



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
ESCOLA DE QUÍMICA E ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E
CIÊNCIA DE ALIMENTOS**

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA OBTIDA DE CABEÇAS
DE CARPA (*Aristichthys mobilis*)**

SIDNEY FERNANDES BANDEIRA

Prof. Dr. Luiz Antonio de Almeida Pinto

ORIENTADOR

RIO GRANDE, RS

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
ESCOLA DE QUÍMICA E ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE
ALIMENTOS**

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA OBTIDA DE CABEÇAS
DE CARPA (*Aristichthys mobilis*)**

Eng. de Alimentos Sidney Fernandes Bandeira

Dissertação apresentada para
obtenção do título de Mestre em
Engenharia e Ciência de Alimentos

Prof. Dr. Luiz Antonio de Almeida Pinto

Orientador

RIO GRANDE, RS

2009

À minha mãe, Maria lêda,
pelo constante incentivo, pelo amor e
por estar ao meu lado, sempre,
a minha eterna gratidão!

Aos meus irmãos, Shirlene, Shirley,
Efraim, Lena, Lêda e Júnior, pela
paciência, incentivo e carinho.

Aos amigos

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus

Pela saúde, oportunidades e por estar sempre presente em minha vida.

A minha família

Pelo carinho, apoio e compreensão pela minha ausência. Devo tudo a vocês.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Luiz Antonio de Almeida Pinto

Agradeço pelo incentivo, confiança, amizade e oportunidade de realizar esse trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Operações Unitárias

Por fazerem parte da minha história de vida, pelo companheirismo, ajuda e amizade.

Aos estagiários Fabiane, Giovany, Marcel e Rosieli

Pela colaboração na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Mário Chin

Pelo apoio na busca da matéria-prima utilizada

Ao Sr. Sigmar Cher

Por ter fornecido as cabeças de carpa

Ao Prof. Dr. Carlos Prentice-Hernández

Pela disponibilidade da estrutura laboratorial.

Aos amigos do LTA

Especialmente ao Wiliam pelo apoio e colaboração nas análises.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação

Pelos conhecimentos e aprendizados passados.

Aos técnicos de Laboratório, Jaques, Maria e Sabrine

Pelo apoio e disposição em ajudar.

À Universidade Federal do Rio Grande

Pela formação profissional.

Ao Governo Federal, representado pela CAPES

Pela bolsa de estudos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	iv
NOMENCLATURA.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 OBJETIVOS.....	03
2.1 Objetivo Geral.....	03
2.2 Objetivos Específicos.....	03
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
3.1 Cultivo de Pescados.....	04
3.2 Carpa.....	05
3.3 Resíduos da Industrialização de Pescados.....	07
3.4 Colágeno.....	10
3.5 Gelatina.....	13
3.5.1 Processos de extração.....	14
3.5.2 Aplicações.....	16
3.5.3 Indicativos de qualidade.....	17
3.6 Gelatina de Pescado.....	19
3.6.1 Extração da gelatina de pescado.....	22
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1 Amostra.....	25
4.1.1 Preparo da amostra.....	25

4.2 Extração da Gelatina.....	26
4.2.1 Extração da gelatina da fração de peles/músculos das cabeças de carpa.....	26
4.2.2 Extração da gelatina da fração óssea das cabeças de carpa	27
4.3 Composição Química da Amostra.....	29
4.4 Caracterização das Soluções de Gelatina.....	29
4.4.1 Cálculo do rendimento.....	29
4.4.2 Determinação do pH.....	30
4.4.3 Força do gel.....	30
4.4.4 Viscosidade.....	30
4.4.5 Determinação do ponto de fusão.....	31
4.4.6 Propriedades de espuma.....	32
4.4.7 Propriedades de emulsificação.....	32
4.5 Análise Estatística.....	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5.1 Composição Centesimal.....	34
5.2 Cálculo do Rendimento e Determinação do pH.....	35
5.3 Determinação da Força do Gel.....	38
5.4 Determinação da Viscosidade.....	41
5.5 Ponto de Fusão.....	42
5.6 Propriedades Emulsificantes e de Espuma.....	45
6 CONCLUSÃO.....	48
6.1 Sugestões para Trabalhos Futuros.....	49
7 REFERÊNCIAS.....	50
ANEXOS.....	60

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Carpa cabeça grande (<i>Aristichthys nobilis</i>).....	07
Figura 2: Estrutura química do colágeno do tipo I.....	13
Figura 3: Fluxograma da extração de gelatina de pele/músculos das cabeças de carpa.....	26
Figura 4: Fluxograma da extração de gelatina de ossos das cabeças de carpa.....	28
Figura 5: Determinação da força do gel de gelatina, maturada a $7 \pm 1^\circ\text{C}$ por 18 ± 1 h, obtida a partir da fração (a) peles/músculos e (b) primeira extração da fração óssea.....	38
Figura 6: Resultados para força do gel das soluções dos diferentes tipos de gelatina extraídas das cabeças de carpa.....	39
Figura 7: Resultados para viscosidade das soluções dos diferentes tipos de gelatina extraídas das cabeças de carpa.....	41
Figura 8: Ponto de fusão das soluções dos diferentes tipos de gelatina extraídas das cabeças de carpa.....	43
Figura 9: Capacidade de emulsificação da GP, GO1, GO2, GO3 e GO4.....	45
Figura 10: Capacidade de formação de espuma para GP, GO1, GO2, GO3 e GO4.....	46
Figura 11: Gráficos obtidos na análise de força do gel das gelatinas (maturada a $7 \pm 1^\circ\text{C}$ por 18 ± 1 h) obtidas a partir da fração óssea das cabeças de carpa: (a) segunda extração; (b) terceira extração; (c) quarta extração.....	60

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1: Exemplos da literatura para o aproveitamento de resíduos da industrialização de pescados.....	09
Tabela 2: Classificação do colágeno.....	12
Tabela 3: Composição centesimal das cabeças de carpa <i>in natura</i> e dos ossos da cabeça após a extração da gelatina da fração peles/músculos.....	34
Tabela 4: Valores da temperatura, pH e tempo de extração e resultados obtidos para o rendimento e pH das soluções de gelatina.....	36

NOMENCLATURA

Rend	Rendimeto em gelatina	[%]
C_{gelatina}	Concentração da solução de gelatina	[g/mL]
$V_{\text{solução}}$	Volume da solução de gelatina extraída	[mL]
$M_{\text{cabeças}}$	Massa da matéria-prima	[g]
μ	Viscosidade	[cP]
t	Tempo de escoamento	[s]
K	Constante viscosimétrica	[cSt/s]
ρ	Densidade da solução de gelatina	[g/mL]
CFE	Capacidade de formação de espuma	[%]
V_T	Volume total após homogeneização	[mL]
V_o	Volume inicial antes da homogeneização	[mL]
CE	Capacidade emulsificante	[%]
V_e	Volume da porção emulsionada	[mL]
V_t	Volume inicial	[mL]

RESUMO

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA OBTIDA DE CABEÇAS DE CARPA (*Aristichthys mobilis*)

A gelatina é o produto da hidrólise parcial do colágeno, contido em peles e ossos, e que pode ser obtida a partir de resíduos da industrialização de pescados. Assim, este trabalho teve como objetivo extrair e caracterizar gelatina de cabeças, provenientes da industrialização de carpas, da variedade cabeça grande (*Aristichthys mobilis*), e comparar as gelatinas obtidas das frações de peles/músculos e óssea das cabeças quanto às propriedades físico-químicas e funcionais. As cabeças foram moídas e submetidas ao tratamento alcalino/ácido, em soluções de 3 M NaOH e 3 M HCl, respectivamente. A extração da gelatina em água (1:1 p/v) foi realizada a 52°C por 2 h e pH 4. Após a centrifugação, separou-se a solução de gelatina do material sólido (ossos), que foi seco, moído, suspenso em 0,6 M HCl por 20 h a 10°C, e posteriormente lavado com água. Foram realizadas quatro extrações dos ossos tratados, com adição de água (1:1 p/v) por 30 min, em pH e temperaturas de cada extração de 5,3 a 60°C, 4,4 a 70°C, 3,8 a 80°C e 3,6 a 85°C, respectivamente. O rendimento e o pH para a solução de gelatina obtida da fração de peles/músculos das cabeças, foram de 2 g_{gelatina}/100 g_{amostra} e 4,2, respectivamente. O rendimento da fração óssea foi de 4,1 g_{gelatina}/100 g_{amostra} com pH médio de 4,2. A força do gel (246 g), viscosidade (1,76 cP) e ponto de fusão (26,3°C) da gelatina extraída da fração peles/músculos foram superiores as das gelatinas extraídas da fração óssea, que reduziram com o aumento da acidez e temperatura de extração. A capacidade de emulsificação (CE) e de formação de espuma (CFE) das soluções dos diferentes tipos de gelatina obtidas diminuíram com o aumento da temperatura de extração.

Palavras-chave: força do gel; piscicultura; resíduos de pescado; viscosidade.

ABSTRACT

EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF GELATIN FROM BIGHEAD CARP (*Aristichthys mobilis*) HEAD

Gelatin is a product by partial hydrolysis of collagen, contained in skins and bones, which can be obtained from the industrialization of fish waste. Therefore, this study aimed to extract gelatins from heads of bighead carp (*Aristichthys mobilis*), and to determine their physicochemical characteristics. The heads minced were subjected to treatment alkaline/acid, in solutions of 3 M NaOH and 3 M HCl, respectively. Gelatin was extracted in water (1:1 w / v) at 52°C for 2 h and pH 4. After centrifugation, the extract was separated from solid material (bones), which was dried, grinded, suspended in 0.6 M HCl for 20 h at 10°C, and then washed with water. Gelatin was extracted from the bones treated in four steps, with the addition of water (1:1 w / v), stirring for 30 min in pH and temperature of each extraction from 5.3 to 60°C, 4.4 to 70°C, 3.8 to 80°C and 3.6 to 85°C; respectively. The yield and pH for the gelatin solution of obtained from the skin fraction of the head, were 2.0 ($\text{g}_{\text{gelatin}}/100 \text{ g}_{\text{sample}}$) and 4.15, respectively. The yield for bone fraction was 4.1 ($\text{g}_{\text{gelatin}}/100 \text{ g}_{\text{sample}}$) with average pH of 4.17. The gel strength (246 g), viscosity (1.76 cP) and melting point (26.3°C) of gelatin extracted from skins fraction, were higher than those of gelatin extracted from the bone fraction, which decreased with the increasing acidity and temperature of extraction. Emulsion activity (CE) and foam expansion (CFE) of gelatin obtained decreased, with increasing extraction temperature.

Keywords: gel strength; waste fish; viscosity; pisciculture.

1 INTRODUÇÃO

A exploração indiscriminada do estoque pesqueiro natural e a crescente diferença entre a quantidade de pescado capturado e a demanda de consumo, tornaram a aquicultura uma das alternativas mais viáveis no mundo para produção de alimentos, para consumo humano de alto valor protéico. No setor da piscicultura uma das espécies de peixes domesticadas mais cultivadas é a carpa (CAMARGO e POUEY, 2005).

O cultivo de carpa cabeça grande (*Aristichthys nobilis*), que é de origem asiática, vem apresentando um rápido crescimento no Brasil (MELO e STIPP, 2001). Os resíduos gerados durante o processamento da carpa podem totalizar 60% da matéria-prima. As partes que constituem esses resíduos são principalmente peles, cabeças e espinhaços (KOLODZIEJSKA et al., 2008). Entretanto, esses resíduos são subutilizados para produção de farinha ou fertilizante de baixo valor comercial, sendo que o aproveitamento destes aumentaria o faturamento das empresas e reduziria problemas ambientais (AEWSIRI et al., 2008).

Os resíduos de pescado podem ser utilizados para recuperação enzimática (HEU et al., 1995; KLOMKLAO et al., 2007), produção de hidrolisados protéicos (LIASET et al., 2000; SLIZYTE et al., 2005), extração de óleo (CREXI et al., 2007), extração de colágeno (MONTERO et al., 1999; FERNÁNDEZ-DIAZ et al., 2001) e extração de gelatina (JAMILAH e HARVINDER, 2002; ALFARO, 2004).

A gelatina é um polipeptídeo solúvel derivado do colágeno. A solubilização térmica do colágeno é devido à clivagem de uma série de ligações covalentes intra e intermoleculares que estão presentes neste. Quando o colágeno é tratado com solução alcalina ou ácida e seguido de extração a quente, a sua estrutura fibrosa é desagregada irreversivelmente, convertendo-se em gelatina (ZHOU e REGENSTEIN, 2005; KARIM e BHAT, 2009). No entanto, dependendo do material utilizado, do processo de pré-tratamento empregado e da intensidade da hidrólise, vários tipos de gelatina,

com propriedades diferentes, podem ser obtidas (SCHOTT, 2001). A gelatina é amplamente utilizada em produtos alimentares, farmacêuticos, cosméticos e fotográficos devido às suas propriedades funcionais e tecnológicas (YANG et al., 2008).

Uma das principais vantagens da gelatina obtida de pescados é que elas não estão associadas com o risco da ocorrência de focos de encefalopatia espongiforme bovina (BSE, vulgarmente conhecida como doença da vaca louca) e febre aftosa (FA). Devido a estas restrições, buscou-se gelatina a partir de outras fontes, aumentando a procura de gelatina de resíduos do processamento de pescados (BADII e HOWELL, 2006; KASANKALA et al., 2007).

Existem poucos estudos científicos sobre a extração de gelatina a partir de cabeças de pescados, no entanto, nenhuma informação sobre gelatinas a partir de cabeça de carpa e suas propriedades tem sido relatado, o que justifica o presente estudo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi extrair e caracterizar gelatina de cabeças provenientes da industrialização de carpa cabeça grande (*Aristichthys mobilis*).

2.2 Objetivos Específicos

- Aproveitar os resíduos da industrialização de carpa cabeça grande, como uma nova fonte de matéria-prima para produção de gelatina;
- Obter gelatinas a partir das frações óssea e peles/músculos das cabeças de carpa cabeça grande;
- Caracterizar as soluções de gelatina obtidas através das propriedades físico-químicas e funcionais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cultivo de Pescados

A demanda pelo pescado vem aumentando nos últimos anos, impulsionada principalmente pelo crescimento da população e pela tendência mundial em busca de alimentos saudáveis. A exploração indiscriminada do estoque pesqueiro natural e a crescente diferença entre a quantidade de pescado capturado e a demanda de consumo, tornaram a aquicultura uma das alternativas mais viáveis no mundo para produção de alimentos para o consumo humano de alto valor protéico (CAMARGO e POUHEY, 2005).

A aquicultura é um dos ramos da produção animal que abrange desde as práticas de propagação de organismos aquáticos, sob controle completo do homem, até a manipulação de pelo menos um estágio de suas vidas, com a finalidade do aumento de produção (LUND e FIGUEIRA, 1989). Assim, a piscicultura é um dos ramos da aquicultura, que se preocupam com o cultivo de peixes.

O Brasil é considerado um dos países com maior potencial para a expansão da aquicultura principalmente pela extensão dos recursos hídricos. O país apresenta a maior riqueza de espécies de peixes de água doce do mundo, com mais de 3000 espécies, o que é superior em dez vezes ao número de peixes de todos os rios e lagos da Europa, que é cerca de 320 espécies (CARNEIRO et al., 2004). Apresenta também diversos microclimas e áreas adequadas ao desenvolvimento da atividade (CAMARGO e POUHEY, 2005).

