora com o resíduo extraído seguiu para resfriamento em dessecador até a temperatura ambiente, sendo pesado logo em seguida. A equação 1 representa o cálculo do percentual de lipídeos.

$$\% \text{ lipídeos} = \frac{100 \cdot N}{P} \quad \text{EQUAÇÃO 1}$$

Onde:

N = massa de lipídios

P = massa da amostra

4.3.2. Proteínas

Pelo método de MicroKjeldahl (ADOLFO LUTZ, 2008), a amostra de gelatina foi decomposta usando-se bloco digestor (Tecnal 040122), à uma temperatura de 400°C, com ácido sulfúrico concentrado, juntamente a uma mistura catalítica de sulfato de sódio, sulfato de cobre e selênio para acelerar a oxidação da matéria orgânica em CO₂ e H₂O e a conversão do nitrogênio em amônia. O gás amônia ficou agregado na solução receptora (ácido bórico) após seu recolhimento por pelo destilador de nitrogênio (Tecnal TE-0363). Por fim, essa solução receptora foi titulada com ácido clorídrico, e o percentual de proteínas foi determinado pela equação 2.

$$\% \text{ Proteínas} = \frac{V \cdot fc \cdot 0,0014 \cdot F \cdot 100}{P} \quad \text{EQUAÇÃO 2}$$

Onde:

V = volume em mililitros da solução de ácido clorídrico gasto na titulação

P = massa da amostra em gramas

F = fator de conversão da relação nitrogênio/proteína (para gelatina, segundo o MAPA, $F = 5,55$)

f_c = fator de correção da solução de ácido clorídrico 0,1 M;

Foram feitas modificações na concentração da solução de hidróxido de sódio utilizada na destilação devido à capacidade do destilador de nitrogênio disponível.

4.3.3. Umidade

A umidade das gelatinas de tilápia foi determinada pelo método gravimétrico (ADOLFO LUTZ, 2008), que é baseado na determinação da perda de peso decorrente da água removida de uma amostra submetida a aquecimento (MORETTO *et al.*, 2008). Pesaram-se cerca de 2 g das amostras de gelatina em cadinhos de porcelana, previamente tarados. A secagem em estufa (Cinelab TLK-48) ocorreu a 105°C durante aproximadamente 4 horas (quando atingia massa constante) e o resfriamento foi realizado em dessecador, sendo por fim pesado novamente. A equação 3 demonstra o cálculo do percentual de umidade.

$$\% \text{ Umidade} = \frac{100 \cdot N}{P} \quad \text{EQUAÇÃO 3}$$

Onde:

N = perda de massa da amostra

P = massa da amostra

4.3.4. Cinzas

A determinação da cinza fornece apenas uma indicação da riqueza da amostra em elementos minerais (SILVA, 1990). A quantificação de cinzas das gelatinas foi realizada a partir do aquecimento e incineração das amostras (ADOLFO LUTZ, 2008) advindas das análises de umidade, que ocorreram em mufla (Fornitec Coel) a 550°C durante 4 horas, até a obtenção de cinzas levemente acinzentadas, cujo percentual foi calculado de acordo com a equação 4.

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{100 \cdot N}{P} \quad \text{EQUAÇÃO 4}$$

Onde:

N = massa das cinzas em gramas

P = massa da amostra em gramas

4.4. COR OBJETIVA

Para a análise colorimétrica das gelatinas, foi utilizado o colorímetro Mini Scan® (EZ HunterLAB). As amostras foram colocadas de forma lisa e homogênea em um recipiente de forma a não permitir a entrada de luz, que poderia interferir no resultado. Foram determinados os parâmetros L^* , que diz respeito a opacidade e luminosidade refletida pela matéria em análise, e b^* que representa uma medida da tendência ao amarelo ou ao azul.

4.5. MODELO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi utilizado o modelo cúbico especial no planejamento experimental e para a determinação das variáveis respostas foi utilizado o planejamento simplex-centroide ($2^p - 1$) com quatro componentes e duas repetições no ponto central. As avaliações foram desenvolvidas no software Statistica 13.0 (NETO *et al.*, 2010).

4.6. SOLUBILIDADE

Tradicionalmente a dissolução é feita em duas etapas: primeiro a gelatina é inchada em água fria, para só então ser solubilizada em água a 50 - 60 °C. Esse método é normalmente chamado de método indireto, usado principalmente nos casos em que as partículas de gelatina são muito pequenas, pois elas possuem maior tendência de aglomerar, uma vez que as partículas inchadas se incorporam às partículas secas para evitar o molhamento e quando isso acontece. Porém, quando a gelatina passa pela etapa de inchamento em água fria antes da solubilização, a superfície não fica tão grudenta, o que evita a agregação (SCHRIEBER & GAREIS, 2007). Outra metodologia também é comumente empregada e é conhecida como método direto, em que a gelatina é solubilizada em água a 80 °C sem a etapa prévia de inchamento (BARCELLOS, 2012).

