



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

SANYELLE LIMA SOUSA

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE REESTRUTURADO DE
PESCADO UTILIZANDO A GALACTOMANANA (*Caesalpineae pulcherrima*)

FORTALEZA

2021

SANYELLE LIMA SOUSA

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE REESTRUTURADO DE PESCADO
UTILIZANDO A GALACTOMANANA (*Caesalpineia pulcherrima*)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. PhD. Elisabeth Mary Cunha da Silva.

Coorientadora: Profa. Dra. Stella Regina Arcanjo Medeiros.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S698d Sousa, Sanyelle Lima.
Desenvolvimento e caracterização de reestruturado de pescado utilizando a galactomanana (*Caesalpinea pulcherrima*) / Sanyelle Lima Sousa. – 2021.
127 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2021.
Orientação: Profª. Dra. Elisabeth Mary Cunha da Silva.
Coorientação: Profª. Dra. Stella Regina Arcanjo Medeiros.
1. Pescado reestruturado. 2. Oligoplites palomenta. 3. Reestruturação. 4. Goma. I. Título.
- CDD 664
-

SANYELLE LIMA SOUSA

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE RESTRUTURADO DE PESCADO
UTILIZANDO A GALACTOMANANA (*CAESALPINEA pulcherrima*)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em: 11/02/2021.

BANCA EXAMINADORA

Profa. PhD Elisabeth Mary Cunha da Silva (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Stella Regina Arcanjo Medeiros (Coorientadora)
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Profa. Dra. Idila Maria da Silva Araujo
Embrapa Agroindústria Tropical (EMBRAPA)

Profa. Dra. Marlene Nunes Damaceno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Profa. Dra. Joilane Alves Pereira Freire
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Profa. Dra. Tatiana Fontoura Vidal Bandeira

Prof. Dr. Johnny Peter Macedo Feitosa

A Deus.

Aos meus pais, a minha irmã e a minha
querida vó Raimudinha (*In memoriam*).

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Ceará e ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos por toda minha formação, aos professores, servidores e funcionários. Ao Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Pernambuco (IFPE) especialmente ao campus Barreiros pelo apoio.

A minha orientadora profa. PhD Elisabeth Mary Cunha da Silva e coorientadora profa. Dra Stella Regina Arcanjo Medeiros pela orientação, disponibilidade, dedicação e muita paciência e intervenção em momentos decisivos desta jornada.

Aos professores participantes da banca examinadora pelo tempo e valiosas colaborações. Meus agradecimentos especiais a Embrapa Agroindústria Tropical na pessoa da profa Idila Maria da Silva Araujo, pela extrema ajuda com o texturômetro e por seus aconselhamentos. A profa. Deborah da Silva Amaral, minha amiga, por suas excelentes contribuições em meu trabalho. Ao prof. Johnny Peter Macedo pela imensa paciência e extrema ajuda com a reologia.

Aos técnicos do Laboratório de Carnes e Pescados, Janevane Silva de Castro e Luiz Alves Bitu, não consigo expressar em palavras minha gratidão, pela boa convivência, amizade, ajuda e bons momentos. Com certeza, a presença de vocês fez deste período muito mais leve e vou guardá-los em meu coração. As minhas colegas de laboratório Theresa Paula Felix e Neliane Pereira pela parceria, amizade e apoio em diversos momentos, foi muito importante contar com vocês. As técnicas de Laboratório Neuma e Regiane pela boa convivência e companhia em nossos almoços e confraternizações.

Ao prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa, pela viabilização de algumas análises importantes em minha pesquisa. Aos técnicos do laboratório de frutas Fernando e Liana Flor pela ajuda com a análise de cor. A professora Clarisse Machado de Souza da FANOR pela ajuda e disposição na análise de encolhimento. Meus agradecimentos a profa. Dra. Sandra Aguiar Soares por gentilmente conceder sua permissão para utilização do laboratório de mecânica dos pavimentos, especialmente, ao técnico Wesley na execução das análises. Aos meus amigos de longa data Janaina de Paula, Luciana Carneiro e Luís Gomes que sempre me apoiaram com sua amizade e aconselhamentos.