De acordo com o IBAMA (2008), com dados referentes a 2006, a produção de pescado de água doce no país apresentou um crescimento acentuado, elevando-se de 179.746 t (2005) para 191.183,5 t (2006), um crescimento de 6,4%, o que corresponde a 18,2% da produção brasileira total de pescado. A aquicultura continental apresentou crescimento na região Norte de 12,1%, na Nordeste de 2,1%, na Sudeste de 13,2%, na Sul de 6,1% e na

Centro-Oeste de 1,3% em 2006. As principais espécies de peixes utilizadas na aquicultura dessas regiões são: tilápia, carpa, tambaqui, tambacu e curimatã.

A região Sul produziu, através da aquicultura continental, 62.823,5 t de pescado em 2006, e continua contribuindo com a maior parcela na produção nacional com 32,9%. A carpa e a tilápia são as espécies mais representativas, tendo suas maiores produções concentradas nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. A produção total de pescado no Rio Grande do Sul em 2006 foi de 65.062,0 t, representada por 60,1% da pesca marinha, 37,3% do cultivo continental e 2,6% da pesca continental. Da produção de pescado cultivado em água doce na região sul do Brasil, o estado do Rio Grande do Sul foi o mais produtivo, com 24.245,0 toneladas, sendo esta produção atribuída à piscicultura (IBAMA, 2008).

3.2 Carpa

De origem asiática, a carpa é criada na China há mais de 2.000 anos. Em 1258, já se faziam referências a essa espécie na França. Ela marcou o início da piscicultura na Europa, a partir da Idade Média, em criações desenvolvidas nos conventos, pelos monges, que necessitavam de peixes frescos nos dias de abstinência. Em 1877, veio para a América, sendo aclimatada nos Estados Unidos. No Brasil, onde se adaptou com grande facilidade, foi introduzida no Estado de São Paulo, em 1904. As criações intensivas, contudo, só tiveram início na década de 30 (GALLI e TORLONI, 1986).

Diversas razões contribuem para que as carpas sejam consideradas excelentes peixes para a piscicultura e explicam a sua distribuição por todo o planeta: toleram baixos níveis de oxigênio dissolvido na água, apresentam grande tolerância a variações de temperatura, desde 4°C até 35°C (CASTAGNOLLI, 1992; MELO e STIPP, 2001), são rústicas, possuem rápido crescimento, facilidade de manejo e os custos para sua criação não são muito

elevados (ECHEVENGUÁ et al., 2007). Vários fatores afetam a produtividade e o custo, tais como: taxa de estocagem; quantidade e qualidade de alimento natural produzido por fertilização; qualidade da ração no caso de alimentação artificial; temperatura da água; quantidade e disponibilidade de oxigênio dissolvido na água e linhagem do peixe estocado (MELO e STIPP, 2001).

As carpas são peixes criados em sistemas de monocultivo e policultivo, cujo objetivo é a produção de uma quantidade ótima de peixes com peso comercial, com o mínimo de custo (MOREIRA et al., 2001; MELO e STIPP, 2001), inclusive com espécies nativas, uma vez que espécies distintas apresentam diferentes hábitos alimentares, como por exemplo, a carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) herbívora, a carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) fitoplantofaga e a carpa cabeça grande (*Aristichthys nobilis*) zooplantofaga (CASTAGNOLLI, 1992). Podem alimentar-se de lodo, dejetos, ração ou ainda algas, aguapés ou gramíneas (JHINGRAN e PULLIN, 1988), visando obter o máximo de produção por área, em termos de biomassa, aproveitando-se todos os recursos disponíveis no tanque (MELO e STIPP, 2001).

Existem diferentes tipos de carpas, embora todas façam parte de um grande grupo de peixes chamados Ciprinídeos. No Brasil as Carpas de maior importância comercial são: carpa comum (*Cyprinus carpio*), carpa capim e carpa cabeça grande (MOREIRA et al., 2001).

A carpa cabeça grande (Figura 1) é originária do leste da China, leste da Sibéria e da Coréia do Norte. Vem apresentando um crescimento muito rápido no Brasil, possui hábito alimentar zooplantófago, pode, porém, consumir ração artificial, embora seja de hábito filtrador (MOREIRA et al., 2001; MELO e STIPP, 2001).

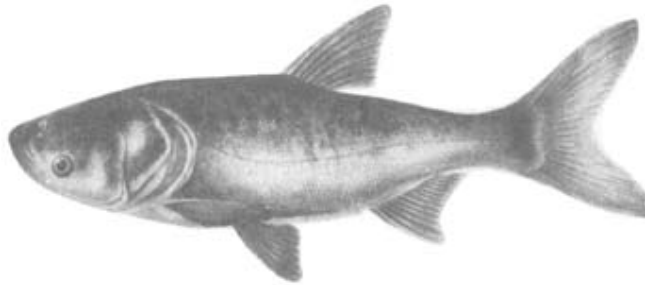


Figura 1: Carpa cabeça grande (*Aristichthys nobilis*).

Fonte: Naca, 1989.

A carpa cabeça grande é semelhante à carpa prateada em forma, e pertence à mesma subfamília, *Hypophthalmichthys*. Possui cabeça maior que a carpa prateada, nariz curto e brusco, olhos pequenos, situados abaixo do eixo horizontal do corpo, brânquias densas e separadas. O maior exemplar encontrado até agora foi de 40 kg (NACA, 1989). Tolerava uma ampla gama de fatores ambientais, em seu habitat natural, incluindo os extremos da turbidez e temperatura da água (do frio ao tropical temperado) (MOREIRA et al., 2001).

3.3 Resíduos da Industrialização de Pescados

Unidades processadoras de filés congelados de peixes de água doce têm se instalado no Brasil, na última década, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, aumentando o volume de resíduos não aproveitados (OETTERER, 1993). Os resíduos gerados durante o processamento do pescado podem totalizar 60% da matéria-prima (KOLODZIEJSKA et al., 2008). Esses resíduos podem ser constituídos por cabeças, carcaças, pele, vísceras, barbatanas, além de aparas do toalete antes do enlatamento, carne escura, peixes fora do tamanho ideal para consumo (OETTERER, 1993; VISENTAINER et al., 2003).

As indústrias de beneficiamento de pescado geram grandes quantidades de resíduos, devido principalmente à falta de reconhecimento deste recurso como matéria-prima e fonte para outros produtos. Os resíduos produzidos

pelas indústrias pesqueiras acabam muitas vezes se tornando sério problema ambiental, podendo gerar potenciais fontes poluidoras de recursos hídricos, do solo e do ar (PESSATTI, 2001). A bioconversão do material residual e aproveitamento deste trarão vantagens econômicas para as indústrias, sanando o problema de eliminação de resíduos e poluentes (STORI et al., 2002).

A estimativa é que nas regiões sul e sudeste de 30 a 40% das capturas de pesca sejam rejeitadas nos barcos, mesmo antes de chegar às indústrias de processamento (PESSATTI, 2001). Em busca de alternativas viáveis tecnologicamente para aproveitar os resíduos gerados durante o processamento de pescados, vários produtos podem ser obtidos, como por exemplo: recuperação enzimática (HEU et al., 1995); produção de hidrolisados protéicos (LIASET et al., 2000); extração de óleos (CREXI et al., 2007); extração de colágeno (MONTERO et al., 1999); e extração de gelatina (ALFARO, 2004), no entanto, a maior parte se destina à produção de ração animal. A criação de alternativas tecnológicas, com valor agregado que permitam o gerenciamento dos resíduos de pescado, podem trazer como resultado o combate à fome, a geração de empregos e o desenvolvimento sustentável (ESPÍNDOLA FILHO, 2001).

O aproveitamento dos resíduos de pescado tende a contribuir para o aumento do consumo de proteína animal, já que diversas tecnologias têm surgido com possíveis utilizações dos resíduos como fontes alimentares e com boa aceitabilidade (STORI et al., 2002). Além disso, o problema de baixo consumo de pescado pode ser solucionado com a inclusão de novos produtos obtidos de diferentes formas de processamento, dando ao resíduo uma aparência mais aceitável pelo consumidor (STEVANATO, 2006). A Tabela 1 enumera alguns dos diversos artigos atualmente disponíveis na literatura sobre o aproveitamento dos resíduos da industrialização de pescados.

Tabela 1: Exemplos da literatura para o aproveitamento de resíduos da industrialização de pescados.

Produto	Referência
Colágeno	Montero et al., 1999; Fernández-Díaz et al., 2001.
Compostos bioativos	Smith et al., 2000; Patat et al., 2004.
Couro	Souza et al., 2003.
Crioprotetores	Evans e Fletcher, (2004); Payne e Young, 1995.
Enzimas	Heu et al., 1995; Alencar et al., 2003.
Farinha de pescado	Stevanato, 2006;
Gelatina	Alfaro, 2004; Cho et al., 2004.
Hidrolisado protéico	Liaset et al., 2000; Slizyte et al., 2005.
Óleo	Chacky, 2000; Crexi et al., 2007.
Pigmentos	Sachindra et al., 2005.
Silagem	Oetterer, 1993; Rustad, 2003.

Peles residuais do filetagem de pescados podem servir para a elaboração de couro, que pode ser utilizado como matéria-prima para a fabricação de carteiras, bolsas, confecções de vestuários, entre outros artefatos (SOUZA et al., 2003). Esses resíduos também podem ser utilizados para a produção de silagem, um produto de fácil elaboração, estável e de grande utilidade para alimentação animal (OETTERER, 1993).

Destaca-se também a produção de farinha de pescado, amplamente empregada na aquicultura, como principal fonte protéica nas rações para a maioria das espécies cultivadas, e também uma excelente fonte de energia e minerais (GALDIOLI et al., 2000). A silagem de pescado pode ser preparada a

partir de todos os tipos de pescados de baixo valor comercial e resíduos de pescado (RUSTAD, 2003).

As vísceras foram investigadas para ver as possibilidades oferecidas pelas enzimas, principalmente proteases, presentes nas mesmas. As aplicações incluem biotecnologia, aplicações clínicas, de diagnóstico e de processos fisiológicos (HEU et al., 1995). As proteinases digestivas de pescados marinhos são especialmente interessantes para a indústria alimentar devido às suas propriedades únicas, que incluem alta eficiência catalítica a baixas temperaturas de reação, menor termoestabilidade e estabilidade ao frio (HEU et al., 1995; ALENCAR et al., 2003.). Óleos de pescados podem ser extraídos do pescado inteiro, peles, vísceras ou fígado (no caso de algumas espécies). Os óleos de pescados são ricas fontes de ácidos graxos poliinsaturados (CREXI et al., 2007). Entre as propriedades dos ácidos graxos ômega-3 a mais conhecida é a prevenção a aterosclerose, redução da pressão arterial e proteção contra arritmias (CHRISTENSEN et al., 1997; SCHACKY, 2000).

Proteínas anticongelantes (AFP), que são encontradas em diversas espécies de peixes marinhos, são caracterizadas por sua capacidade para evitar a formação de gelo pelo resfriamento abaixo do ponto de congelamento. Alguns estudos revelaram que a adição da AFP na carne ou injeção em animais reduz o dano causado pelo armazenamento de carne congelada (PAYNE e YOUNG, 1995). Peles, cabeças e ossos são fontes de gelatina e colágeno, e vários estudos têm sido realizados para obter colágeno desses resíduos de diferentes espécies de pescados e invertebrados, que poderiam ser descartados (MONTERO et al., 1999; FERNÁNDEZ-DÍAZ et al., 2001).

3.4 Colágeno

O colágeno é um importante componente das estruturas de apoio nos vertebrados e invertebrados. Nos mamíferos é a mais abundante proteína

corporal, sendo a principal proteína constituinte da pele, tendões, cartilagem, ossos e dos tecidos em geral. Em aves e peixes, desempenha um papel semelhante e nos invertebrados é um importante componente da parede corporal (WARD e COURTS, 1977). A molécula de colágeno, composta por três cadeias α entrelaçadas, chamada de tripla hélice, adota uma estrutura tridimensional que fornece uma geometria ideal para pontes de hidrogênio (TE NIJENHUIS, 1997). A tripla hélice é estabilizada pela referida ponte de hidrogênio. A intensidade das ligações cruzadas é altamente variável e está diretamente relacionada com o tipo de colágeno, tecido, espécie do animal, idade, entre outros (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002). A molécula de colágeno é uma estrutura com tamanho aproximado de 2800 Å e massa molar de 300 kDa (WARD e COURTS, 1977).

Cerca de vinte e sete tipos diferentes de colágeno foram identificados, e uma simples classificação é mostrada na Tabela 2. O colágeno é geralmente extraído com tratamento ácido e solubilizado sem alterar a sua tripla hélice. Contudo, o tratamento térmico cliva as pontes de hidrogênio que estabiliza a configuração da tripla hélice, e converte a sua conformação helicoidal em conformação espiralada resultando em gelatina (DJABOUROV et al., 1993). A desnaturação do colágeno provoca a separação total ou parcial das cadeias devido à destruição das pontes de hidrogênio, causando a perda da conformação da tripla hélice. Portanto, o colágeno e a gelatina são diferentes formas da mesma macromolécula, e a gelatina é a forma parcialmente hidrolisada do colágeno (KIM e MENDIS, 2006).

Tabela 2: Classificação do colágeno.

Tipo	Descrição
Tipo I	Este tipo ocorre amplamente, principalmente no tecido conectivo tais como a pele, ossos, tendões, córnea, grandes vasos, útero, derme, ligamentos, intestino, dentina e fibrocartilagem.
Tipo II	Este tipo de colágeno ocorre quase exclusivamente no tecido cartilaginoso, cartilagem hialina e elástica, notocórdio e disco vertebral.
Tipo III	Este tipo é fortemente dependente da idade: pele muito jovem pode conter até 50%, mas no decorrer do tempo, esta é reduzida para 5-10%. Grandes vasos, parede uterina, derme, intestino, válvula do coração, gengiva.
Outros Tipos	Os outros tipos de colágeno estão presentes apenas em quantidades muito reduzidas, principalmente em órgãos específicos. Lâminas basais, cápsula do cristalino, córnea, membranas da placenta, músculo do coração, pulmão, pele fetal, mucosa intestinal, etc.

Fonte: Schrieber e Gareis, 2007 citado por Karim e Bhat, 2009; Friess, 1998.

A composição do colágeno engloba todos os vinte aminoácidos (SCHRIEBER e GAREIS, 2007 citado por KARIM, 2009), embora algumas diferenças na composição de aminoácidos sejam evidentes nos colágenos derivados de diversas fontes. O colágeno é a única proteína de mamíferos que contém quantidades elevadas de hidroxiprolina e hidroxilisina, e o conteúdo total de iminoácido (prolina e hidroxiprolina) é alto. A composição de aminoácidos da gelatina é similar ao do colágeno de onde foi obtida, e é caracterizada pela sequência de gly-x-y (Figura 2), onde x é na maior parte prolina e y é hidroxiprolina (WARD e COURTS, 1977).