O percentual de matéria solúvel em água neste trabalho foi calculado conforme método descrito por Cuq *et al.* (1997), com adaptações, a fim de se analisar a solubilidade da amostra de gelatina reproduzida a partir das condições otimizadas com base nos modelos empíricos ajustados. Inicialmente, a amostra seca de gelatina foi triturada em moinho de facas (Marconi MA 048) para atingir a consistência de pó, e em triplicatas foram pesados cerca de 1g e anotado a massa inicial. Posteriormente, foram imersas em 50 mL de água destilada e submetidas a banho termostático com agitação suave, durante uma hora a 50 °C. Ao final, as amostras foram filtradas com uso de bomba a vácuo (Tecnal TE-0581) sobre papel filtro, e então levadas para estufa para secagem, por 8 horas a 105 °C, determinando-se por fim a massa final. O percentual de solubilidade é dado pela equação 5. A análise foi realizada também com gelatinas comerciais de marcas A e B.

$$\text{Solubilidade (\%)} = \frac{m_{\text{inicial}} - m_{\text{final}}}{m_{\text{inicial}}} \cdot 100 \quad \text{EQUAÇÃO 5}$$

4.7. FORÇA GEL (*BLOOM*)

A medida da força de gel foi aplicada na amostra extraída a partir da otimização garantida pelo modelo matemático. Baseando-se na metodologia descrita por Bueno (2008), foram preparadas soluções (triplicata) a partir da gelatina em pó a 6,67% (p/p) com água destilada, e mantidas em banho maria a 60°C por duas horas para completa dissolução. As amostras então seguiram para gelatinização a 10°C em geladeira por 18 horas. Por fim, as amostras foram levadas para um texturômetro (TA-XT, Express Enhanced, Stable Micro Systems) onde se procedeu a análise de força de gel.

A força de gel é um parâmetro comercial muito importante para a gelatina, pois essa propriedade é fundamental para determinação da aplicação final. A maioria das gelatinas comerciais varia de 100 g a 300 g (KARIM & BHAT, 2008). O *Bloom* está relacionado à elasticidade mecânica do gel e é usado para classificar os tipos de gelatina: baixo *Bloom*, (força de gel < 120 g); médio *Bloom* (força de gel entre 120 g e 200 g); e alto *Bloom* (força de gel > 200 g) (BORDIGNON, 2010).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos para a composição centesimal dos tratamentos realizados estão expressos na Tabela 2.

Amostras de gelatina com peso molecular médio inferior a 20 kDa não formam géis, independentemente da concentração utilizada (FENNEMA *et al.*, 2010). Neste trabalho, o tratamento 1 não gelatinizou possivelmente em decorrência da grande quantidade de butanol utilizada, que pode ter ocasionado uma extração muito agressiva que hidrolisou as cadeias de gelatina em tamanhos ainda menores que as do tipo α , resultando em um peso molecular muito baixo.

5.1. LIPÍDIOS

Quando as gelatinas são extraídas de peles de tilápia, as mesmas apresentam alto teor de lipídios em sua composição devido ao fato de que a matéria-prima conta com a presença significativa de ácidos graxos das séries *n*-3 e *n*-6 (MENEZES & LIRA, 2008).

A redução do teor de lipídeos em gelatinas é vantajosa, pois melhoram suas características estruturais e reduz a ocorrência de oxidação lipídica (WOLF, 2007). Uma vez que a matéria-prima é considerada com altos teores de gordura, procuram-se soluções para reduzir o conteúdo de lipídios da gelatina. Para isso, neste trabalho foi utilizado o solvente butanol, como previsto por Yan *et al.* (2015).

Por meio do método dos mínimos quadrados, foi encontrado o modelo que representa o percentual de lipídios na amostra em função da composição das misturas, e então realizado a ANOVA para analisar a qualidade do modelo. O P_{reg} foi igual a 0,00095 ($P_{reg} < 0,05$), obtendo-se um modelo estatisticamente significativo; P_{Lf} foi igual a 0,2017, o que indica que não houve falta de ajuste; $R^2_{ajustado}$ foi igual a 97,24%, sinalizando um excelente ajuste em que o modelo consegue se ajustar a amostragem e explicar os valores observados; e o erro padrão foi baixo (0,0013). Desta forma, foi possível realizar uma otimização pelo software para indicar a melhor proporção de reagentes para reduzir o percentual lipídico. Como todas as interações foram significativas, o modelo ficou representado pela equação 6.

Tabela 2 - Composição centesimal e cor das gelatinas obtidas pelos diferentes pré-tratamentos.