A minha família, minha base e meu tudo, ao meu pai Cloves, minha irmã Celine e a minha vizinha Raimundinha, meu amor e eterna gratidão. Minha querida mãe Maria do Socorro pelo apoio, compreensão e meu escape e por sempre acreditar em mim. A todos que direta ou indiretamente me ajudaram, o meu muito OBRIGADO!!

“O mais competente não discute, domina a sua ciência e cala-se.” *Voltaire*.

RESUMO

O estudo de novos agentes ligantes na reestruturação é de suma importância para atender a crescente demanda por produtos à base de pescado. A extração desses ligantes de fontes vegetais na região apresenta-se como uma alternativa viável em substituição aos produtos comerciais. Portanto, o presente trabalho buscou desenvolver um reestruturado de peixe tapiro (*Oligoplites palometa*) utilizando como agente ligante a galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima*. Foi realizado um delineamento composto central rotacional (DCCR) tendo como variáveis independentes as concentrações de galactomanana e de sal e, como variáveis dependentes, a capacidade de retenção de água (CRA) e a perda de água por cocção (PPC). Os resultados foram analisados através da metodologia de superfície de resposta, por meio da análise de variância (ANOVA), teste de *Fischer* (F) e coeficiente de correlação (R^2), obtendo-se uma formulação otimizada contendo 1,8% de sal e 0,2% de galactomanana. Foram testados a reestruturação a quente e a frio nas propriedades físico-químicas e mecânicas em reestruturados com galactomanana. Esta demonstrou ser eficiente nos dois métodos, com dureza e coesividade semelhantes aos do reestruturado com transglutaminase, no método a frio, mais adesivo, e com menor dureza, no método a quente. Procedeu-se um estudo de armazenamento congelado (-18 °C) por 120 dias, no qual as amostras com galactomanana apresentaram maior CRA e menor PPC, além de menores valores de dureza e coesividade durante o período estudado. Os resultados foram consistentes com as características reológicas, pois, devido ao comportamento viscoso da galactomanana, este reestruturado apresentou menor firmeza, mas com um gel de flexibilidade e conectividade muito próximas aos da transglutaminase. Na microestrutura, observou-se que a galactomanana agiu como uma rede homogênea, com aparência de peças unidas. Mesmo com a presença de poucos poros vistos na microestrutura, a galactomanana apresentou as menores reduções de peso, altura e espessura em todos os métodos de cocção testados. Na análise sensorial com consumidores não treinados, o reestruturado com galactomanana obteve aceitação e intenção de compra semelhantes a transglutaminase. O uso da galactomanana foi menos efetivo nos aspectos de firmeza e elasticidade devido ao componente viscoso desta goma. Por outro lado, sua adição favoreceu a manutenção da suculência e maior rendimento desses produtos. Dessa maneira, a galactomanana apresenta-se como um bom agente ligante, além de contribuir para a valorização de espécies pouco conhecidas e exploradas como o peixe tapiro.

Palavras-chave: Reestruturação. Goma. *Oligoplites palometa*.

ABSTRACT

The study of new binding agents in restructuring is of paramount importance to meet the growing demand for fish-based products. The extraction of these binders from plant sources in the region is viable alternative to replace commercial products. Therefore, the present work sought to develop a restructured tapiro fish (*Oligoplites palometa*) using the galactomannan from *Caesalpinia pulcherrima* as a binding agent. A central composite rotational design (CCRD) was carried out with galactomannan and salt concentrations as independent variables and, water holding capacity (WHC) and cooking water loss (CWL), as dependent variables. The results were analyzed using the response surface methodology, through analysis of variance (ANOVA), Fischer test (F) and correlation coefficient (R^2), obtaining an optimized formulation containing 1.8% salt and 0.2% galactomannan. The hot and cold restructuring in the physicochemical and mechanical properties were tested in restructured with galactomannan. This proved to be efficient in both methods, with hardness and cohesiveness similar to the restructured with transglutaminase, in the cold method and, more adhesive, and with less hardness, in the hot method. A study of frozen storage (-18 °C) was carried out for 120 days, in which the samples with galactomannan showed higher WHC and lower CWL, in addition to lower values of hardness and cohesiveness during the studied period. The results were consistent with the rheological characteristics, because, due to the viscous behavior of galactomannan, this restructured showed less firmness, but with a gel of flexibility and connectivity very close to the transglutaminase. In the microstructure, it was observed that the galactomannan acted as a homogeneous network, with the appearance of joined parts. Even with the presence of few pores seen in the microstructure, the samples with galactomannan showed the smallest reductions in weight, height and thickness in all the cooking methods tested. In the sensorial analysis with untrained consumers, the restructured with galactomannan obtained acceptance and purchase intention similar to the sample with transglutaminase. The use of galactomannan was less effective in terms of firmness due to the viscous component of this gum. On the other hand, its addition favored the maintenance of the juiciness and higher yield of these products. Thus, galactomannan is presented as a good binder, besides contributing to the appreciation of the species few known and exploited as Tibiro fish.