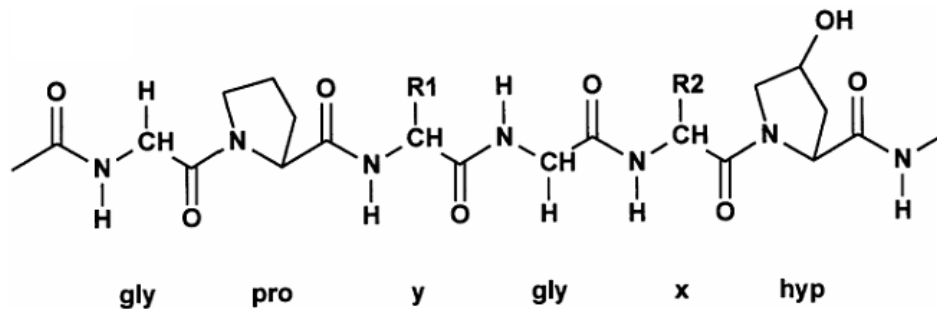


Figura 2: Estrutura química do colágeno do tipo I.

Fonte: Friess, 1998.

3.5 Gelatina

A gelatina não é uma proteína que ocorre naturalmente, ela é derivada da hidrólise parcial do colágeno (GÓMEZ-GUILLÉN e MONTERO, 2001). Todo processo produtivo de gelatina consiste de três grandes etapas: o pré-tratamento da matéria-prima; a extração da gelatina; e da purificação e secagem.

A preparação industrial de gelatina envolve a hidrólise controlada da estrutura organizada do colágeno para obter gelatina solúvel, através de um pré-tratamento ácido ou alcalino da matéria-prima. Em seguida, este material é submetido a uma desnaturação térmica. Durante a desnaturação do colágeno para a extração de gelatina, a molécula de colágeno é quebrada em pequenos fragmentos e as triplas hélices são separadas, fazendo com que as massas molares variem dependendo da preparação e fonte da matéria-prima. A hidrólise do colágeno pode atingir três resultados: 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 possui a massa molar de 240 a 375 kDa. As maiores massas molares

usualmente são características de melhores preparações (POPPE, 1997 citado por KARIM e BHAT, 2009).

A severidade do tratamento de extração é determinante para as propriedades funcionais da gelatina (MONTERO et al., 2002). Gelatinas resultantes de extrações a maiores temperaturas apresentam perfil de massa molar menor do que as frações de gelatina resultante de extrações a menores temperaturas (ARNESEN e GILDBERG, 2002; MUYONGA et al., 2004a). Portanto, enquanto a composição de aminoácidos é principalmente dependente da espécie, a distribuição da massa molar da gelatina é fortemente dependente do processo de extração (MUYONGA et al., 2004b). Todos os tipos de gelatina possuem composição similar. No entanto, dependendo do material utilizado, do processo de pré-tratamento empregado e da intensidade da hidrólise, vários tipos de gelatina com propriedades diferentes podem ser obtidas (SCHOTT, 2001).

3.5.1 Processos de Extração

A conversão do colágeno em gelatina solúvel pode ser obtida através do aquecimento do colágeno, em meio ácido ou alcalino (SCHOTT, 2001). O processo de extração pode influenciar o comprimento das cadeias polipeptídicas e as propriedades funcionais da gelatina. Isso depende, no entanto, dos parâmetros do processo (temperatura, tempo e pH), do pré-tratamento, e das propriedades e dos métodos de preservação da matéria-prima (KARIM e BHAT, 2009).

A extração da gelatina a partir do colágeno é realizada com diferentes temperaturas (60°C a 90°C) e é pH-dependente, sendo que a seleção do pH é feita visando maximizar a taxa de extração e manutenção de suas propriedades físicas. Dependendo do método que o colágeno foi pré-tratado, dois diferentes tipos de gelatina podem ser produzidas, cada uma com diferentes características: gelatina do tipo A (ponto isoelétrico a pH 6-9) é

produzida por tratamento ácido do colágeno; e a gelatina do tipo B (ponto isoelétrico a pH 5) é produzida a partir de tratamento alcalino do colágeno (STAINSBY, 1987).

O tratamento ácido é mais adequado para fontes de colágeno com menos ligações covalentes como os encontrados em peles suína ou de pescados (KARIM e BHAT, 2009). Pele de animais mais jovens não possui tantas ligações químicas, não tendo necessidade de um pré-tratamento alcalino intensivo e longo. Então, um tratamento ácido em menor tempo é suficiente para que o colágeno possa ser diluído em água quente, condição determinante para o processo de extração subsequente (COLE, 2008). Basicamente nesse processo o material é acidificado, para coagulação de proteínas não-colagenosas e mucoproteínas do tecido, sendo, então o excesso de ácido parcialmente neutralizado e o sal eliminado através das diversas trocas de água. Posteriormente sendo aquecido para desnaturar e solubilizar o colágeno (COURTS e WARD, 1977).

O processo alcalino é utilizado para extração de gelatina de pele bovina, ossos e fontes de colágeno de animais relativamente velhos. Nesse processo, as ligações do colágeno vão sendo parcialmente separadas e qualquer proteína não-colagenosa ou outras substâncias são eliminadas (COURTS e WARD, 1977). Em seguida, a matéria-prima tratada é lavada novamente e neutralizada através da adição de ácido, o sal residual eliminado através de intensa lavagem com água.

Os procedimentos utilizados para produzir gelatina de pescado normalmente envolvem um prévio tratamento químico da matéria-prima, e temperatura branda durante o processo de extração. Em geral, um rápido pré-tratamento ácido da pele de pescado é utilizado antes da extração da gelatina (KARIM e BHAT, 2009).

3.5.2 Aplicações

A gelatina, um dos mais populares biopolímeros, é amplamente utilizada em produtos alimentares, farmacêuticos, cosméticos e fotográficos devido às suas propriedades funcionais e tecnológicas (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002). A gelatina é multifuncional, podendo ser utilizada como geleificante, espessante, emulsificante, espumante, agente formador de filme. Nenhum outro hidrocolóide oferece a mesma combinação de funcionalidades (SCHRIEBER e GAREIS, 2007 citados por KARIM e BHAT, 2009).

Na indústria de alimentos a gelatina é utilizada em confeitaria (principalmente para fornecer mastigabilidade, textura e estabilizar espuma), em patês (fornecer cremosidade), laticínios (proporcionar a estabilização e texturização, espessante em iogurte), produtos cozidos (promover emulsificação, gelatinização e estabilização), produtos cárneos (revestimento em presunto), bebidas (clarificador de cerveja, vinho branco e sucos de futas e legumes) e sobremesas (JOHNSTON-BANKS, 1990; ZHOU et al., 2006).

As gelatinas também contribuem para enriquecer o conteúdo de proteína dos alimentos e podem funcionar como um filme externo para a proteção contra desidratação, luz e oxigênio. Portanto, a qualidade de gelatinas usadas em alimentos depende não somente de suas propriedades reológicas, mas também é determinada por outras características como cor, transparência, fácil dissolução e sabor (MONTERO e GÓMEZ-GUILLÉN, 2000).

Nas áreas farmacêutica e médica, a gelatina é usada como matriz para implantes e em infusões intravenosas. Na indústria farmacêutica, a gelatina é também amplamente utilizada para a fabricação de cápsulas moles e duras, expansores plasmáticos e em cuidados com feridas (RAO, 1995). Sendo pobre em calorias, é normalmente recomendada para utilização em alimentos para aumentar os níveis protéicos, e é especialmente útil no corpo de construção para os alimentos. Além disso, a gelatina é também utilizada para reduzir níveis de carboidratos em alimentos formulados para diabéticos (KARIM e BHAT, 2009). Também é grande colaboradora nas reduções de gordura trans, pois é

considerada um excelente estabilizante, substituindo a gordura em diversos alimentos, como margarinas e outros sistemas de cremes vegetais (GELITA, 2008)

O organismo humano necessita de dez dos chamados aminoácidos essenciais, que são consumidos por meio dos alimentos. A gelatina contém nove desses aminoácidos essenciais (com aproximadamente 80% do total de aminoácidos sendo apolares), sendo uma proteína alimentícia de fácil digestão e utilização. O aminoácido triptofano não está presente na gelatina. Entretanto, isto não é muito significativo, uma vez que este aminoácido é encontrado em quantidades adequadas em outros alimentos da dieta cotidiana (KIM e MENDIS, 2006).

3.5.3 Indicativos de qualidade

As propriedades funcionais das gelatinas são dependentes das suas propriedades físico-químicas e estruturais, que serão determinantes para reger sua aplicabilidade. A gelatina, como outros produtos, deve responder a padrões rígidos de qualidade. Segundo Pardi et al. (1993), a qualidade de uma gelatina é determinada por alguns parâmetros, tais como rigidez do gel, viscosidade, capacidade de intumescência, além de padrões microbiológicos e padrões químicos (contaminações por metais).

A força do gel é a principal propriedade reológica da gelatina, e o seu valor comercial é baseado principalmente no seu valor de grau Bloom (ZHOU et al., 2006), que é a força do gel, ou poder geleificante, e refere-se ao peso em gramas requerido para produzir uma depressão de 4 mm na superfície de uma solução de gelatina geleificada frente uma concentração padrão. Além da influência da composição de aminoácidos e distribuição da massa molar da gelatina, a força do gel pode variar também com sua concentração, temperatura e tempo de maturação (CHOI e REGENSTEIN, 2000). Vários instrumentos tipo penetrômetro têm sido usados para sua determinação

(COLE, 2008), como o Gelômetro de Bloom (PARDI et al., 1993) e o Texturômetro (YANG et al., 2007).

Gelatinas de alto grau de dureza (força do gel) oferecem certas vantagens para suas aplicações, como alto ponto de fusão e de solidificação, menos tempo de solidificação e de gelificação para o produto final, uso de quantidades menores, cor mais clara, e melhor odor e sabor (GELITA, 2008).

Sob o aspecto da funcionalidade, a viscosidade da solução é a segunda mais importante propriedade física da gelatina (COLE, 2008), podendo ser medida por viscosímetro. A viscosidade das gelatinas é um importante parâmetro para determinação de seu valor comercial, sendo que gelatinas com baixa viscosidade resultam em géis frágeis, enquanto que gelatinas de alta viscosidade dão géis consistentes e extensíveis.

Outra característica importante é a temperatura na qual uma solução de gelatina muda do estado sólido ao estado líquido e vice-versa (temperatura de gelificação e fusão). Estas propriedades são governadas pelas proporções dos aminoácidos prolina e hidroxiprolina no colágeno *in natura*, pelo massa molar, assim como as complexas interações determinadas pelo raio das cadeias alfa e beta presentes na gelatina (CHO et al., 2004; HAUG et al., 2004).

O processo de gelificação envolve a transição de um enrolamento sem uma forma definida para tripla hélice e ocorre a uma dada temperatura (MONTERO et al., 2002). A temperatura capaz de provocar uma desnaturação desta estrutura é onde se define o ponto de fusão (COURTS e WARD, 1977). A união entre as moléculas é devida essencialmente às interações eletrostáticas ou às pontes de hidrogênio (LINDEN e LORIEN, 1994).

O pH pode ser usado para controlar a força do gel, que pode ser dependente do ponto isoelétrico (Gudmundsson e Hafsteinsson, 1997). Johnston-Bancos (1990) e Foegeding et al. (1996), relataram que a gelatina tipo A tem ponto isoelétrico que pode variar de 6,5 a 9,0 e a gelatina do tipo B tem ponto isoelétrico numa faixa de pH mais restrito, entre 4,8 e 5,0. Vários valores de pH têm sido reportados dentro da faixa de 3,8 a 5,0 para gelatinas

processadas por pré-tratamento ácido e 4,7 a 7,5 para processadas por pré-tratamento alcalino.

Gelatinas comerciais apresentam conteúdo de umidade entre 9-14%, com ocasionais amostras fora desta faixa. Com umidade de 13% a temperatura ambiente (25°C) a gelatina mantém equilíbrio com a umidade do ar ambiente (COLE, 2008). De acordo com Muyonga et al. (2004b), o máximo teor de cinzas recomendado para gelatina é 2,6%.

3.6 Gelatina de Pescado

A maioria das gelatinas comerciais é derivada de fontes de mamíferos, principalmente suínos e bovinos. Porém, devido a algumas particularidades sócio-culturais, a gelatina de pescado tem sido pesquisada como uma fonte alternativa de consumo, atraindo extensivo interesse (JAMILAH e HARVINDER, 2002; ZHOU et al., 2006). A gelatina de pescado é aceita no Islã, e pode ser usada com o mínimo de restrições no judaísmo e hinduísmo (BADII e HOWELL, 2006).

A demanda global por gelatina tem crescido bastante nos últimos anos. Pesquisas recentes indicam que a produção mundial de gelatina está próxima de 326.000 toneladas. Entretanto, a produção de gelatina de peixe ainda é muito pequena, contribuindo com aproximadamente 1% do total da produção (ARNESEN e GILDBERG, 2006).

Outra grande vantagem da gelatina obtida de pescados é que elas não estão associadas com o risco da ocorrência de focos de encefalopatia espongiforme bovina (BSE, vulgarmente conhecida como doença da vaca louca) e febre aftosa (FA). Devido a estas restrições, buscou-se gelatina a partir de outras fontes, aumentando a procura de gelatina de resíduos do processamento de pescados (ALFARO, 2004; BADII e HOWELL, 2006; KASANKALA et al., 2007). Além das necessidades religiosas, o uso comercial da pele, ossos e vísceras de peixes possibilita acarretar benefícios econômicos

à indústria de processamento de pescados, já que grandes quantidades destes materiais são constantemente geradas e normalmente acabam sendo descartadas (CHOI e REGENSTEIN, 2000; FERNÁNDEZ-DÍAZ et al., 2003), causando desperdício e poluição, e poderia fornecer uma valiosa fonte de gelatina (BADII E HOWELL, 2006). A utilização destes resíduos comumente desperdiçados permite a obtenção de alimentos com alto conteúdo protéico, além de eliminar efeitos prejudiciais ao ambiente e melhorar a qualidade do processamento das indústrias de peixes. Aproximadamente 30% de tais perdas consistem de pele e ossos que possuem alto conteúdo de colágeno (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002).

Embora a gelatina de pescados seja considerada uma alternativa atraente em relação à gelatina de mamíferos, o seu interesse comercial tem sido, até agora, relativamente baixo. Parece haver muitos desafios antes de a gelatina de pescados encontrarem uma utilização generalizada como uma alternativa à gelatina de mamíferos na indústria de alimentos. (LEUENBERGER, 1991; HAUG et al., 2004).

Para aplicações alimentares, as mais importantes propriedades da gelatina são à força do gel, viscosidade, pontos de gelificação e de fusão. Essas propriedades são afetadas por muitos fatores, tais como a massa molar média e a distribuição molecular, concentração da solução gelatina, tempo de maturação do gel, temperatura de maturação do gel, pH e teor de sal (KARIM e BHAT, 2009).