Tratamentos	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Proteínas (%)	Cor (L*)	Cor (b*)
1	*	*	*	*	*	*
2	4,82 ± 0,002	3,39 ± 0,005	0,86 ± 0,001	81,07 ± 0,091	69,503 ± 0,502	23,547 ± 0,641
3	9,41 ± 0,004	3,95 ± 0,001	0,50 ± 0,001	79,4 ± 0,095	74,117 ± 0,891	28,710 ± 0,326
4	5,17 ± 0,003	2,07 ± 0,003	2,68 ± 0,001	74,76 ± 0,060	75,223 ± 0,455	28,903 ± 0,727
5	4,66 ± 0,005	2,16 ± 0,001	0,80 ± 0,00	83,69 ± 0,061	75,513 ± 0,195	19,947 ± 0,075
6	4,40 ± 0,002	2,60 ± 0,002	0,49 ± 0,001	76,96 ± 0,026	73,307 ± 0,306	24,643 ± 0,153
7	4,12 ± 0,003	3,67 ± 0,002	0,45 ± 0,002	80,10 ± 0,071	67,407 ± 0,379	27,907 ± 0,784
8	8,13 ± 0,002	2,28 ± 0,005	2,38 ± 0,002	75,960 ± 0,045	86,033 ± 0,208	19,023 ± 0,075
9	9,61 ± 0,003	2,39 ± 0,002	1,23 ± 0,001	89,79 ± 0,023	68,943 ± 0,820	24,140 ± 0,493
10	5,34 ± 0,026	2,21 ± 0,002	1,35 ± 0,001	83,71 ± 0,024	70,000 ± 0,303	20,127 ± 1,028
11	6,85 ± 0,002	1,84 ± 0,003	0,57 ± 0,001	73,53 ± 0,088	79,680 ± 0,113	20,490 ± 0,078
12	8,06 ± 0,008	3,85 ± 0,002	0,39 ± 0,002	86,970 ± 0,108	71,420 ± 0,320	27,660 ± 0,082
13	4,84 ± 0,008	2,50 ± 0,001	0,53 ± 0,001	78,26 ± 0,032	71,020 ± 0,376	25,200 ± 0,082
14	6,15 ± 0,003	2,28 ± 0,005	2,78 ± 0,005	75,20 ± 0,010	84,257 ± 0,509	21,540 ± 0,809
15-0	5,07 ± 0,011	2,33 ± 0,001	1,24 ± 0,003	69,53 ± 0,070	80,620 ± 0,975	22,900 ± 0,202
15-1	6,76 ± 0,009	3,76 ± 0,005	1,36 ± 0,004	76,84 ± 0,154	72,553 ± 0,081	24,590 ± 0,087
15-2	6,75 ± 0,001	3,67 ± 0,002	1,24 ± 0,002	89,53 ± 0,057	70,377 ± 0,115	18,470 ± 0,044

* Não foi possível determinar estas análises, pois a amostra de gelatina não gelatinizou.

EQUAÇÃO 6

$$y = 0,0789x_1 + 0,0086x_2 + 0,0041x_3 + 0,0259x_4 - 0,1431x_1x_2 - 0,1466x_1x_3 - 0,1922x_1x_4 + 0,0694x_2x_3 - 0,0204x_2x_4 + 0,1680x_1x_2x_4 + 0,1949x_1x_3x_4 + 0,2718x_2x_3x_4$$

Onde:

x_1 , x_2 , x_3 e x_4 representam os quatro componentes apresentados na Tabela 2, respectivamente Butanol, Peróxido de Hidrogênio, Ácido Acético e Ácido Clorídrico.

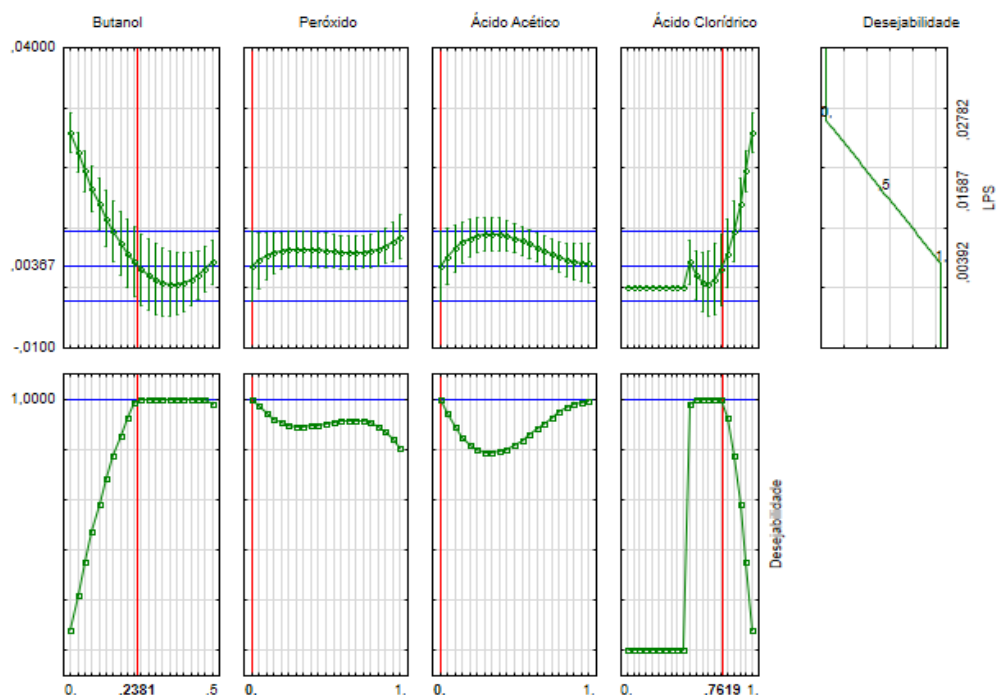
Segundo o modelo, a combinação de reagentes que possui maior eficiência na redução do percentual lipídico é uma mistura binária entre Butanol e Ácido Clorídrico (x_1 e x_4), cuja combinação possui o menor coeficiente negativo da equação 6.

De acordo com o gráfico de desejabilidade para lipídios (Figura 11), a linha vermelha significa o ponto da combinação entre reagentes em uma mistura (concentração) que resulta em um menor teor lipídico da amostra. A partir dos resultados de lipídios obtidos pelos tratamentos realizados, o modelo matemático indicou que a melhor combinação de reagentes para reduzir o percentual lipídico seria 23,81% de butanol e 76,19% de ácido clorídrico, e esta mistura resultaria em um teor lipídico mínimo de 0,367%. A amostra otimizada pelo modelo foi reproduzida em laboratório e confirmou-se sua coerência de teor de lipídios com o resultado previsto pelo modelo.