Keywords: Restructuring. Gum. *Oligoplites palometa*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma de execução das etapas da tese	18
Figura 2 – Espécie <i>Oligoplites palometa</i>	22
Figura 3 – Estrutura química parcial das galactomananas	31
Figura 4 – Semente de <i>Caesalpineia pulcherrima</i> (A e B) e seção transversal (C)	32
Figura 5 – Fluxograma de extração da galactomanana de <i>Caesalpineia pulcherrima</i>	33
Figura 6 – Diagrama de Pareto da concentração de galactomanana e concentração de sal para a variável perda de peso por cocção	48
Figura 7 – Curva de contorno das variáveis concentração de sal e concentração de galactomanana em relação a variável dependente perda de peso por cocção	49
Figura 8 – Módulo de armazenamento (G') e módulo de perda (G'') em função da frequência a 25°C dos reestruturados de peixe tibi-ro com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal)	93
Figura 9 – Módulo de armazenamento (G') e módulo de perda (G'') em função da temperatura dos reestruturados de peixe tibi-ro com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal)	96
Figura 10 – Curvas de deformação em função do tempo para o teste de fluência e recuperação de reestruturado de tibi-ro elaborado com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal)	98
Figura 11 – Microestrutura dos reestruturados de peixe tibi-ro: (A) reestrurado MTGase em 1000X; (B) reestrurado MTGase em 10.000X; (C) reestrurado Gal em 1000X; (D) reestrurado Gal em 10.000X	101
Figura 12 – Reestruturados de peixe tibi-ro elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) assados, grelhados e fritos	102
Figura 13 – Distribuição dos provadores quanto à idade	105
Figura 14 – Distribuição dos provadores quanto ao gosto de peixe	106
Figura 15 – Distribuição dos percentuais de respostas dos provadores para intenção de compra	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Definição dos níveis das concentrações de galactomanana e sal na reestruturação do tibiuro do DCCR.....	40
Tabela 2 – DCCR para os níveis de concentração de galactomanana (%) e sal (%)	41
Tabela 3 – Composição centesimal do filé de tibiuro	42
Tabela 4 – Resultados da capacidade de retenção de água, perda de peso por cocção, pH, bases voláteis totais (N-BVT), substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e coordenadas de cor L*, a* e b* do filé de tibiuro congelado	44
Tabela 5 – Resultado da análise de firmeza do filé de tibiuro congelado	45
Tabela 6 – Resultados médios da capacidade de retenção de água e perda de peso por cocção dos reestruturados de tibiuro com galactomanana e sal	46
Tabela 7 – Análise de variância dos modelos de regressão para as variáveis capacidade de retenção de água e perda de peso por cocção	46
Tabela 8 – Efeito estimado, erro puro e coeficiente t dos fatores do modelo codificado para a perda de peso por cocção	47
Tabela 9 – Resultados da análise variância para perda de peso por cocção (%)	48
Tabela 10 – Formulação dos reestruturados de tibiuro com galactomanana e com transglutaminase obtidos pelos métodos a quente e a frio	53
Tabela 11 – Resultados médios da composição centesimal dos reestruturados de tibiuro elaborados com galactomanana e transglutaminase obtidos pelos métodos a frio e a quente	57
Tabela 12 – Resultados de pH, atividade de água (A_w), água expressível (A_E) e perda de peso por cocção (PPC) dos reestruturados de tibiuro elaborados com galactomanana e transglutaminase obtidos pelos métodos a frio e a quente	58
Tabela 13 – Coordenadas de cor (L*, a* e b) dos reestruturados de tibiuro elaborados com galactomanana e transglutaminase obtidos pelos métodos a frio e a quente	61
Tabela 14 – Parâmetros dureza (g), coesividade, adesividade (g. s), elasticidade (mm) e	63