Alguns estudos sobre as propriedades da gelatina de pescados têm sido conduzidos (NORLAND, 1990; JAMILAH e HARVINDER, 2002; et al., 1990; CHOI e REGENSTEIN, 2000). Por exemplo, Leuenberger (1991), comparou diretamente gelatina de pescados com gelatina de suínos. Além disso, propriedades físicas e funcionais da gelatina de peixe têm sido extensivamente estudadas, especialmente com relação a suas propriedades reológicas (GUDMUNDSSON e HAFSTEINSSON, 1997; GILSENAN e ROSS-MURPHY, 2000; JAMILAH e HARVINDER, 2002; ALFARO, 2004; MUYONGA et al., 2004a; BADII e HOWELL, 2006; ZHOU et al., 2006), bem como as suas propriedades emulsificantes, formação de espuma (DICKINSON e LOPEZ,

2001; SURH et al., 2006), formação de filme (JONGJAREONRAK et al., 2006; AEWSIRI et al., 2008) e propriedades sensoriais (CHOI e REGENSTEIN, 2000).

Colágenos de pescados, em geral, têm menor conteúdo de iminoácido que colágeno de mamíferos, e este pode ser o motivo para a baixa temperatura de desnaturação (GROSSMAN e BERGMAN, 1992). Haug et al. (2004), conduziram estudo similar comparativo sobre as propriedades reológicas de gelatina de pescados e de mamíferos, e descobriram que a principal diferença entre a gelatina de pescados e mamíferos é o conteúdo dos iminoácidos prolina e hidroxiprolina.

Gelatinas de peixes de águas frias, como as extraídas do bacalhau e salmão, apresentam baixas temperaturas de gelificação e de fusão, em comparação com gelatinas de mamíferos e de peixes de água morna. Isso é devido aos peixes de água fria possuírem menor concentração de prolina e hidroxiprolina do que as outras espécies (HAUG et al., 2004). A composição de aminoácidos das gelatinas de mamíferos é notavelmente constante, quando comparadas às de diferentes espécies de peixes.

Gelatina de pescados (especialmente peixes de água fria) não geleificam a temperatura ambiente. A temperatura de geleificação da gelatina de peixes de água fria é tipicamente abaixo 8-10°C (dependendo da concentração da gelatina, massa molar média, força iônica, pH, taxa de resfriamento e método de determinação (NORLAND, 1990; MONTERO e GÓMEZ-GUILLÉN, 2000). Haug et al. (2004a), relataram que os géis de gelatina de pescado do tipo A (produzida a partir de peles de espécies de peixes de água fria como o bacalhau, *haddock* e *pollock*), exibiram consideravelmente menor módulo de armazenamento, G' , menor temperatura de geleificação (4-5°C) e fusão (12-13°C) quando comparadas com gelatina de mamíferos. Isso torna essas gelatinas inadequadas como substitutas à gelatina de mamíferos.

3.6.1 Extração da gelatina de pescado

A produção de gelatina de pescado não é nova, sendo produzida desde 1960 pela extração ácida (NORLAND, 1990). O processo de extração e caracterização das propriedades da gelatina de pescado foram descritos por Grossman e Bergman (1992), numa patente dos Estados Unidos. Desde então, vários grupos de pesquisa pesquisaram os diversos aspectos da gelatina de pescado. A gelatina tem sido extraída de peles e ossos de pescados de água fria (por exemplo, bacalhau, pescada e salmão) e de água quente (por exemplo, atum, bagre, tilápia, tubarão). Os procedimentos utilizados para produzir gelatina de pescado normalmente envolvem um prévio tratamento químico da matéria-prima, e temperatura branda durante o processo de extração. Em geral, um rápido pré-tratamento ácido da pele de pescado é utilizado antes da extração da gelatina (KARIM e BHAT, 2009).

Gómez-Guillén e Montero (2001), relataram anteriormente um método de extração de gelatina com alta capacidade de gelificação a partir de peles de pescado: o processo foi essencialmente baseado em um tratamento brando ácido prévio para o entumecer o colágeno, seguido de extração em água a temperaturas moderadas (45°C). Todo o processo leva cerca de 24 h. Devido à instabilidade das ligações cruzadas do colágeno encontrado em pele de pescado, um tratamento brando ácido é suficiente para produzir adequado entumecimento, e para alterar ligações intra e intermoleculares não covalentes (STAINSBY, 1987; NORLAND, 1990). Subsequente tratamento térmico acima de 40°C (acima da temperatura de transição da estrutura helicoidal para gelatinas de pescado) destrói pontes de hidrogênio e clivam ligações covalentes, o que desestabiliza a tripla hélice através da transição da estrutura helicoidal e resulta na conversão em gelatina solúvel (DJABOUROV et al., 1993).

Alfaro (2004), otimizou o processo (pré-tratamento alcalino e ácido) e determinou as propriedades funcionais da gelatina de ossos de pescada (*Macrondon ancylodon*). As gelatinas obtidas através de pré-tratamento ácido e

alcalino apresentaram força de gel entre 80-185 g e 138-200 g, respectivamente. No processo ácido as variáveis concentração de HCl e pH de extração tem influência significativa sobre a força do gel, e possuem condições ótimas nas faixas de 2,0-2,3 % e 2,0-2,4, respectivamente. No processo alcalino o aumento da temperatura de extração provocou uma redução significativa na força do gel das gelatinas, sendo os melhores valores de temperatura de extração e concentração de NaOH sobre o rendimento do processo de 74-80°C e 3,4-4,0%, respectivamente. As gelatinas obtidas pelos processos ácidos e alcalino apresentaram distribuição de peso molecular típica de colágeno tipo I e pontos de fusão próximos a 23°C. A composição de aminoácidos das gelatinas foi similar, no entanto, a gelatina processada com ácido apresentou conteúdo de iminoácidos ligeiramente superior.

Arnesen e Gildberg (2006), recuperaram proteínas por sucessivas extrações, à temperatura ambiente, em NaOH (pH 11) e HCl (pH 2-2,6) diluídos. Extraíram gelatina em condições ácida e à elevadas temperaturas. Quase metade do total de proteínas (47,5%) foram extraídas do músculo e tecidos macios, enquanto que 12% foram recuperadas como gelatina dos tecidos conectivos moles e dos ossos. As propriedades funcionais das diferentes frações de gelatina foram comparadas com as propriedades funcionais de gelatinas extraídas de pele de bacalhau. A gelatina extraída dos tecidos conectivos macios da cabeça apresentou massa molar, viscosidade e força do gel similar ao da gelatina de pele de bacalhau. As temperaturas mais elevadas e maior acidez necessárias para extrair gelatina a partir dos ossos da cabeça resultaram em gelatina mais hidrolisada, com propriedades de gelificação inferiores, mas os valores de viscosidades foram apenas ligeiramente inferiores às gelatinas extraídas dos tecidos conectivos macios.

Liu et al. (2008), extraíram gelatina de ossos da cabeça de bagre em água quente após as cabeças serem pré-tratadas com protease alcalina, rapidamente desalgada em 0,4 mol/L de HCl e encharcados em 9 g/L $\text{Ca}(\text{OH})_2$. As condições de extração das gelatinas (75°C, pH 4,0, 4 h; 82°C, pH 2,5, 2 h; 90°C, pH 3,0, 3 h, respectivamente) mostraram que havia muitas diferenças entre essas gelatinas. A gelatina da primeira extração dos ossos da cabeça continha elevado teor de imino residual e maior proporção de massa molar dos

componentes β e γ . Os valores de força do gel da segunda e terceira extração de gelatina foram 209 g e 117 g, inferiores ao da primeira extração da gelatina dos ossos da cabeça (282 g). Os autores verificaram ainda, que a primeira extração gelatina dos ossos da cabeça atingiu os valores mais elevados nos pontos de gelificação e fusão. A primeira extração da gelatina de ossos da cabeça apresentou forte capacidade de clarificação, quando foi usada para clarificar suco de maçã.

Kolodziejska et al. (2008), determinaram as condições ideais para a preparação de gelatina de diferentes tipos de resíduos: cabeças e espinhaço de bacalhau; peles de salmão fresco e defumado; e peles de arenque fresco, salgado e marinado. O rendimento encontrado na extração de gelatina a 45°C foi de 71-75% para a pele de salmão fresco ou para espinhaço de bacalhau, e 86% para pele de salmão defumado. Quando as peles de arenque marinado foram aquecidas por 15 min ou as peles de arenque salgadas por 45 min, cerca de 100% do colágeno foi convertido em gelatina. Para peles de pescados, 45°C e 15-60 min de tempo de extração, dependendo do tipo de pele, foram estabelecidas como as condições ideais para preparar gelatina. O rendimento em gelatina extraída das cabeças de bacalhau não excedeu 70%, mesmo quando um processo de três estágios foi utilizado. No caso dos espinhaços, 100% de colágeno na forma de gelatina foi isolado utilizando esse procedimento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Amostra

Foram utilizadas cabeças de carpa, da variedade cabeça grande (*Aristichthys mobilis*), obtidas de piscicultores do município de Roca Sales/RS. As cabeças foram acondicionadas em caixas apropriadas com gelo, e transportadas para o Laboratório de Operações Unitárias, da Escola de Química e Alimentos (EQA), da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), onde foram estocadas em embalagens plásticas à -18°C, até sua utilização. Todos os reagentes químicos utilizados eram de grau analítico.

4.1.1 Preparo da amostra

As amostras de cabeças de carpa, com no máximo 3 meses de estocagem, foram descongeladas a 4°C por aproximadamente 20 h, em seguida, moídas em moinho de facas (Wiley Mill Standard model nº 3, USA) na granulometria de 5 mm, e lavadas com água (1:6 p/v) a 4°C por 10 min. As amostras foram então centrifugadas (Sigmar 94317, Alemanha) por 5 min a 7000 x g, para eliminar o excesso de água.

4.2 Extração da Gelatina

4.2.1 Extração da gelatina da fração de peles/músculos das cabeças de carpa

O tratamento alcalino/ácido foi realizado, nas amostras de cabeças moídas, de acordo com o descrito por Arnesen e Gildberg (2006), com pequenas modificações (Figura 3).

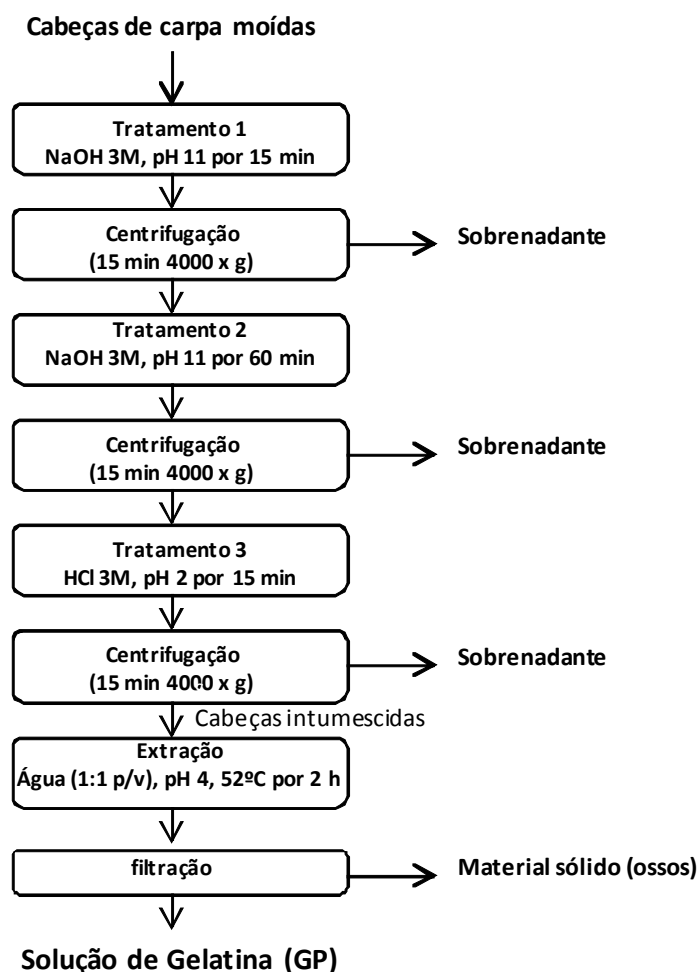


Figura 3: Fluxograma da extração de gelatina de pele/músculos das cabeças de carpa.

As cabeças limpas (1 kg) foram submetidas ao tratamento alcalino/ácido. Água destilada foi adicionada (1:1 p/v) e o pH ajustado para 11 em pHmetro (Marte MB10/MB-10P, Brasil) com NaOH 3 M, após 15 min a amostra foi centrifugada (Sigmar 94317, Alemanha) por 15 min a 4000 x g. Os sedimentos foram suspensos em água destilada (1:1 p/v) e o pH foi ajustado para 11 com NaOH 3 M. A amostra após 60 min foi centrifugada como descrito anteriormente. Os sedimentos foram suspensos em água (1:1 p/v), o pH foi ajustado para 2 com HCl 3 M, e a amostra (cabeça intumescida) após 15 min foi centrifugada (15 min a 4000 x g).

A extração da gelatina do material foi realizada em uma única etapa com água destilada (1:1 p/v) a 52°C, em banho termostatizado (Quimis 214 D 2, Brasil), por 2 h e pH ajustado para 4 com HCl 3 M. A solução de gelatina foi filtrada em funil de Büchner com papel filtro Whatman nº 4, e o material sólido (ossos) seguiu para a próxima etapa do processo.

O processo de extração da gelatina da fração de peles/músculos da cabeça de carpa foi realizado com duas repetições.

4.2.2 Extração da gelatina da fração óssea das cabeças de carpa

Os sólidos remanescente (ossos) foram secos com circulação de ar, a temperatura ambiente por 10 h, após foram moídos em moinho de facas (Wiley Mill Standard model nº 3, USA), na granulometria de 2 mm, suspensos em HCl 0,6 M por 20 h a 10°C e posteriormente centrifugado a 4000 x g por 15 min para remoção do excesso de ácido, conforme apresentado na Figura 4.

Foram realizadas quatro extrações, conforme descrito por Arnesen e Gildberg (2006), em banho termostatizado (Quimis 214 D 2, Brasil), com adição de água (1:1 p/v), agitada por 30 min, em pH e temperaturas de cada extração de 5,3 a 60°C, 4,4 a 70°C, 3,8 a 80°C e 3,6 a 85°C, respectivamente. As soluções de gelatina extraídas dos ossos foram filtradas em funil de Büchner

com papel filtro Whatman nº 4. O processo de extração da gelatina a partir da fração dos ossos da cabeça de carpa foi realizado com duas repetições.