Com os tratamentos realizados foi possível analisar a redução de lipídeos com a utilização de até 50% de butanol sobre a mistura, pois o tratamento 1 que previa a utilização de 100% de butanol não formou gelatina. O tratamento 12 alcançou o menor teor de lipídeo (0,39%) e no tratamento 14 notou-se alto teor de lipídeo, 2,78%, o qual não previa butanol na mistura. Os tratamentos 9 e 10 diferem do 12 e 14, por exemplo, devido ao ácido clorídrico que está mais concentrado nos tratamentos 9 e 10, que consistiam-se de misturas binárias e possuíram portanto um teor lipídico menor (1,23 - 1,35%) que o tratamento 14, uma mistura ternária, uma vez que ácidos inorgânicos auxiliam na extração por serem mais fortes do que ácidos orgânicos. O ácido clorídrico se ioniza completamente em água, o que o

difere do ácido acético que possui ionização parcial em meio aquoso (KOTZ *et al.*, 2009). Porém ácidos inorgânicos não possuem o mesmo impacto que os solventes alcoólicos, como verificado no tratamento 12, que mesmo tratando-se de uma mistura ternária, obteve o menor conteúdo lipídico em decorrência da presença de butanol na mistura.

Figura 11 - Gráficos de desejabilidade em relação às quantidades de lipídeos por concentração dos reagentes nas soluções de pré-tratamento



Fonte: Elaborado pelo autor.

Devido a intensidade de lavagem no recebimento das peles e na lavagem após pré-tratamento, parte da gordura das peles foram visivelmente carregadas durante o processo. Alfaro (2008) obteve teor de 0,25% de gordura em amostras de gelatina a partir da pele de tilápia e destaca também que banhos sucessivos anteriores às extrações acabam sendo eficientes na remoção do conteúdo lipídico das peles de tilápia. Molinari (2013) obteve valores baixos de lipídios para gelatinas de tilápia sob pré-tratamento de soluções de Ácido Clorídrico e Ácido Acético (0,43% e 0,35%) e um valor alto para extração em água sem pré-tratamento (3,79%).

5.2. PROTEÍNAS

Para análise de proteínas, não houve uma repetibilidade no ponto central do planejamento mostrado na Tabela 2, sendo verificado um intervalo entre 69% e 89%, o que não gerou um modelo estatisticamente significativo ($P_{reg} > 0,05$), inviabilizando a otimização e a análise da desejabilidade em função do conteúdo proteico. Logo, não é possível confirmar que a variação do teor de proteínas se deve unicamente à ação dos reagentes.

No procedimento de quantificação de proteínas houve diferentes soluções utilizadas na determinação desses pontos, o que pode ter ocasionado o erro, porém acredita-se também que devido a etapa do tratamento ser manual e com intervalos grandes de procedimento, não foi possível um acompanhamento rigoroso para garantir a padronização dessas etapas. Outro ponto a ser analisado é a matéria-prima, uma vez que a porcentagem de extração de conteúdos proteicos depende de fatores como alimentação, qualidade da água e no manuseio pré-abate (OGAWA, 1999). Entretanto, todos os valores de proteínas obtidos já foram relatados por autores. Gelatinas obtidas a partir de pés de frango utilizando pré-tratamentos semelhantes aos utilizados no presente estudo, realizados por Ferreira (2013), apresentaram de 67,5 a 69,9% de proteínas. Alfaro (2008) obteve gelatinas de pele de tilápia com 81,16% de proteínas e Bordignon (2010) com 84,47 e 85,65%.

5.3. UMIDADE

Pela análise da ANOVA, foi obtido um modelo estatisticamente significativo para o conteúdo de umidade ($P_{reg} < 0,05$), porém não existe um interesse em otimizar a gelatina em função de umidade neste trabalho, uma vez que os valores obtidos são seguros e não acarretam problemas, sendo simplesmente usados para conferência com a legislação vigente.

O teor de umidade em gelatinas comerciais geralmente está entre 9 e 14% (COLE, 2014), portanto os tratamentos 3 e 9 possuem conteúdos aceitáveis para o produto, mesmo tendo sido aqueles do planejamento com os maiores teores de umidade. Os demais tratamentos apresentaram valores inferiores ao comum, o que é uma característica desejável para o não desenvolvimento de microrganismos, sendo a menor porcentagem obtida de 4,12% pelo tratamento 7.

O crescimento dos microrganismos depende da atividade de água, em razão da influência da pressão osmótica sobre as trocas através das membranas. O intervalo da atividade de água no qual são observados os desenvolvimentos microbianos, varia de 0,60 a 0,99 (SANTIN, 1996). Os valores encontrados neste trabalho foram suficientemente baixos quando comparados ao valor de umidade de 12% obtido por Trindade (2010) que também extraiu gelatinas da tilápia do Nilo para desenvolvimento de biofilmes. Houve maior coerência com os resultados obtidos por Molinari (2013), que obteve entre 5,34% e 9,54%.

O diferencial de umidade entre os demais tratamentos realizados pode ser justificado pela variação no tempo de secagem das mesmas após a etapa de extração por conta de técnica ou falha do operador; pelo fato de terem sido utilizados dois tipos de formas de silicone na etapa de secagem (com diâmetros e superfícies diferentes) (sendo então recomendado realizar a secagem da maneira como ocorre na indústria, monitorando-se o próprio teor de umidade para que não ajam diferenças, ao invés de estabelecer um tempo, que age de maneira diferente sobre superfícies de secagem diferentes); e/ou em função da quantidade de água corrente acumulada na pele durante a lavagem entre o tratamento e a extração.