mastigabilidade (g.mm) dos reestruturados de tibiros elaborados com galactomanana e transglutaminase obtidos pelos métodos a quente e a frio	
Tabela 15 – Formulações dos reestruturados de tibiros adicionados de transglutaminase (MTGase) e galactomanana (Gal) em g/100g	67
Tabela 16 – Análise de pH de reestruturados de tibiros elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) armazenados sob congelamento por 120 dias	73
Tabela 17 – Bases voláteis totais (N-BVT) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) de reestruturados de tibiros elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) armazenados sob congelamento por 120 dias	74
Tabela 18 – Coordenada luminosa (L^*) de reestruturados de tibiros elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) armazenados sob congelamento por 120 dias	76
Tabela 19 – Coordenadas de cor (a^* e b^*) de reestruturados de tibiros elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) armazenados sob congelamento por 120 dias	77
Tabela 20 – Análise de água expressível (AE) e perda de peso por cocção (PPC) de reestruturados de tibiros elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) armazenados sob congelamento por 120 dias	78
Tabela 21 – Dureza (g) e coesividade de reestruturados de tibiros elaborados com galactomanana (Gal) e com transglutaminase (MTGase) armazenados sob congelamento por 120 dias	80
Tabela 22 – Elasticidade e adesividade de reestruturados de tibiros elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) armazenados sob congelamento por 120 dias	82
Tabela 23 – Formulações (g/100g) dos reestruturados de tibiros adicionados de transglutaminase (MTGase) e galactomanana (Gal)	86
Tabela 24 – Formulações dos reestruturados de tibiros com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) submetidos a análise sensorial	90

Tabela 25 – Resultados de amplitudes de tensão (σ máx) e deformação (γ máx) em reestruturados de peixe com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal)	92
Tabela 26 – Parâmetros reológicos de reestruturados de peixe com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) obtidos pela aplicação da lei de potência	95
Tabela 27 – Força de gel (S) e expoente de relaxamento (n) e elasticidade (%) de reestruturado de tibirol elaborado com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal)	99
Tabela 28 – Valores médios de encolhimento dos reestruturados de peixe tibirol elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) assados, grelhados e fritos	103
Tabela 29 – Valores médios de perda de peso dos reestruturados de tibirol elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) assados, grelhados e fritos	104
Tabela 30 – Análises microbiológicas das formulações de hambúrgueres de tibirol elaborados com a transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal)	104
Tabela 31 – Médias das notas hedônicas dos atributos aroma, cor, sabor, textura e aceitação global (AG) dos hambúrgueres de peixe	107
Tabela 32 – Médias das notas para a intenção de compra dos hambúrgueres de tibirol com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal)	107

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOAC	Association of Official Analytical Chemists
EFSA	European Food Safety Authority
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
OECD	Organisation for Economic Co-operation Development
OMS	Organização Mundial de Saúde
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	17
1.1	Objetivo geral	18
1.1.1	<i>Objetivos específicos</i>	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	Importância do pescado	20
2.1.1	<i>Tibiro (Oligoplites palometa)</i>	21
2.2	Pescado reestruturado	22
2.2.1	<i>Transglutaminase</i>	26
2.2.2	<i>Utilização de outros agentes ligantes na reestruturação de pescados</i>	28
2.3	Galactomananas	30
2.3.1	<i>Caesalpineia pulcherrima</i>	32
3	CARACTERIZAÇÃO DO PESCADO E OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE REESTRUTURAÇÃO DE TIBIRO (<i>Oligoplites palometa</i>)	35
3.1	Introdução	35
3.2	Materiais e métodos	36
3.2.1	<i>Material</i>	36
3.2.2	<i>Caracterização do filé de tibiro (Oligoplites palometa)</i>	36
3.2.2.1	<i>Composição centesimal</i>	36
3.2.2.2	<i>Capacidade de retenção de água (CRA)</i>	37
3.2.2.3	<i>Perda de água por cocção (PPC)</i>	37
3.2.2.4	<i>pH</i>	37
3.2.2.5	<i>Bases voláteis totais (N-BVT)</i>	38
3.2.2.6	<i>Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)</i>	38
3.2.2.7	<i>Determinação de cor</i>	39
3.2.2.8	<i>Determinação da Firmeza</i>	39
3.2.3	<i>Planejamento experimental</i>	40
3.2.3.1	<i>Preparação dos reestruturados</i>	41
3.2.4	<i>Análise estatística</i>	42
3.3	Resultados e discussão	42
3.3.1	<i>Caracterização do filé de tibiro (Oligoplites palometa)</i>	42