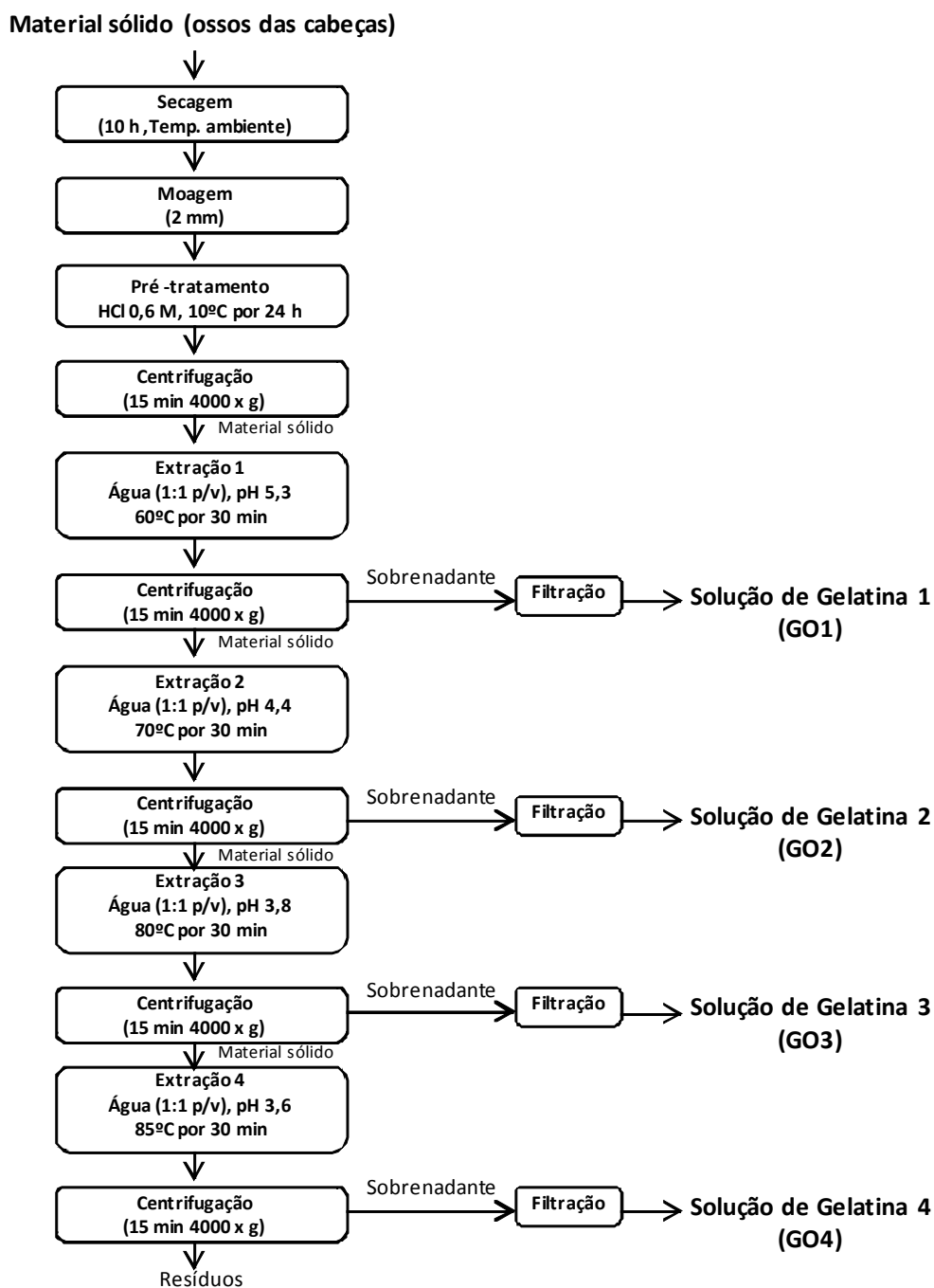


Figura 4: Fluxograma da extração de gelatina de ossos das cabeças de carpa.

4.3 Composição Química da Amostra

Foram determinadas as composições centesimais para matéria-prima (cabeças de carpa) e para os ossos das cabeças após a extração da gelatina da fração de peles/músculos.

Todas as determinações foram realizadas segundo as metodologias A.O.A.C. (1995). O conteúdo de umidade foi determinado de acordo com o método gravimétrico (nº 950.46) em estufa a 105°C; o teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl (nº 928.08), sendo o teor de proteína bruta obtido através da multiplicação pelo fator 6,25; o conteúdo de lipídios foi obtido pelo método de Soxhlet (nº 960.39) e cinzas, por método gravimétrico (nº 920.153) em mufla a 500-600°C. As determinações foram realizadas em triplicata.

4.4 Caracterização das Soluções de Gelatina

4.4.1 Cálculo do rendimento

A concentração da solução de gelatina foi determinada em refratômetro (Atago nº 1, Japão). O rendimento em gelatina foi calculado usando a Equação (1).

$$\text{Rend} = \left(\frac{C_{\text{gelatina}} \cdot V_{\text{solução}}}{M_{\text{cabeças}}} \right) \quad (1)$$

onde Rend é o rendimento em gelatina ($\text{g}_{\text{gelatina}}/100 \text{ g}_{\text{cabeças}}$), C_{gelatina} é a concentração da solução de gelatina (g/mL), $V_{\text{solução}}$ é o volume da solução de gelatina extraída (mL) e $M_{\text{cabeças}}$ é a massa da matéria-prima (g).

4.4.2 Determinação do pH

Para determinação do pH foi utilizado o método do British Standart Institution (B.S.I., 1975), onde solução de gelatina (1% p/v) foi preparada com água destilada e resfriada até temperatura ambiente, aproximadamente 25°C. A determinação do pH foi realizada utilizando pHmetro (Marte MB10/MB-10P, Brasil). As análises foram realizadas em trélicas.

4.4.3 Força do gel

Realizou-se a determinação da força do gel segundo Zhou e Regenstein (2005). As soluções de gelatina extraídas foram diluídas para uma concentração protéica de 3,3% usando água destilada. As soluções (10 mL) foram colocadas em pequenos frascos (25 x 54 mm, fundo liso), aquecidas a 40°C em banho termostático (Quimis 214 D 2, Brasil) por 30 min e maturadas em refrigerador (Eletrolux R 250, Brasil) a 7°C, por 17 ± 1 h.

A força do gel foi determinada em analisador de textura (TA.XTplus, Stable Micro Systems, Inglaterra), usando sonda de teflon cilíndrica com 12,5 mm de diâmetro, pressionando 4 mm no gel de gelatina a 1 mm/s de velocidade. As determinações foram feitas com três repetições.

4.4.4 Viscosidade

A determinação da viscosidade foi de acordo com a metodologia descrita por Yang et al. (2008). Água destilada foi usada para ajustar a concentração da solução de gelatina extraída para 3,3% e então um viscosímetro capilar (Cannon-Fenske modelo Schott Gerate, GMBH-D65719, Alemanha) foi usado

para determinar a viscosidade da solução de gelatina em banho termostático (Quimis 214 D 2, Brasil) a 60°C. O tempo de escoamento foi medido usando um cronômetro, sendo a medida realizada em tríplica. Assim a viscosidade pode ser calculada pela Equação (2).

$$\mu = t.K.\rho \quad (2)$$

onde μ é a viscosidade da solução de gelatina (cP) a 60°C, t é o tempo de escoamento (s), K é a constante do viscosímetro (cSt/s) e ρ é a massa específica da solução (g/mL).

4.4.5 Determinação do ponto de fusão

A medida do ponto de fusão foi realizada baseando-se no método apresentado por Choi e Regenstein (2000). Soluções de gelatina a 3,3% foram preparadas e uma alíquota de 5 mL foi transferida para pequenos tubos de vidro. Os tubos foram aquecidos em banho termostático (Quimis 214 D 2, Brasil) a 60°C por 15 min para serem, posteriormente, resfriados em banho de gelo e maturados a 10°C em refrigerador (Eletrolux R 250, Brasil) por 17±1 h. Após foram adicionadas, sobre o gel, cinco gotas de uma mistura de 75% de clorofórmio e 25% do corante azul de metileno. O gel foi colocado em banho termostático a 15°C e aquecido a 0,5°C a cada 5 min até atingir a temperatura de 30°C. A temperatura do banho foi lida através de termômetro e o ponto de fusão foi determinado, em triplicata, no momento em que as gotas coradas começaram a se mover para o interior do gel.

4.4.6 Propriedades de espuma

A capacidade de formação de espuma (CFE) foi determinada segundo Shahidi et al. (1995), com pequenas modificações. As soluções de gelatina a diferentes concentrações (1%, 2% e 3%) foram homogeneizadas a 1750 rpm por 1 min a temperatura ambiente. CFE foi calculada usando a equação (3) com três repetições.

$$CFE(\%) = \frac{V_T}{V_0} \times 100 \quad (3)$$

Onde CFE é a capacidade de formação de espuma (%), V_T é o volume após a homogeneização (mL) e V_0 é o volume inicial antes da homogeneização (mL).

4.4.7 Propriedades de emulsificação

A capacidade emulsificante (CE) foi determinada segundo Shahidi et al. (1995), com pequenas modificações. Foram misturados 20 mL de solução de gelatina a 3,3% de concentração com 20 mL de óleo de soja. A mistura foi homogeneizada a 1750 rpm por 30 segundos e posteriormente centrifugada a 2000 x g por 5 minutos. A capacidade de emulsificação foi calculada, em triplicata, como o volume da porção emulsificada pelo volume total, através da Equação (4).

$$CE(\%) = \frac{V_e}{V_t} \times 100 \quad (4)$$

onde CE é a capacidade de emulsificação (%), V_e é o volume da porção emulsificada (mL) e V_t é o volume inicial (mL).

4.5 Análise Estatística

A análise estatística dos dados foi efetuada por meio de análises de variância (ANOVA) e do teste de Tukey, o qual foi utilizado para determinar as diferenças significativas nas médias das análises realizadas nas gelatinas, com intervalo de 95% de confiança ($p \leq 0,05$). O programa computacional Statistica[®] 6.0 (Stasoft, USA) foi utilizado para esses cálculos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição Centesimal

As composições centesimais da matéria-prima (cabeças de carpa) e dos ossos das cabeças após a extração da gelatina das peles/músculos estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Composição centesimal da matéria-prima (cabeças de carpa) e dos ossos das cabeças após a extração da gelatina das peles/músculos.

	Umidade* (%)	Cinzas* (%)	Proteínas* (%)	Lipídios* (%)
Matéria-prima (Cabeças)	75,3±1,3	8,7±1,5	10,7±1,0	3,7±1,3
Ossos (após extração das peles/músculos)	25,0±0,9	48,5±0,4	16,5±1,4	5,5±0,6

*Médias ± erro padrão (três determinações).

Os conteúdos de proteínas, em média, encontrados para as cabeças de carpa (Tabela 3) foram inferiores aos valores apresentados por Bechtel (2003), para cabeças de salmão (13,9%), sendo que o teor de proteínas representa a máxima produção possível de gelatina que pode ser extraída.

Os valores encontrados para lipídios nas cabeças de carpa, apresentados na Tabela 3, foram inferiores aos valores encontrados para outras espécies de água doce como a tilápia, de 9,56% e de 8,41% encontrados por Stevanato (2006) e Visentainer et al. (2003), respectivamente.

O conteúdo de cinzas encontrado nas cabeças de carpa (Tabela 3) foi superior ao descrito por Kolodziejska et al. (2008), para cabeças de bacalhau, de 5,2%. Esse valor é decorrente da elevada quantidade de minerais, principalmente da fração óssea das cabeças de carpa, que apresentaram altos teores de cinzas, o que pode indicar no final do processo de produção da gelatina elevado conteúdo de cálcio e outros minerais presentes.

Apesar da eliminação de proteínas não-colagênicas e outras substâncias durante o pré-tratamento da matéria-prima e da extração das soluções de gelatina da fração peles/músculos da cabeça de carpa, os conteúdos de proteínas encontrados nos ossos das cabeças foram elevados, conforme apresentado na Tabela 3. Isso foi devido ao baixo conteúdo de umidade dos ossos, o que fez com que os valores percentuais dos outros constituintes aumentassem. O mesmo pode ser observado para o conteúdo de lipídios, que aumentou de 3,7% nas cabeças para 5,5% nos ossos das cabeças, mesmo com grande parte do material lipídico sendo eliminado na etapa de pré-tratamento.

5.2 Cálculo do Rendimento e Determinação do pH

As cabeças de carpa (1 kg), após passarem pela etapa do pré-tratamento (intumescimento), onde proteínas não colagênicas e outras substâncias foram eliminadas, resultaram em aproximadamente 50,0% da sua massa inicial. O material sólido (ossos) obtido após a extração de gelatina da fração peles/músculos representa cerca de 25,0% da massa inicial das cabeças de carpa. Após as quatro extrações dos ossos, ao final de todo o processo, cerca de 9,5% da massa inicial das cabeças foram de resíduos.

Os rendimentos calculados através da Equação (1) para gelatina obtida da fração das peles/músculos da cabeça e para as extrações da fração óssea das cabeças estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Valores da temperatura, pH e tempo de extração e resultados obtidos para o rendimento e pH das soluções de gelatina.

	Temperatura extração (°C)	pH Inicial	Tempo (h)	Rendimento (g_{gelatina}/100 g_{cabeças})	pH Final
GP	52	4,0	2,0	2,0±0,2	4,1±0,1
GO1	60	5,3	0,5	1,2±0,2	4,8±0,2
GO2	70	4,4	0,5	0,8±0,1	4,2±0,1
GO3	80	3,8	0,5	1,1±0,1	3,8±0,1
GO4	85	3,6	0,5	1,0±0,1	3,5±0,1

Médias ± erro padrão (duas repetições); GP=gelatina da extração da fração peles/músculos; GO1=gelatina da primeira extração da fração óssea; GO2=gelatina da segunda extração da fração óssea; GO3=gelatina da terceira extração da fração óssea; GO4=gelatina da quarta extração da fração óssea.

Os rendimentos totais em gelatina para a fração das peles/músculos foram de 2,0%, e para a fração óssea das cabeças de carpa de 4,1% (Tabela 4), sendo esses rendimentos inferiores aos obtidos de peles de carpa capim (KASANKALA et al., 2007) e de ossos da cabeça de bagre (LIU et al., 2008).

Em média, segundo a literatura o rendimento de extração de gelatina de pescado é inferior ao da gelatina de mamíferos, que é aproximadamente entre 6% e 19% (expresso em gramas de gelatina seca por 100 gramas de pele limpa) (JAMILAH e HARVINDER, 2002). De acordo com Karim e Bhat (2009), o processo de extração da gelatina depende dos parâmetros do processo (temperatura, tempo e pH), do pré-tratamento e da quantidade de colágeno na matéria-prima.

Foi observado por Cho et al. (2005), que a temperatura de extração pode ser um fator chave para o processamento da gelatina por interferir no

conteúdo de gelatina obtido, pois temperaturas acima de 60 °C podem levar à extração de outras proteínas de baixa massa molar.

A granulometria dos ossos (2 mm) tem certo efeito sobre o rendimento durante a produção de gelatina a partir dos ossos, já que quanto maior a superfície de contato dos ossos durante o pré-tratamento e durante a extração, maior será a desmineralização dos mesmos, obtendo assim um maior rendimento em gelatina. Liu et al. (2008), estudaram as características da gelatina extraída de ossos da cabeça de bagre utilizando 0,5 mm de diâmetro de partícula para os ossos, obtendo assim, maiores valores para o rendimento em três extrações, de 3,9, 5,5 e 8,4%, respectivamente. Nicolas-Simonnot et al. (1997), relataram maior extração quando o diâmetro dos ossos foi menor (0,125-0,25 mm).

Na etapa de extração da gelatina foi utilizado pH ácido (Tabela 4), produzindo assim, gelatina do tipo A. As peles de pescados não possuem tantas ligações químicas, não havendo necessidade de um pré-tratamento alcalino intenso e longo, então, um tratamento ácido em menor tempo é suficiente para que o colágeno possa ser dissolvido em água quente (COLE, 2008).