5.4. CINZAS

A não repetibilidade dos valores de cinzas nos pontos centrais do planejamento não permitiu que fosse obtido um modelo estatisticamente significativo ($P_{reg} > 0,05$).

O teor máximo de cinzas recomendado para gelatinas é de 2,6% (JONES, 1977). 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 (CHO *et al.*, 2004).

As amostras variam em relação à determinação de cinzas, variando entre 1,84 e 3,95% conforme mostrado na Tabela 2. Os valores altos de cinzas, que ultrapassam o teor máximo estabelecido, estão relacionados com a quantidade de escama presente na pele no momento da extração. Uma metodologia de correção deste valor seria incluir a etapa de desmineralização antes da extração de gelatina

oriundas de escamas de tilápia do Nilo, como relatado por Martins *et al.* (2015), que conseguiu reduzir os teores de cinzas de suas extrações de 30,45% para 5,39%. Bordignon (2010) encontrou valores de cinzas entre 2,37 e 2,51%, a partir da mesma matéria-prima.

5.5. COR OBJETIVA

Não houve repetibilidade dos valores determinados nos pontos centrais da Tabela 2 do planejamento, nem para o parâmetro L^* nem para o parâmetro b^* , e desta forma não foi possível obter um modelo estatisticamente significativo ($P_{reg} > 0,05$).

Os parâmetros L^* e b^* quantificam o potencial translúcido o tom amarelo. A análise de cor objetiva não foi coerente com os resultados esperados, pois foi empregado o peróxido de hidrogênio para clarificação e não se observou essa clarificação de forma gradativa com a concentração. O peróxido de hidrogênio é um produto GRAS utilizado como agente de branqueamento em alimentos desde 1979 (FDA, 2015).

A utilização do peróxido de hidrogênio neste trabalho tinha a intenção de promover o clareamento da gelatina para proporcionar um aumento de sua aplicabilidade. A coloração da gelatina não influencia nas suas propriedades funcionais (SCHMITZ *et al.*, 2013). Por outro lado, a clareza da gelatina é uma propriedade desejável, sua turbidez pode ser importante, dependendo da sua aplicação, produtos claros exigirão gelatinas mais claras e transparentes (COLE, 2014). Porém, não foi possível comprovar sua função, pois não se obteve uma relação linear entre o aumento de concentração do H_2O_2 com o aumento na luminosidade (L^*). O parâmetro b^* significa o quanto a amostra analisada tende ao amarelo ou ao azul, e todas as amostras tenderam ao amarelo.

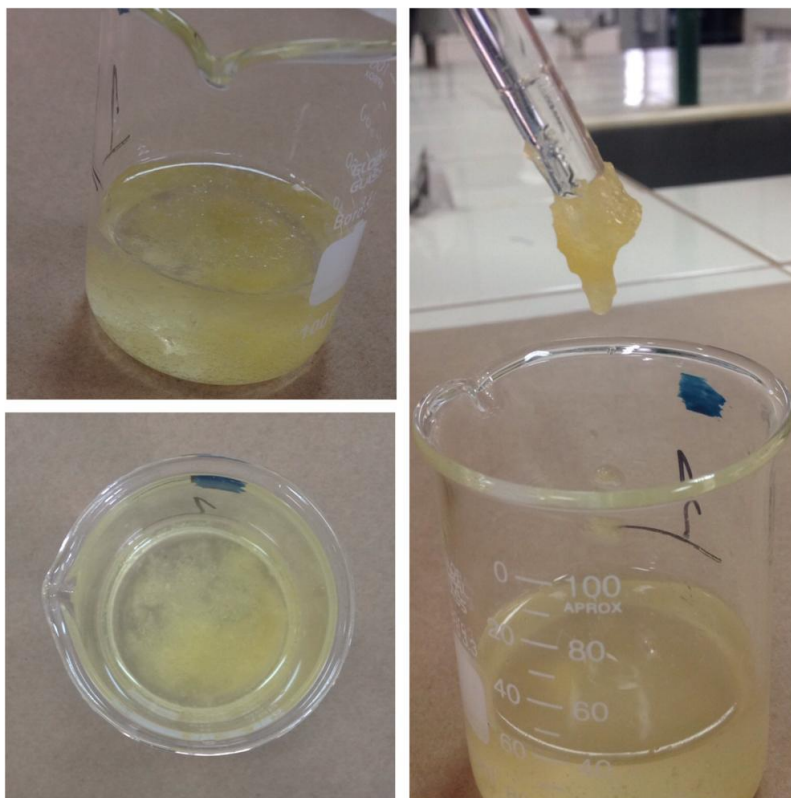
5.6. SOLUBILIDADE

A metodologia aplicada neste trabalho se enquadra na descrição de método indireto, uma vez que a amostra de gelatina de tilápia foi submersa em água destilada a 20°C, e colocada sob um banho maria de 50° C, fazendo com que a

temperatura do meio se elevasse aos poucos até que se equilibrasse com a temperatura externa.