3.3.2	<i>Planejamento experimental</i>	45
3.4	Conclusão	49
4	EFEITO DA GALACTOMANANA (<i>Caesalpineia pulcherrima</i>) EM DIFERENTES MÉTODOS DE REESTRUTURAÇÃO DE PESCADO	51
4.1	Introdução	51
4.2	Material e métodos	52
4.2.1	<i>Material</i>	52
4.2.2	<i>Preparação do reestruturado</i>	52
4.2.3	<i>Métodos</i>	53
4.2.3.1	<i>Composição centesimal</i>	53
4.2.3.2	<i>pH</i>	54
4.2.3.3	<i>Atividade de água</i>	54
4.2.3.4	<i>Água expressível (AE)</i>	54
4.2.3.5	<i>Perda de peso por cocção</i>	55
4.2.3.6	<i>Determinação de cor</i>	55
4.2.3.7	<i>Análise de textura (TPA)</i>	55
4.2.4	<i>Análise estatística</i>	56
4.3	Resultados e discussão	56
4.3.1	<i>Composição centesimal</i>	56
4.3.2	<i>pH e atividade de água (Aw)</i>	57
4.3.3	<i>Água expressível (AE) e perda de peso por cocção (PPC)</i>	58
4.3.4	<i>Coordenadas de Cor</i>	60
4.3.5	<i>Perfil de Textura (TPA)</i>	61
4.4	Conclusão	65
5	EFEITO DO ARMAZENAMENTO CONGELADO SOBRE O REESTRUTURADO DE PESCADO ELABORADO COM GALACTOMANANA (<i>Caesalpineia pulcherrima</i>)	66
5.1	Introdução	66
5.2	Matérias e métodos	67
5.2.1	<i>Material</i>	67
5.2.2	<i>Preparação do reestruturado</i>	67
5.2.3	<i>Métodos</i>	68

5.2.3.1	<i>pH</i>	68
5.2.3.2	<i>Bases voláteis totais (N-BVT)</i>	68
5.2.3.3	<i>Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)</i>	69
5.2.3.4	<i>Determinação de cor</i>	70
5.2.3.5	<i>Água expressível (AE)</i>	70
5.2.3.6	<i>Perda de peso por cocção (PPC)</i>	71
5.2.3.7	<i>Análise de textura</i>	71
5.2.4	Análise estatística	72
5.3	Resultados e discussão	72
5.3.1	<i>pH</i>	72
5.3.2	<i>Bases voláteis totais (N-BVT) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)</i>	73
5.3.3	<i>Determinação de Cor</i>	75
5.3.4	<i>Água expressível (AE) e perda de peso por cocção (PPC)</i>	77
5.3.5	<i>Análise de Textura</i>	79
5.4	Conclusão	83
6	PROPRIEDADES REOLÓGICAS E MICROESTRUTURAIS, EFEITO DE MÉTODOS DE COCÇÃO E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE REESTRUTURADOS DE PEIXE TIBIRO	84
6.1	Introdução	84
6.2	Matérias e métodos	85
6.2.1	<i>Material</i>	85
6.2.2	<i>Preparação dos reestruturados</i>	85
6.2.3	<i>Métodos</i>	86
6.2.3.1	<i>Medições reométricas dinâmicas</i>	86
6.2.3.1.1	Teste de varredura de estresse	86
6.2.3.1.2	Teste de varredura de frequência	87
6.2.3.1.3	Teste de varredura de temperatura	87
6.2.3.1.4	Teste de fluência e recuperação	87
6.2.3.2	<i>Microscopia eletrônica de varredura (MEV)</i>	88
6.2.3.3	<i>Análise de encolhimento e perda de peso</i>	88
6.2.3.4	<i>Análises microbiológicas</i>	89
6.2.3.5	<i>Análise sensorial</i>	90