Durante a extração da gelatina da fração peles/músculos foi utilizado pH ácido (4,0), e para os ossos da cabeça de carpa o valor inicial foi superior (5,3), sendo diminuído com o aumento da temperatura para cada nova extração (Tabela 4). Os valores encontrados para o pH das soluções de gelatina das frações peles/músculos e de ossos das cabeças foram similares aos descritos por Alfaro (2004), para gelatina extraída de ossos de pescada (*Macrodon ancylodon*), onde o valor de pH variou para o tratamento ácido e alcalino, de 3,85-4,38 e 4,05-4,44, respectivamente. Gudmundsson e Hafsteinsson (1997), observaram que o pH da solução de gelatina é afetado pelo tratamento químico utilizado

Segundo Arnesen e Gildberg (2006), durante o processo de extração, um aumento na temperatura sem diminuição do pH não resulta em elevação considerável no rendimento em gelatina a partir de ossos de pescados.

Entretanto, aumentando a temperatura e diminuindo o pH durante a extração ocorre um aumento no rendimento total, este fato foi observado conforme apresentado na Tabela 4.

5.3 Determinação da Força do Gel

A Figura 5 apresenta os gráficos obtidos na análise de força do gel para a gelatina obtida da fração peles/músculos e da primeira extração da fração óssea das cabeças de carpa, os demais gráficos encontram-se em anexo.

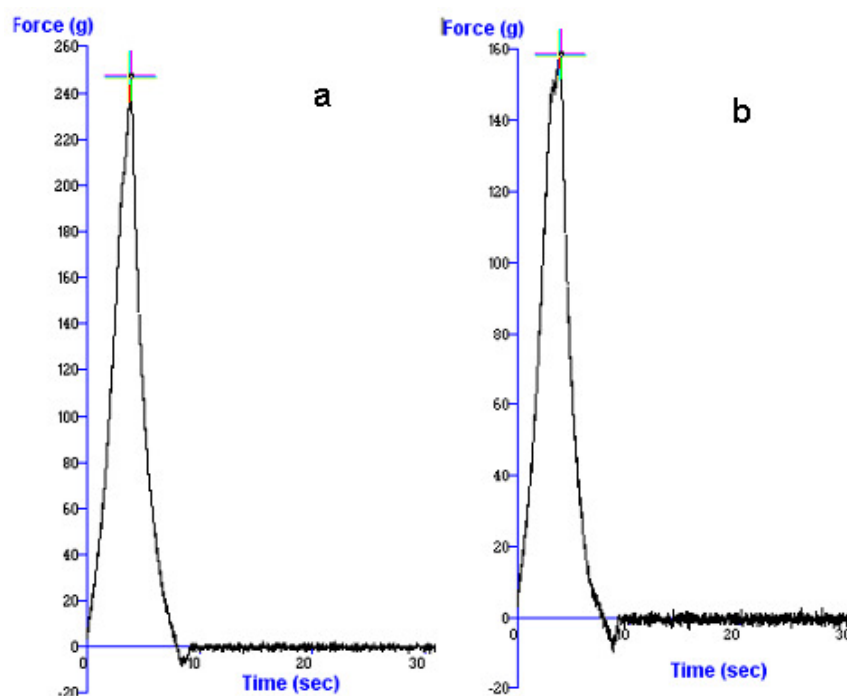


Figura 5: Determinação da força do gel de gelatina, maturada a $7 \pm 1^\circ\text{C}$ por 18 ± 1 h, obtida a partir da fração (a) peles/músculos e (b) primeira extração da fração óssea.

Para aplicações alimentares, a força do gel é a mais importante propriedade da gelatina, que determina a qualidade do produto. Essa propriedade é afetada por muitos fatores, tais como a massa e distribuição moleculares, concentração da solução de gelatina, tempo e temperatura de maturação do gel, pH e teor de sal (KASANKALA et al., 2007).

A Figura 6 apresenta os valores determinados da força do gel para os diferentes tipos de gelatina obtidas das cabeças de carpa cabeça grande.

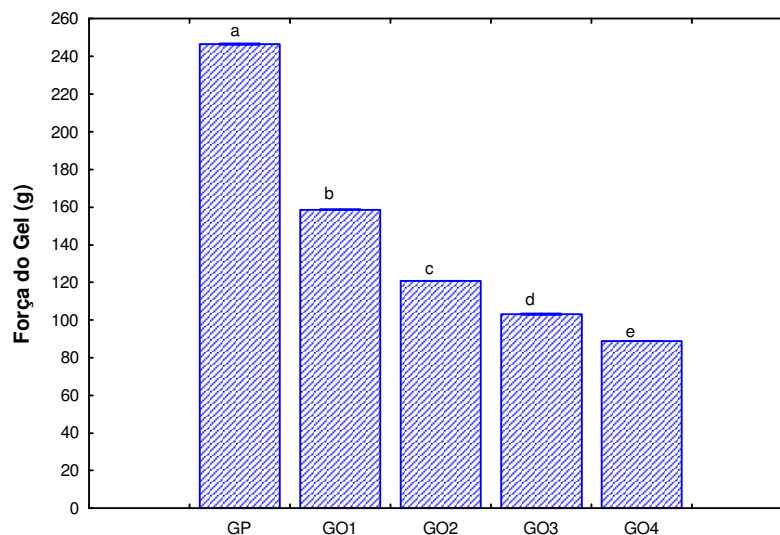


Figura 6: Resultados para força do gel das soluções dos diferentes tipos de gelatina extraídas das cabeças de carpa.

Médias \pm erro padrão (três determinações); Médias na mesma coluna com letras sobrescritas distintas são significativamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$); GP = gelatina da extração da fração peles/músculos; GO1 = gelatina da primeira extração da fração óssea; GO2 = gelatina da segunda extração da fração óssea; GO3 = gelatina da terceira extração da fração óssea; GO4 = gelatina da quarta extração da fração óssea.

A Figura 6 mostra que a força do gel da gelatina extraída da fração peles/músculos foi superior a das gelatinas extraídas da fração óssea, apresentando diferença significativa ao nível de 95 % ($p \leq 0,05$).

Uma das razões para utilização de condições mais severas na extração da gelatina de ossos do que a partir de pele e outros tecidos conectivos macios é devida, inicialmente a dificuldade de obter-se gelatina destes, que têm ligações cruzadas mais estáveis entre as cadeias do colágeno ósseo (MUYONGA et al., 2004a; MUYONGA et al., 2004b), e estrutura mineral que confere proteção física ao mesmo (ARNESEN e GILDBERG, 2006). Assim, provavelmente as diferenças na propriedade apresentada na Figura 6 foram devidas às diferentes condições de extração, como observado por Arnesen e Gildberg (2006).

A força do gel para as gelatinas da fração óssea reduziu com o aumento da acidez e temperatura de extração (Figura 6). Provavelmente esta redução foi devido a uma maior taxa de hidrólise do colágeno. Liu et al. (2008), produziram gelatina a partir de ossos da cabeça de bagre, encontrando valores superiores de força do gel para três extrações, de 282 g, 209 g e 117 g, respectivamente.

Muyonga et al. (2004a), extraíram gelatinas do tipo A de peles e ossos de perca do Nilo jovem e adulta e determinaram suas propriedades funcionais e químicas. A força do gel encontrada foi na faixa de 81-229 e 134-179 g, respectivamente, para gelatinas obtida a partir das peles e dos ossos. Também relataram que a gelatina extraída de ossos é mais hidrolisada que gelatina extraída das peles, e que as diferenças nas propriedades funcionais entre gelatinas de peles e ossos parecem estar relacionadas com diferenças na distribuição do massa molar das gelatinas.

O resultado obtido para a solução de gelatina da fração peles (Figura 6) foi similar ao relatado por Grossman e Bergman (1992), para tilápia (263 g) e Muyonga et al. (2004a), para a perca do Nilo (229 g), mas inferior aos valores relatados por Cho et al. (2005), para Albacora (426 g) sendo que ambos são peixes tropicais. Por outro lado, soluções de gelatina de pescados de água fria podem permanecer em estado líquido sob as condições do teste padrão de força do gel a 10°C (NORLAND, 1990). Essas diferenças poderiam ser explicadas pelos diferentes processos utilizados e as propriedades intrínsecas de colágeno que varia entre as espécies de peixes.

5.4 Determinação da Viscosidade

A Figura 7 apresenta os valores encontrados para a viscosidade das soluções dos diferentes tipos de gelatina. Sob o aspecto da funcionalidade, a viscosidade da solução de gelatina é a segunda mais importante propriedade física da gelatina (COLE, 2008).

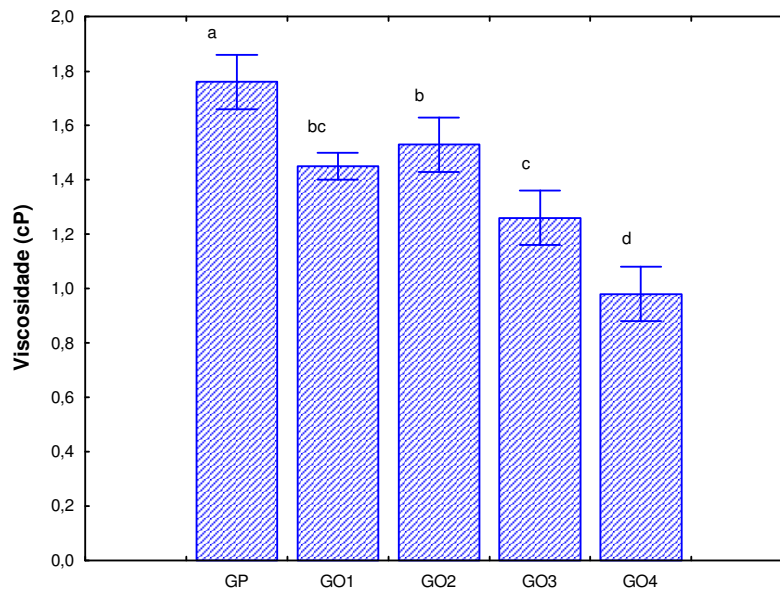


Figura 7: Resultados para viscosidade das soluções dos diferentes tipos de gelatina extraídas das cabeças de carpa

Médias \pm erro padrão (três determinações); Médias na mesma coluna com letras sobrescritas distintas são significativamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$); GP = gelatina da extração da fração peles/músculos; GO1 = gelatina da primeira extração da fração óssea; GO2 = gelatina da segunda extração da fração óssea; GO3 = gelatina da terceira extração da fração óssea; GO4 = gelatina da quarta extração da fração óssea.

Na Figura 7 pode-se observar que a viscosidade da primeira extração de gelatina da fração peles/músculos foi superior às das gelatinas extraídas da fração óssea, apresentando diferença significativa ao nível de 95 % ($p \leq 0,05$). Isso devido às diferentes condições de extração, já que foram utilizadas condições mais severas na extração da gelatina de ossos por possuírem ligações cruzadas mais estáveis entre as cadeias do colágeno ósseo e

estrutura mineral, o qual confere proteção física ao mesmo (MUYONGA et al., 2004a; MUYONGA et al., 2004b; ARNESEN e GILDBERG, 2006).

Yang et al. (2007), otimizaram a extração de gelatina de pele de bagre, onde obtiveram para uma melhor condição, viscosidade de 3,23 cP, sendo esse valor superior aos apresentados na Figura 7 para cabeças de carpa. Essas diferenças poderiam ser explicadas pelos diferentes processos utilizados e as propriedades intrínsecas de colágeno que varia entre as espécies de peixes.

A viscosidade para as soluções de gelatina da fração óssea reduziu com o aumento da acidez e temperatura de extração (Figura 7), provavelmente esta redução foi devido a uma maior taxa de hidrólise do colágeno. MUYONGA et al. (2004a), observaram que a gelatina do tipo A obtida das peles de perca do Nilo adulta exibiu maior viscosidade do que gelatina obtida dos ossos e peles de peixes jovens. Os autores relataram que a gelatina extraída de ossos é mais hidrolisada que gelatina extraída das peles, e que as diferenças nas propriedades funcionais entre gelatinas de peles e ossos parecem estar relacionadas com diferenças na distribuição da massa molar das gelatinas.

5.5 Ponto de Fusão

A Figura 8 apresenta os resultados para o ponto de fusão das soluções de gelatina obtidas.

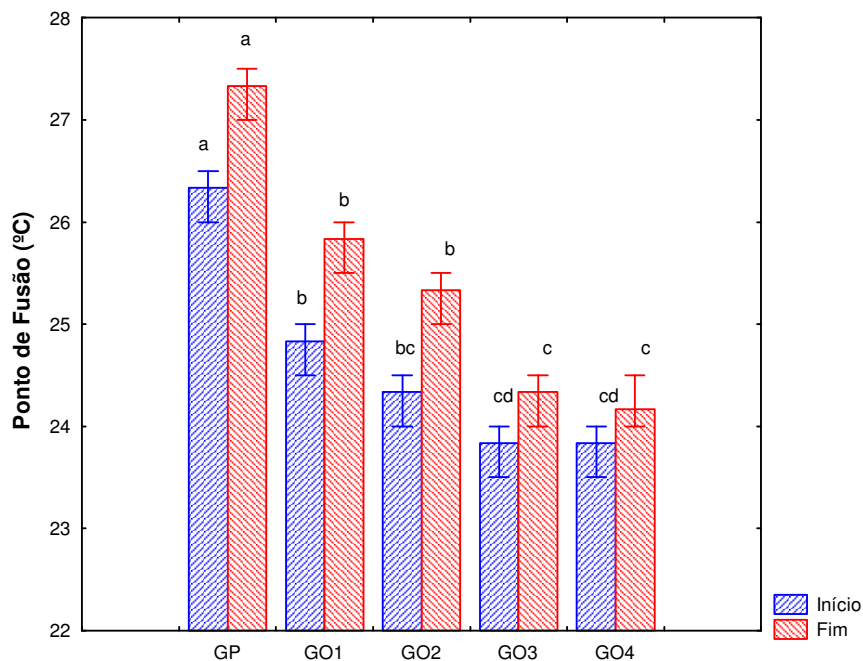


Figura 8: Ponto de fusão das soluções dos diferentes tipos de gelatina extraídas das cabeças de carpa

Médias \pm erro padrão (três determinações); Médias na mesma coluna com letras sobrescritas distintas são significativamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$); GP = gelatina da extração da fração peles/músculos; GO1=gelatina da primeira extração da fração óssea; GO2=gelatina da segunda extração da fração óssea; GO3=gelatina da terceira extração da fração óssea; GO4=gelatina da quarta extração da fração óssea.

As temperaturas de início e fim da fusão da gelatina obtida da primeira extração da fração peles/músculos foram superiores as das demais soluções de gelatina, apresentando diferença significativa ao nível de 95 % ($p \leq 0,05$), conforme a Figura 8. A temperatura de fusão de gelatina de pescado pode sofrer variações em função de muitos fatores, tais como: fonte de colágeno; método de preservação da matéria-prima; condições de extração da gelatina; composição em aminoácidos, distribuição de massa molar, proporção entre cadeias $\alpha 1$ e $\alpha 2$, entre outros.

Arnesen e Gildberg (2006), analisaram as propriedades viscoelásticas das soluções de gelatina obtidas de ossos da cabeça de bacalhau e relataram que a temperatura de fusão encontrada para a primeira e segunda extração foi de 25,1°C e 22,9°C, respectivamente. Sendo os valores citados por esses

autores inferiores aos encontrados para a primeira e segunda extração dos ossos da cabeça de carpa, os quais não apresentam diferença significativa ($p < 0,05$), conforme a Figura 8.