Mesmo tendo sido utilizado o método indireto na amostra de gelatina de tilápia em análise, que estava na forma em pó, foi presenciado uma aglomeração das partículas em água a 20°C, conforme mostrado na figura 12, sendo observado também seu aspecto pegajoso ao se aderirem facilmente no bastão de vidro. O fenômeno deveria ter sido impedido, mas provavelmente seja necessária uma temperatura bem mais baixa, não especificada pelos autores anteriores, para impedir este fenômeno.

Figura 12 – Comportamento da gelatina de tilápia em água a 20°C



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda assim, não houve dificuldade na solubilização completa das partículas de gelatina, visto que ao final a amostra de gelatina apresentou um percentual de 99,7% de solubilidade em água, valor semelhante ao obtido de gelatinas comerciais dos fabricantes A e B, que também foram submetidas ao mesmo teste, e obtiveram os valores de 99,5% e 99,8%, respectivamente.

5.7. FORÇA DE GEL (*BLOOM*)

Foi determinada a força de gel da amostra otimizada, que resultou em 353g, classificado como alto *Bloom*. Gelatinas de alto *bloom* oferecem mais vantagens para boa parte das aplicações, por exemplo, as que envolvem altos pontos de fusão e solidificação. Permite também um tempo mais curto de secagem para o produto final, sendo usada em quantidades menores (KARIM & BHAT, 2008). Zhou *et al.* (2006) e Songchotikunpan *et al.* (2008) extraíram gelatina da pele de tilápia, com forças de gel de 273 ± 4 g e 328 ± 9 g, respectivamente.

6. CONCLUSÕES

Concluiu-se que a utilização do solvente butanol para redução de lipídios foi eficaz, permitindo que por meio do gráfico de desejabilidade gerado pela análise estatística fosse obtida a condição ideal a ser reproduzida como um novo tratamento, que consistia em uma mistura 23,81% de butanol e 76,19% de ácido clorídrico. A reprodução laboratorial deste novo tratamento foi coerente com o modelo matemático, que resultava no teor lipídico mínimo de 0,367%, finalizando neste ponto então a otimização da extração de gelatina de tilápia.

Sobre as caracterizações da extração otimizada, verificou-se que a gelatina possui solubilidade em água satisfatória e em nível de gelatinas comerciais, e que sua força de gel (*Bloom*) é alta e oferece grandes vantagens em aplicações que trabalham com altos pontos de fusão e solidificação.

As determinações de umidade e cinzas, de forma geral, permaneceram dentro do estipulado pelas suas respectivas legislações, assim como os resultados para proteínas, mesmo apresentando um comportamento não linear, permaneceram dentro dos valores já atingidos por extrações de outros autores.

A utilização do peróxido não influenciou nos resultados de composição centesimal, portanto sua aplicação deve ocorrer individualmente após a extração da gelatina com base na concentração permitida em legislações.

7. SUGESTÕES

Sugere-se uma uniformização na etapa de tratamento das peles de tilápia para corrigir algumas interferências nas variáveis respostas. Por exemplo, após concessão das peles pelo pesqueiro e antes do congelamento, procurar separar as vísceras sem a etapa de lavagem. Outra sugestão é padronizar uma quantidade fixa de água para lavagem das peles após o pré-tratamento ao invés de realizar uma lavagem em água corrente. Um volume de água variável empregado durante o processo pode interferir tanto nas determinações de umidade quanto na determinação de lipídeos, visto que parte da gordura é visivelmente arrastada durante as lavagens, interferindo na interpretação da ação dos reagentes estudados. Ainda para a umidade, recomenda-se realizar a secagem das gelatinas em formas de superfícies iguais e de mesmo tamanho, para que as superfícies de contato com o ar quente sejam iguais.

Outro detalhe importante é procurar adquirir do pesqueiro toda a matéria prima necessária para o estudo de uma única vez, garantindo que as peles sejam todas de animais que foram criados no mesmo ciclo de vida, com alimentação e fases de crescimento regulares, visto que estes são fatores que interferem no teor proteico extraído. A fim de também evitar erros na análise de proteínas, sugere-se a elaboração de uma única solução para cada reagente utilizado pelo método de MicroKjeldahl. Ressaltar também um controle rigoroso quanto à padronização dos tempos empregados nos processos ligados diretamente a extração, como tempo de submersão nos pré-tratamentos e de aquecimento em banho-maria.

Para a análise de cinzas, aplicar previamente uma metodologia de desmineralização para corrigir e neutralizar o conteúdo de cinzas existente nas escamas das peles de peixe que acaba sendo extraído junto das gelatinas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, A. P. M., MOREIRA A. M., MENDONÇA, M. S., PADILHA, I. S. **Impactos ambientais causados pelo beneficiamento do pescado da indústria pesqueira em Bragança-PA**. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Salvador – BA, 2013.

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. **Aplicação de gelatina obtida de subproduto animal como substituto parcial de gordura em spread de chocolate**. 236p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2016.

ALMEIDA, P. F.; VANALLE, R. M.; SANTANA, J. C. C. Produção de Gelatina: Uma perspectiva competitiva para a cadeia produtiva de frango de corte. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 14, n.1, p.63-76, 2012.

ARAÚJO, D. M. **Fontes de lipídeos poliinsaturados na nutrição e saúde da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 80p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu - SP, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA. **Anuário: PeixeBR da piscicultura**, 2018.

BARCELLOS, J. R. R. **Otimização do Processo de Purificação da Glicerina da Cadeia Produtiva de Biodiesel para Produção de Biofilmes**. Tese de Doutorado, Instituto Militar de Engenharia, IME, Rio de Janeiro, Brasil, 2012.