6.2.4	<i>Análise estatística</i>	91
6.3	Resultados e discussão	91
6.3.1	<i>Varredura de estresse</i>	91
6.3.2	<i>Varredura de frequência</i>	93
6.3.3	<i>Varredura de temperatura</i>	95
6.3.4	<i>Teste de fluência e recuperação</i>	97
6.3.5	<i>Microscopia eletrônica de varredura (MEV)</i>	100
6.3.6	<i>Análise de encolhimento e perda de peso</i>	101
6.3.7	<i>Análises microbiológicas</i>	104
6.3.8	<i>Análise sensorial</i>	104
6.3.8.1	<i>Perfil dos consumidores</i>	105
6.3.8.2	<i>Resultados dos testes sensoriais</i>	106
6.4	Conclusão	108
7	CONCLUSÃO GERAL	110
	REFERÊNCIAS	111
	APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	126
	APÊNDICE B - FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DO HAMBÚRGUER DE PEIXE	127

1 INTRODUÇÃO GERAL

As galactomananas são importantes hidrocoloides que possuem diversas aplicações industriais devido a sua excelente capacidade de formar soluções viscosas em baixas concentrações. Além disso, são reconhecidas pela melhora em processos que alteram os parâmetros de congelamento e de formação de cristais de gelo e elevação da capacidade de retenção de água de soluções (SOUZA, 2009). Diante destes atributos, sua aplicação como agente ligante na reestruturação de pescado, apresenta-se como uma possibilidade relevante por exibir características importantes e indispensáveis na elaboração de produtos reestruturados.

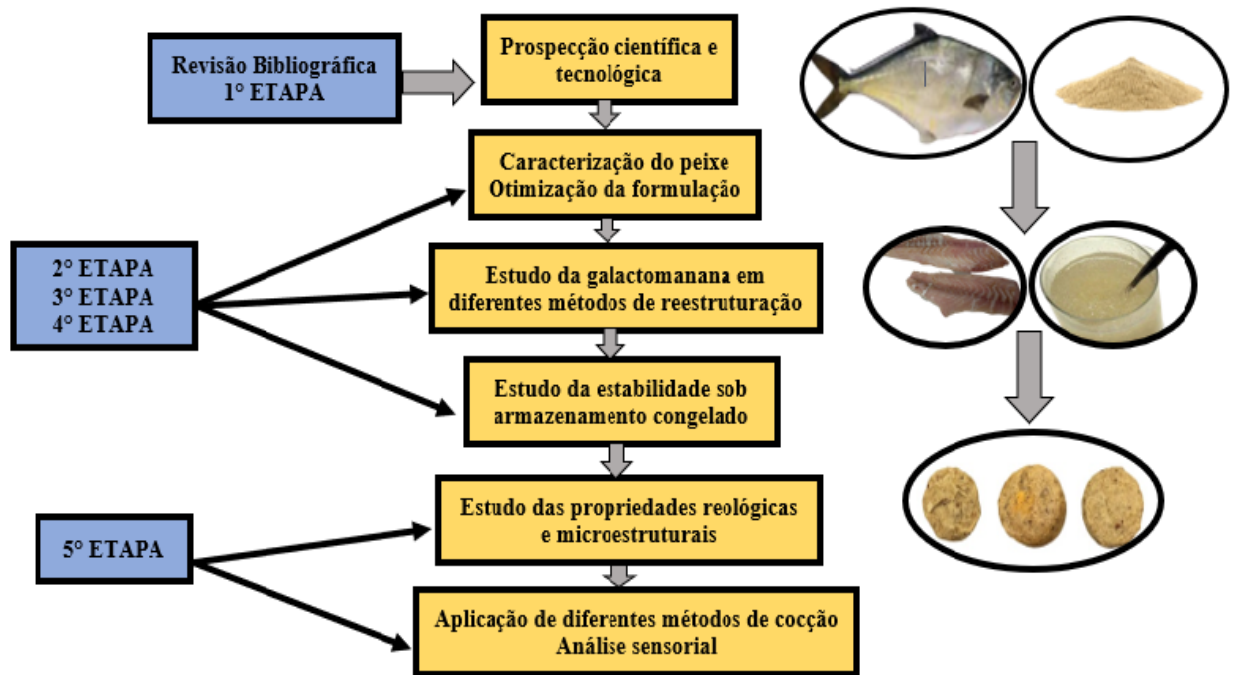
Neste sentido, a galactomanana proveniente das sementes da *Caesalpinia pulcherrima*, planta ornamental abundante em nossa região, possui reconhecidas propriedades viscosas que se assemelham a gomas comerciais, a sua disponibilidade e baixo custo de obtenção tornam esta uma matéria-prima bastante atrativa para exploração (ANDRADE *et al.*, 1999). Esta galactomanana já foi aplicada com sucesso como estabilizante em sorvetes e sobremesas lácteas, e como fonte de fibra em iogurtes e bebidas lácteas (BURITI *et al.*, 2014; MEDEIROS *et al.*, 2020, PASSOS *et al.*, 2016). Em carnes foi aplicada como fonte de fibra solúvel e substituta de gordura e na composição de *nuggets* e *fishburger* de surimi de tilápia (MAIA *et al.*, 2015; MATOS, 2013).