Os valores do ponto de fusão para as gelatinas extraídas de cabeças de carpa apresentados na Figura 8 foram similares aos de gelatinas de pescados tropicais, que se caracterizam por melhores propriedades físicas, entre elas, um maior ponto de fusão que as gelatinas de pescados de águas frias, e possuem propriedades mais similares às gelatinas de mamíferos, e isto se deve à quantidade de iminoácidos presentes na gelatina (HAUG et al., 2004; NORLAND, 1990; GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002; GILSENAN e ROSS-MURPHY, 2000. Liu et al. (2008), constataram que gelatinas que contêm mais α -cadeias exibem maior ponto de fusão. Portanto, todas as etapas de transformação durante a extração de gelatina devem evitar extensa degradação dos péptidos estruturais para obter gelatina com alta força do gel.

A ampla gama de temperaturas de gelatinização é fortemente influenciada pela origem das matérias-primas utilizadas no processo. Gilsenan e Ross-Murphy (2000), compararam os pontos de fusão de gelatina de mamíferos com gelatinas de diferentes tipos de pescados e observaram que gelatinas de pescados de água fria têm ponto de fusão menor que as gelatinas de mamíferos. As principais diferenças nas propriedades das gelatinas obtidas de mamíferos e de pescados é que as de pescados possuem menores temperaturas de gelificação e fusão, mas apresentam o valor da viscosidade relativamente mais elevado (LEUENBERGER, 1991). Consequentemente, gelatinas de pescados de água fria se comportam como um líquido viscoso à temperatura ambiente, o que limita a sua utilização em diversas aplicações.

5.6 Propriedades Emulsificante e de Espuma

Os resultados para a capacidade emulsificante das soluções dos diferentes tipos de gelatina obtidas estão apresentados na Figura 9.

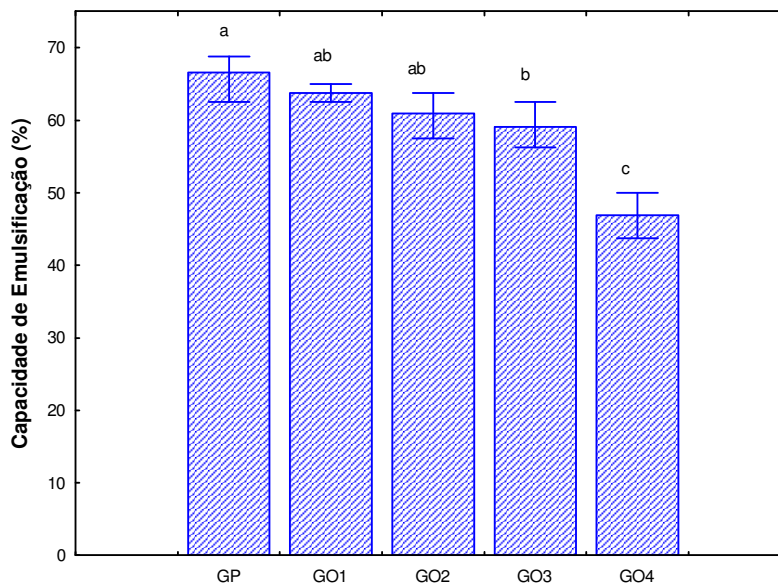


Figura 9: Capacidade de emulsificação da GP, GO1, GO2, GO3 e GO4.

Médias \pm erro padrão (três determinações); Médias na mesma coluna com letras sobrescritas distintas são significativamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$); GP=gelatina da extração da fração peles/músculos; GO1=gelatina da primeira extração da fração óssea; GO2=gelatina da segunda extração da fração óssea; GO3=gelatina da terceira extração da fração óssea; GO4=gelatina da quarta extração da fração óssea.

Verifica-se que a GP (gelatina extraída da fração peles/músculos) apresentou uma capacidade emulsificante semelhante a GO1 e GO2, não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$). Porém a GO4 (gelatina da quarta extração da fração óssea) obteve uma capacidade emulsificante estatisticamente inferior ($p \leq 0,05$) às demais avaliadas. A capacidade de emulsificação das soluções dos diferentes tipos de gelatina obtidas diminuiu, com o aumento da temperatura e redução do pH, a cada nova extração.

De acordo com Guo et al. (1996), as alterações físico-químicas causadas pelo processamento térmico ocasionam a redução da capacidade emulsificante devido à alteração na estrutura da proteína, resultando em um decréscimo na concentração de proteína disponível para a emulsificação.

A Figura 10 apresenta o aumento percentual do volume para a capacidade de formação de espuma para as soluções dos diferentes tipos de gelatina.

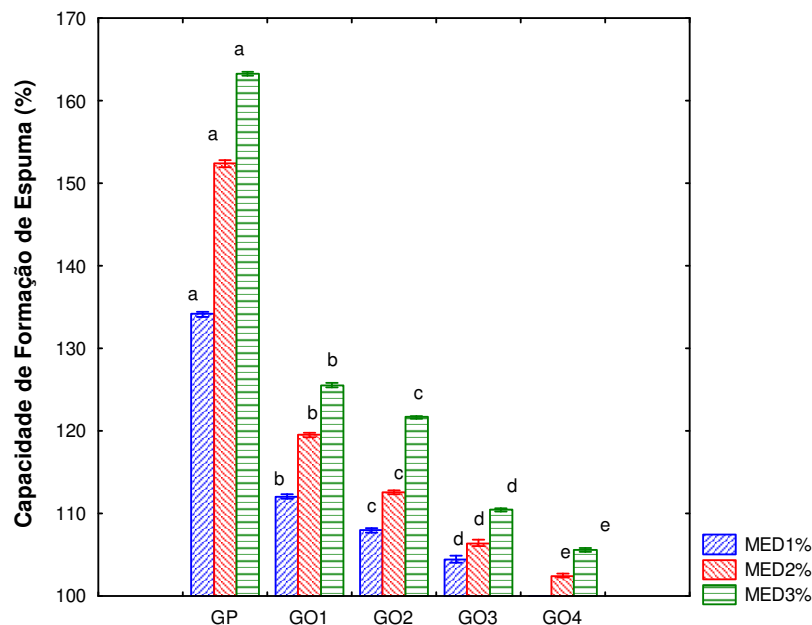


Figura 10: Capacidade de formação de espuma para GP, GO1, GO2, GO3 e GO4.

Médias \pm erro padrão (três determinações); Médias na mesma coluna com letras sobrescritas distintas são significativamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$); GP=gelatina da primeira extração da fração peles/músculos; GO1=gelatina da primeira extração da fração óssea; GO2=gelatina da segunda extração da fração óssea; GO3=gelatina da terceira extração da fração óssea; GO4=gelatina da quarta extração da fração óssea.

Como podem ser observadas na Figura 10, as soluções dos diferentes tipos de gelatina com a mesma concentração protéica apresentaram, para a

capacidade de formação de espuma, diferença significativa ao nível de 95 % ($p \leq 0,05$). Todas as soluções de gelatina aumentaram a capacidade de formação de espuma com o incremento da concentração protéica.

Proteínas em dispersão causam o abaixamento da tensão superficial na interface água/ar, o que causa a formação da espuma (SURÓWKA e FIK, 1992). Propriedades de espuma de proteínas podem ser influenciadas pelas propriedades, fonte, composições e conformações das proteínas em solução e na interface ar/água (PHILLIPS et al., 1989; WILDE e CLARK, 1996; ZAYAS, 1997).

Alguns estudos sobre as propriedades emulsificantes e de formação de espuma da gelatina de pescado têm sido conduzidos (DICKINSON e LOPEZ, 2001; SURH et al., 2006). A versatilidade das propriedades emulsificantes e de formação de espuma da gelatina é particularmente valorizado em produtos como os pós emulsificantes (KLAUI et al., 1970). Nesses produtos, suas características de formação de superfície ativa e de películas podem ser exploradas com sucesso durante o processo de emulsificação. Em geral os estudos sobre as propriedades emulsionantes e de formação de espuma de gelatina de pescados são muito limitados em comparação com o número de estudos sobre as suas propriedades de gelificação.

A gelatina é utilizada como agente emulsificante e de formação de espuma em produtos alimentares, farmacêuticos, médicos e aplicações técnicas, devido às suas propriedades de superfície ativa. Estudos anteriores demonstraram que a gelatina é um tenso ativo e que ela é capaz de agir como emulsificante em emulsões óleo/água (LOBO, 2002). As superfícies hidrofóbicas da cadeia de peptídios são responsáveis por dar a gelatina sua propriedade emulsificante e de formação de espuma (GALAZKA et al., 1999; COLE, 2008). Contudo, a gelatina é geralmente um emulsificante mais fraco que outras substâncias de superfície ativa, tais como proteínas globulares e goma arábica (KARIM e BHAT, 2009).

6 CONCLUSÃO

Foi obtida gelatina de cabeça de carpa cabeça grande (*Aristichthys mobilis*), por tratamento alcalino/ácido, com rendimento e pH para a solução de gelatina obtida da fração das peles/músculos das cabeças de 2,0% e 4,1, respectivamente. O rendimento da fração óssea foi de aproximadamente 4,1% com pH médio de 4,2.

As gelatinas apresentaram maiores valores de força do gel (246 g), viscosidade (1,76 cP) e ponto de fusão (26,3°C) para a primeira extração, correspondente a fração das peles/músculos, estes valores foram semelhantes aos encontrados na literatura para gelatina de pescado. Contudo, altas temperaturas (60 a 85°C) e acidez (3,6 a 5,3) necessárias para alcançar um bom rendimento em gelatina a partir de ossos, implicaram na redução da força do gel (88,9 a 158,6 g), viscosidade (0,98 a 1,76 cP) e ponto de fusão (23,8 a 25,8°C).

A capacidade de emulsificação e de formação de espuma das soluções de gelatina diminuiu com o aumento da temperatura de extração e redução do pH. Entretanto, todas as soluções de gelatina aumentaram a capacidade de formação de espuma com o incremento da concentração protéica (1 a 3%).

Apesar do rendimento total em gelatina alcançado pelas cabeças de carpa ter sido inferior aos apresentados para as peles de mamíferos (6-19%), esses foram similares aos citados na literatura para outras espécies de pescados; apresentando também, gelatinas com propriedades semelhantes as obtidas para estes pescados. Assim, a partir dos resultados alcançados nesse estudo, pode-se assumir que a cabeça de carpa cabeça grande pode ser uma possível fonte de matéria-prima para a indústria de gelatina.

6.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

- Otimizar a etapa de pré-tratamento para intumescimento das cabeças de carpa;
- Analisar a influência do tamanho dos ossos da cabeça no rendimento da extração dos mesmos.
- Recuperar as proteínas das soluções de lavagem do pré-tratamento da matéria-prima;
- Determinar as propriedades físico-químicas (cor e turbidez), reológicas (perfil de textura e ponto de geleificação) e estruturais (massa molar, análise em infravermelho (FTIR) e composição de aminoácidos) da gelatina de cabeças de carpa;
- Estudar a influência de alguns agentes (sais e transglutaminase) nas propriedades funcionais (força de gel, ponto de geleificação, ponto de fusão e viscosidade) da gelatina extraída;
- Desenvolver e caracterizar biofilmes a base de gelatina.

5 REFERÊNCIAS

AEWSIRI, T.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; TANAKA, M. Chemical compositions and functional properties of gelatin from pre-cooked tuna fin. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, p. 685–693, 2008.

ALENCAR, R.B.; BIONDI, M.M.; PAIVA, P.M.G.; VIEIRA, V.L.A.; CARVALHO Jr., L.B.; BEZERRA, R.S. Alkaline proteases from digestive tract of four tropical fishes. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 6, n. 2, p. 279-284, 2003.

ALFARO, A. T. **Otimização do Processo e Determinação das Propriedades Funcionais da Gelatina de ossos de pescado**. Dissertação, Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 103p. Rio Grande, 2004.

AOAC. Association of official analytical chemists. Official methods of analysis of AOAC international. 16th ed. Arlington, 1995.

ARNESEN, J. A.; GILDBERG, A. Extraction of muscle proteins and gelatin from cod head. **Process Biochemistry**. v. 41, p. 697-700, 2006.

BADII, F.; HOWLL, N. K. Fish gelatin: Structure, gelling properties and interaction with egg albumen proteins. **Food Hydrocolloids**. v. 20, p. 630-640, 2006.

BECHTEL, P. J. Properties of different fish processing by-products from pollock, cod and salmon. **Journal of Food Processing Preservation**. v. 27, p. 101-116, 2003.

BSI (British Standards Institution). Methods for sampling and testing gelatin (physical and chemical methods). London. BSI, 1975.

CAMARGO, S. G. O.; POUHEY, J. L. O. F. Aquicultura - um mercado em expansão. **R. Bras. Agrociência**. v. 11, n. 4, p. 393-396, 2005.

CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de água doce**. Jaboticabal: Funep, 1992.

CARNEIRO, R.L.; SILVA, J. A. M.; ALBINATI, R. C. V. B.; SOCORRO, E. P.; NEVES, A. P. Uso do microcrustáceo branchoneta (*Dendrocephalus brasiliensis*) na ração para tucunaré. **Rev. Brás. Saúde Prod. An.** v. 5, n. 1, p. 18-24, 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. 575-579, 2004.

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.

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

CHRISTENSEN, J. H.; KORUP, E.; AAROE, J.; TOFT, E.; MOLLER, J.; RASMUSSEN, K. Fish consumption, n-3 fatty acids in cell membranes, and heart rate variability in survivors of myocardial infraction with left ventricular dysfunction. **American Journal of Cardiology**. v. 79, 1670-1673, 1997.

COLE, C. G. B. Gelatin Food Science. Disponível em: <<http://www.gelatin.co.za>>. Acesso em 15 de jul. 2008.

CREXI, V. T.; GRUNENVALDT, F. F.; SOARES, L. A. S.; PINTO, L. A. A. Refino de óleos de corvina (*Micropogonias furnieri*) provenientes dos processos de ensilagem ácida e termomecânico de farinha. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. v. 66, p. 50-56, 2007.

COURTS, A.; WARD, A. G. **The Science and Technology of Gelatin – A Series of Monographs**. London: Academic Press. 1977.

DICKINSON, E.; LOPEZ, G. Comparison of the emulsifying properties of fish gelatin and commercial milk proteins. **Journal of Food Science**. v. 66, 118-123, 2001.

DJABOUROV, M.; LECHAIRE, L.; GAILL, F. Structure and rheology of gelatin and collagen gels. **Biorheology**. v. 30, 191-205, 1993.

ECHEVENGUÁ, M. M.; FIGUEIREDO, M. R. C.; ABDALLAH, P. R. Avaliação Econômica de um Policultivo de Carpas Chinesas por Pequenos Produtores Rurais e Pescadores Artesanais de Rio Grande e São José do Norte-RS. **SINERGIA**. v. 11(1), p. 9-16, 2007.

ESPÍNDOLA FILHO, A. et al. Processamento agroindustrial de resíduos de peixes, camarões, mexilhões e ostras pelo sistema cooperativado. Revista de Educação Continuada do CRMV-SP, São Paulo, 4: 52-61, 2001.