BATISTA, J. A. **Desenvolvimento, Caracterização e Aplicações de Biofilmes a Base de Pectina, Gelatina e Ácidos Graxos em Bananas e Sementes de Brócolos**. 140p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2004.

BERTAN, L. C. **Desenvolvimento e Caracterização de Filmes Simples e Compostos à base de Gelatina, Ácidos Graxos e Breu Branco**. 159 p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2003.

BORDIGNON, A. C. **Caracterização da pele e da gelatina extraída de peles congeladas e salgadas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 114 p.

Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, 2010.

BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; FURUYA, W. M.; MEURER, F. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases iniciais e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1391-1396, 2001.

BOSCOLO, W. R. **Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápia na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2003. 83 f. Tese de Doutorado. (Pós-graduação em Zootecnia), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2003.

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**. 133 p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2008.

CAMPOS, D. M. **Produção e caracterização de colágeno tipo I e de compósitos hidroxiapatita-colágeno para regeneração óssea**. 128 p. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação de Engenharia) – Faculdade de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2008.

CHEN, J.; LI, L.; YI, R.; XU N.; GAO R.; HONG B. **Extraction and characterization of acid-soluble collagen from scales and skin of tilapia (*Oreochromis niloticus*)**. Elsevier: The Third Institute of Oceanography of the State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China, 2015.

CHO, S. M.; GU, Y. S.; KIM, S. B. Extracting optimization and physical properties of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin compared to mammalian gelatins. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 221–229, 2005.

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.

CHOI, S. S.; REGENSTEIN, J. M. Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin. **Journal of Food Science**, v.65, p.194-199, 2000.

COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL C.VALE. **C.Vale amplia negócios com abatedouro de R\$ 110 milhões**. Portal de notícias C.Vale, 2017. Disponível em: <<http://www.cvale.com.br/noticia.php?id=2564>> Acessado em: 06/12/2018.

COLE, C. G. B. **Gelatine Clarity**. Dr. Bernard Cole's Home Page. 2014. Disponível em: <<http://www.gelatin.co.za/Gelatine%20Clarity.pdf>> . Acessado em: 27 de Outubro de 2018.

CONFAP – Conselho Nacional das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa. **Pesquisa: frutas podem durar mais com biofilmes comestíveis**. Publicado em 7 de julho de 2015. Disponível em: <<http://confap.org.br/news/pesquisa-frutas-podem-durar-mais-com-biofilmes-comestiveis/>>. Acessado em: 02 de novembro de 2018.

CUQ, B.; GONTARD, N.; CUQ J.; GUILBERT S. Selected Functional Properties of Fish Myofibrillar Protein-Based Films As Affected by Hydrophilic Plasticizers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n.3, p.622-626, 1997.

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

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

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **Global aquaculture production statistics**. Rome: FAO, 256 p., 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>>. Acessado em: 27 de outubro de 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **The state of world fisheries and aquaculture: meeting the sustainable development goals**. Rome: FAO, 227 p., 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges**. Rome: FAO, 243 p., 2016.

FOOD AND DRUGS ADMINISTRATION – FDA. **Select Committee on GRAS Substances (SCOGS) opinion: hydrogen peroxide**. Silver Spring: FDA, 2015.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Artigo Especial: A Gelatina e seus Benefícios para a Saúde Humana. **Revista Food Ingredients Brasil** n.18 - Junho/Julho/Agosto, 2011.

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; TURNAY, J.; FERNÁNDEZ-DÍAS, 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.

HINTERWALDNER, R. **Raw materials**. In: A. G. WARD; A. COURTS (Eds.), *The science and technology of gelatin*. London. Academic Press, p. 295– 314, 1977.

HOINACKI, E.; MOREIRA, M. V.; KIEFER, C. G. **Manual básico de processamento de couro**. Estância Velha: SENAI/RS, 1989.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa pecuária municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estatistica/>>. Acesso em: 06 dez. 2018.

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

JOHNS, P; COURTS, A. **Relationship between collagen and gelatin.** In A. G. WARD; A. COURTS (Eds.), *The science and technology of gelatin.* London. Academic Press, p. 138–177, 1977.

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.

KAMATH, K. R.; PARK, K. Biodegradable Hydrogels in Drug Delivery. **Advanced Drug Delivery Reviews.** v. 11, p. 59-84, 1993.

KARIM, A. A.; BHAT, R. Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. **Food Hydrocolloids,** v.23, n.3, p.563-576, 2008.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P.; WEAVER, G. C. **Química geral e reações químicas.** Vol. 1. 158p – 163. 6 ed. Cenage Learning, São Paulo – SP, 2009.

KUBITZA, F. A evolução da tilapicultura no Brasil: produção e mercado. **Panorama da Aquicultura,** Rio de Janeiro, v. 13, n. 76, mar./abr. 2003.

KUBITZA, F. **Entrevista: Dr. Fernando Kubitza – A produção de tilápia no Brasil.** Portal Matsuda, 18 de maio de 2017. Disponível em: <<http://www.matsuda.com.br/Matsuda/Web/Entrevistas/detalhe.aspx?idnot=H12101114130328&lang=pt-BR>>. Acessado em: 27 de outubro de 2018.

MACEDO-VIÉGAS, E. M.; SOUZA, M. L. R. **Pré-processamento e conservação do pescado produzido em piscicultura.** In: CYRINO, J. E. P. *et al.* Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. Campo Belo: TecArt, p.405-480, 2004.