FERNÁNDEZ-DÍAS, M. D.; MONTERO, P.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. Effect of freezing fish skins on molecular and rheological properties of extracted gelatin. **Food Hydrocolloids**. v.17, p. 281-286, 2003.

FERNÁNDEZ-DÍAS, M. D.; MONTERO, P.; GÓMEZ-GUILLÉN, M.C. Gel properties of collagens from skins of cod (*Gadus morhua*) and hake (*Merluccius merluccius*) and their modification by the coenhancers magnesium sulphate, glycerol and transglutaminase. **Food Chemistry**, v. 74, p.161-167, 2001.

FRIESS, W. Collagen - Biomaterial for Drug Delivery. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**. v. 45, p. 113-136, 1998.

GALAZKA, V. B.; DICKINSON, E.; LEDWARD, D. A. Emulsifying behavior of globulin Vicia faba in mixtures with sulphated polysaccharides: Comparison of thermal and high-pressure treatments. **Food Hydrocolloids**. v. 13, p. 425-435, 1999.

GALDIOLI, E.M. HAYASHI, C.; SOARES, C.M. Diferentes fontes protéicas na alimentação de alevinos de curimba (*Prochilodus lineatus*, V.). **Acta Scientiarum**. v. 22, n. 2, p. 471-477, 2000.

GALLI, L.; TORLONI, C. **Criação de Peixes**. São Paulo: Ed. Nobel, 119p., 1986.

GELITA. The Gelatine Group. Disponível <em <http://www.gelita.com>>. Acesso em 26 de nov. 2008.

GILSENAN, P. M.; ROSS-MURPHY, S. B. Rheological characterization of gelatins from mammalian and marine sources. **Food Hydrocolloids**. v. 14, p. 191-195, 2000.

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

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

GUDMUNDSSON, M.; HÁFSTEINSSON, H. Gelatin from cod skins as affected by chemical treatments. **Journal of Food Science**. v. 62, p. 37-39, 1997.

GROSSMAN, S.; BERGMAM, M. Process for the production of gelatin from fish skins. U.S. Patent. 5, 093, 474, 1992.

GUO, M. R.; FOX, P. F.; FLYIN, A.; KINDSTED, P. S. Heat-induced modifications of the functional properties of sodium caseinate. **International Dairy Journal**. v. 6, n. 5, p. 489-498, 1996.

HAUG, I. J.; DRAGET, K. I.; SMIDSRÓD, O. Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mammalian gelatin. **Food Hydrocolloids**. v. 18, p. 202-213, 2004.

HEU, M. S.; KIM, H. R.; PYEUN, J. H. Comparison of trypsin and chymotrypsin from the viscera of anchovy, *Engraulis japonica*. **Comp. Biochem. Physiol.** v. 112B, n. 3, p. 557-567, 1995.

IBAMA. Estatística da Pesca 2006. Brasil - Grandes regiões e unidades de federação. Brasília. 147p., 2008.

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

JHINGRAN, V.; PULLIN, R. A hatchery manual for the common, Chinese and Indian major carps. Asian Development Bank, Manilla, 1988.

JOHNSTON-BANKS, F. A. Gelatin. Food gels, New York: Elsevier Applied Food Science Series, p. 233-289, 1990.

JONGJAREONRAK, A.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; TANAKA, M. Skin gelatin from bigeye snapper and brownstripe red snapper: Chemical compositions and effect of microbial transglutaminase on gel properties. **Food Hydrocolloids**. v. 20, p. 1216-1222, 2006.

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

KASANKALA, L. M.; XUE, Y.; WEILONG, Y.; HONG, S. D.; HE, Q. Optimization of gelatine extraction from grass carp (*Catenopharyngodon idella*) fish by response surface methodology. **Bioresource Technology**. v. 98, p. 3338-3343, 2007.

KIM, S. K.; MENDIS, E. Bioactive compounds from marine processing byproducts - A review. **Food Research International**. v. 39, p. 383-393, 2006.

KLOMKLAO, S.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; KISHIMURA, H.; SIMPSON, B. K. Purification and characterization of trypsins from the spleen of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). **Food Chemistry**. v. 100, p. 1580–1589, 2007.

KOŁODZIEJSKA, I; SKIERKA, E; SADOWSKA, M; KOŁODZIEJSKI, W; NIECIKOWSKA, C. Effect of extracting time and temperature on yield of gelatin from different fish offal. **Food Chemistry**. v. 107, p. 700-706, 2008.

LEUENBERGER, B. H. Investigation of viscosity and gelation properties of different mammalian and fish gelatins. **Food Hydrocolloids**. v. 5(4), p. 353-361, 1991.

LIASET, B.; LIED, E.; ESPE, M. Enzymatic hydrolysis of by-products from the fish-filleting industry: chemical characterization and nutritional evaluation. **J Sci Food Agric**. v. 80, p. 581-589, 2000.

LINDEN, G.; LORIENT, D. Bioquímica Agroindustrial - Revalorización alimentaria de la producción agrícola. Zaragoza: Acribia, S. A. 1994.

LIU, H. Y.; HAN, J.; GUO, S. D. Characteristics of the gelatin extracted from Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) head bones. **LWT - Food Science and Technology**. v. 42, p. 540-544, 2008.

LOBO, L. Coalescence during emulsification: 3. Effect of gelatin on rupture and coalescence. **Journal of Colloid and Interface Science**. v. 256, 165-174, 2002.

LUND, V. C. X; FIGUEIRA, M. de L. O. A. **Criação de tilápia**. São Paulo: Nobel, 1989.

MELO, A. R.; STIPP, N. A. F. A Piscicultura em Cativoiro como Alternativa Econômica para as Áreas Rurais. **Geografia**. v. 10, n. 2, p. 175-193, 2001.

MONTERO, P.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; BORDERÍAS, A. J. Functional characterization of muscle and skin collagenous material from hake (*Merluccius merluccius* L.). **Food Chemistry**. v. 65, p. 55-59, 1999.

MONTERO, P.; FERNÁNDEZ-DÍAS, M. D.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. Characterization of gelatin gels induced by high pressure. **Food Hydrocolloids**. v. 16, p. 197-205, 2002.

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

MOREIRA, H. L. M.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. P.; ZIMMERMANN, S. **Fundamentos da Moderna Aquicultura**. Canoas: Editora ULBRA, 2001.

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

MUYONGA, J. H.; COLE, C.G.B.; DUODU, K.G.. Characterization of acid soluble collagen from skins of young and adult Nile perch (*Lates niloticus*). **Food Chemistry**, v. 85, p. 81–89, 2004b.

NACA. Integrated Fish Farming in China. NACA Technical Manual 7. A World Food Day Publication of the Network of Aquaculture Centres in Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand. 278 pp., 1989.

NICOLAS-SIMONNOT MO, TREGUER V, LECLERC JP, SARDIN M, BRAJOUX JP, MOY J, TAKERKART G. Experimental study and modelling of gelatin production from bone powder: elaboration of an overall kinetic scheme for the acid process. **Chemical Engineering Journal**. v. 67 p. 55-64, 1997.

NORLAND, R. R. Fish gelatin. In M. N. Voight, & J. K. Botta (Eds.), *Advances in fisheries technology and biotechnology for increased profitability* (pp. 325-333). Lancaster: Technomic Publishing Co., 1990.

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

PARDI, M. C.; SANTOS, F. I.; SOUZA, E. R; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. v. 2, CEGRAF/EDUF, Goiânia, 1993.

PATAT, S. A.; CARNEGIE, R. B.; KINGSBURRY, C.; GROSS, P. S.; CHAPMAN, R.; SCHEY, K. L. Antimicrobial activity of histones from hemocytes

of the Pacific White Shrimp. **European Journal of Biochemistry**. v. 271, p. 4825-4833, 2004.

PAYNE, S. R.; YOUNG, O. A. Effects of pre-slaught administration of antifreeze proteins on frozen meat quality. **Meat Science**. v. 41(2), p. 147-155, 1995.

PESSATTI, M. L. Aproveitamento dos subprodutos do pescado. Meta 11. Relatório Final de Ações Prioritárias ao Desenvolvimento da Pesca e Aqüicultura no Sul do Brasil, Convênio Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Universidade do Vale do Itajaí, MA/SARC, n. 003/2000, 2001.

RAO, K. P. Recent developments of collagen based materials for medical applications and drug delivery systems. **Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition**. v. 7, p. 623-645, 1995.

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

SACHINDRA, NM.; BHASKAR, N.; MAHENDRAKAR, NS. Carotenoids in crabs from marine and fresh waters of India. *Lebens Wiss und-Technology - LWT - Food Science and Technology*. v. 38, n. 3, p. 221-225, 2005.

SCHACKY, C. V. n-3 fatty acids and the prevention of coronary atherosclerosis. **American Journal of Clinical Nutrition**. v. 71, p. 224–227, 2000.

SCHOTT, A. Functions of gelatin in food applications. **American Association of Cereal Chemists, Inc**. v. 46, p. 414-416, 2001.

SHAHIDI, F.; HAN, XS. Q.; SYNOWIECKI, J Production and characteristics of protein hydrolysates from capelin (*Mallotus villosus*). **Food Chemistry**. v. 53, n. 3, p. 285-293, 1995.

SLIZYTE, R.; DAUKSAS, E.; FALCHA, E.; STORROA, I.; RUSTAD, T. Characteristics of protein fractions generated from hydrolysed cod (*Gadus morhua*) by-products. **Proces Biochemistry**. v. 40, p. 2021–2033, 2005.

SMITH, V. J.; FERNANDES, J. M. O.; JONES, S. J.; KEMP, G. D.; TATNER, M. F. Antibacterial proteins in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Fish and Shellfish Immunology**. v. 10, p. 243-260, 2000.

SOUZA, M.L.R; DOURADO, D.M.; MACHADO, S.D.; BUCCINI, D.F.; JARDIM, M.I.A.; MATIAS, R.; CORREIA, C.; FERREIRA, I.C. Análise da Pele de Três Espécies de Peixes: Histologia, Morfometria e Testes de Resistência. **R. Bras. Zootec**. v. 32, n. 6, p. 1551-1559, 2003.

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. v. 4, p. 209–222, 1987.

STEVANATO, F. B. **Aproveitamento de cabeças de tilápia de cativeiro na forma de farinha como alimento para merenda escolar**. Dissertação, Mestrado em Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

STORI, F. T.; BONILHA, L. E. C.; PESSATTI, M. L. Proposta de aproveitamento dos resíduos das indústrias de beneficiamento de pescado de Santa Catarina com base num sistema gerencial de bolsa de resíduos. In: Social, Inst. Ethos de Empresas e Resp. Econômico, Jornal Valor. Responsabilidade social das empresas. São Paulo, 373-406 (390-397), 2002.

SURH, J.; DECHKER, E. A.; McCLEMENTS, D. J. Properties and stability of oil-in-water emulsions stabilized by fish gelatin. **Food Hydrocolloids**. v. 20, p. 596-606, 2006.

SURÓWKA, K.; FIK, M. Studies on the recovery of proteinaceous substances from chicken heads I. An application of neutrase to the production of protein hydrolysate. **International Journal of Food and Technology**. v. 27, p. 9-20, 1992.

TE NIJENHUIS, K. Thermoreversible networks: viscoelastic properties and structure of gels. **Advances Polymer Science**. 130, 1-267, 1997.

VISENTAINER, J. V.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; CATHARINO, R. R.; FRANCO, M. R. B. Composição química e de ácidos graxos em tilápias

(*Oreochromis niloticus*) submetidas à dieta prolongada. **Revista Nacional da Carne**. n. 319, p. 152-154, 2003.

YANG, H. WANG, Y.; JIANG, M.; OH, J. H.; HERRING, J.; ZHOU, P. 2-Step optimization of the extraction and subsequent physical properties of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) skin gelatin. **Journal of Food Science: Food Chemistry and Toxicology**. v. 72, n. 4, 2007.

YANG, H.; WANG, Y.; ZHOU, P.; REGENSTEIN, J. M. Effects of alkaline and acid pretreatment on the physical properties and nanostructures of the gelatin from channel catfish skins. **Food Hydrocolloids**. v. 22, p. 1541-1550, 2008.

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

ZHOU, P.; MULVANEY, S. J.; REGENSTEIN, J. M. Properties of Alaska Pollock Skin Gelatin: A Comparison with Tilapia and Pork Skin Gelatins. **Journal of Food Science: Food Chemistry and Toxicology**. v. 71, 2006.

ANEXOS

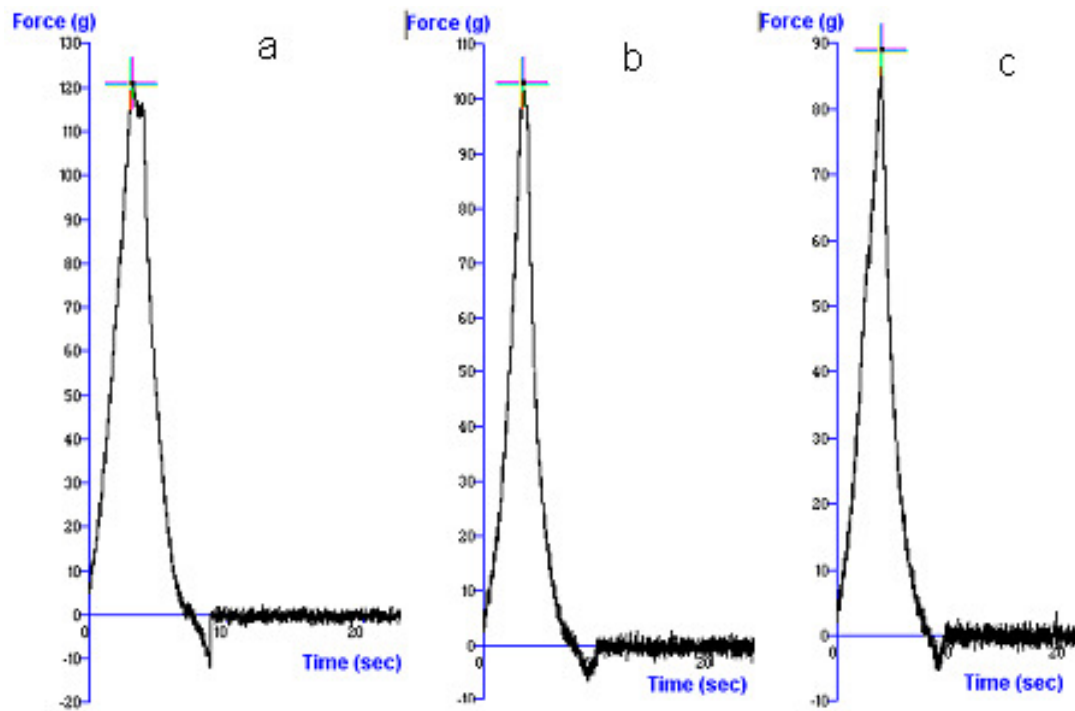


Figura 11: Gráficos obtidos na análise de força do gel das gelatinas (maturada a $7 \pm 1^\circ\text{C}$ por 18 ± 1 h) obtidas a partir da fração óssea das cabeças de carpa: (a) segunda extração; (b) terceira extração; (c) quarta extração.