MARTINS, M. E. O.; CLAUDINO, R. L.; MORAIS, J. P. S.; CASSALES, A. R.; ALEXANDRE, L. C.; SOUZA, B. W. S. ; ALCÂNTARA, L. O.; SOUSA, J. R.; SOUZA FILHO, M. S. M. **Obtenção de Gelatina a partir de Escama de Tilápia (*Oreochromis niloticus*): Características Químicas e Físico-químicas.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Agroindústria Tropical Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Fortaleza, CE. 2015

MENEZES, M. E. DA. S.; LIRA G. M. Composição centesimal, colesterol e perfil de ácidos graxos dos peixes tainha (*Mugil cephalus*) e camurim (*Centropomus undecimalis*) da Lagoa Mundaú - AL. **Revista do Instituto Adolfo Lutz.** v. 67, p. 89-95. 2008.

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

MORETTO, E.; FETT, R.; GONZAGA, L. V.; KUSKOSKI, E. M. **Introdução à ciência de alimentos**. 237 p. 2ª Ed. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis - SC, 2008.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger: Princípios de Bioquímica**. 3ª edição. Editora Sarvier, São Paulo - SP, Brasil. ISBN: 85-7378-125-4. 2002.

NETO, B. B.; BRUNS, R. E.; SCARMINIO, I. S. **Pesquisa e desenvolvimento na Ciência e na Indústria: Como fazer experimentos**. 4 ed. Porto alegre: Bookman. 2010.

OCKERMAN H. W.; HANSEN C. L. **Industrialización de subproductos de origen animal**. Zaragoza: Acribia. 1994.

OGAWA, M. **Manual de pesca**. São Paulo: Livraria Varela, 1999.

ROCHA C. M. C.; RESENDE E. K.; ROUTLEDGE E. A. B.; LUNDSTEDT L. M. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Embrapa - Pesquisa agropecuária brasileira**, v.48, n.8, p. IV - VI, Brasília – DF, 2013.

ROSS, M. H.; ROWRELL, L. J. **Histologia: texto e atlas**. 2ª ed. São Paulo: Panamericana, 1993.

SANTIN, A. P. **Estudo da secagem da inativação de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*)**. Dissertação Mestrado. 150p. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 1996.

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. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS, 2013.

SCHRIEBER, R.; GAREIS, H. **Gelatin Handbook**, Weinheim, Germany, Wiley VCH. 2007.

SEBIO, L. **Desenvolvimento de plástico biodegradável a base de amido de milho e gelatina pelo processo de extrusão: Avaliação das propriedades mecânicas, térmicas e de barreira**. 179p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2003.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI I.; CAPANEMA L.; MORCH R.; MAGALHÃES G.; LIMA J.; BURNS V.; JÚNIOR A. J. A.; MUNGIOLI R. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. **Banco Nacional do Desenvolvimento – BNDES**. Setorial 35, p.421 – 463, 2012.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 166 p. 2ª ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1990.

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.

STAINSBY, G. **Gelatin gels**. In A. M. PEARSON, T. R. DUTSON, & A. J. BAILEY (Eds.), *Collagen as food. Advances in meat research*, New York: Van Nostrand Reinhold Company, Inc. 4: 209–222, 1987.

SONGCHOTIKUNPAN, P.; TATTIYAKUL, J.; SUPAPHOL, P. Extraction and electrospinning of gelatin from fish skin. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 42, p. 247255, 2008.

TORLEY P. J.; D'ARCY B. R.; TROUT G. R. The effect of ionic strength, polyphosphates type, pH, cooking temperature and preblending on the functional properties of normal and pale, soft, exudative (PSE) pork. **Meat Science**. v. 55, p. 51-6, 2000.

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 - 2006. Disponível em: <<http://www.pesca.sp.gov.br>>. Acessado em: 28 de outubro de 2018.

WALRAND S.; CHIOTELLI E.; NOIRT F.; MWEWA S.; LASSEL T. Consumption of a functional fermented milk containing collagen hydrolysate improves the concentration of collagen-specific amino acids in plasma. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.56, p. 154 – 159, 2008.

WARDS, A. G.; COURTS, A. **The science and technology of gelatin**. 580 p. New York: Academic, 1977.

WAY, D. V. **Estudo da Reação de Produção de Partículas de Gelatina para Aplicação na Liberação Controlada de Doxiciclina**. Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Química. Rio de Janeiro - RJ, 2013.

WOLF, Kleber Luís. **Propriedades físico-químicas e mecânicas de biofilmes elaborados a partir de fibra e pó de colágeno**. 101 p. Dissertação (mestrado) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto – SP, 2007.

WOLF, K. L.; SOBRAL, P. J. A.; TELIS, V. R. N. Physicochemical characterization of collagen fibers and collagen powder for self-composite film production. **Food Hydrocolloids**. v. 23, n. 7, p. 1886-1894, Oxford: Elsevier B. V., 2009.

YAN, M.; QIN, S.; LI, J. Study on the self-assembly property of type I collagen prepared from tilapia (*Oreochromis niloticus*) skin by different extraction methods.

International Journal of Food Science and Technology. v. 50, p. 2088–2096, 2015.

ZHOU P.; MULVANEY J. S.; REGENSTEIN M. J. Properties of Alaska Pollock Skin Gelatin: a comparison with Tilapia and Pork Skin Gelatins. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 6, 2006.