Estudos para avaliar o potencial de aplicação desta goma em pescados são promissores por proporcionarem novas possibilidades de coadjuvantes de tecnologia para a indústria de pescado. Assim, sua atuação como agente ligante na reestruturação do músculo de peixe triturado deve ser investigada visando contribuir para a formação de novos produtos a base de pescado. Nessa perspectiva, será possível obter reestruturados de peixe que apresentarão textura, cor, odor e aparência mais atrativa para os consumidores e microbiologicamente seguros (KUNNATH *et al.*, 2015; SÁNCHEZ-ALONSO *et al.*, 2008).

Na seleção do pescado que irá compor o reestruturado, é importante considerar peixes abundantes na região, acessíveis e com valor nutricional. Atendendo a estes requisitos, o tibirol (*Oligoplites palometa*), espécie pouco conhecida em centros urbanos, mas que apresenta uma considerável fonte proteica e baixo teor de gordura. Sua utilização possibilitará agregar valor a este valioso peixe, além de contribuir para uma maior oferta no mercado de produtos a base de pescado.

Diante do exposto, o presente estudo desenvolveu um reestruturado a partir do peixe tapiro (*Oligoplites palometa*) utilizando como agente ligante a galactomanana de *Caesalpineia pulcherrima*. Para execução desta pesquisa foram necessárias cinco etapas ilustradas pelo fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de execução das etapas da tese



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

1.1 Objetivo geral

Desenvolver um reestruturado a partir do peixe tapiro (*Oligoplites palometa*) utilizando como agente ligante a galactomanana extraída de sementes de *Caesalpineia pulcherrima*.

1.1.1 Objetivos específicos

Esta pesquisa tem como objetivos específicos:

- a) Caracterizar o peixe tapiro quanto à composição centesimal, valor calórico, oxidação lipídica por meio das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico

(TBARS), bases voláteis totais (N-BVT), análise de firmeza, capacidade de retenção de água, perda de água por cocção e cor;

- b) desenvolver um reestruturado de pescado utilizando a galactomanana como agente ligante e comparar com um reestruturado elaborado com transglutaminase comercial;
- c) otimizar as concentrações de galactomanana e de sal na elaboração do reestruturado de tibiuro por meio de planejamento experimental considerando como variáveis resposta a capacidade de retenção de água (CRA) e a perda de água por cocção (PPC);
- d) avaliar o efeito dos métodos de reestruturação (à quente e à frio) nas propriedades físico-químicas e mecânicas do reestruturado otimizado com galactomanana e da formulação contendo transglutaminase;
- e) avaliar a estabilidade sob congelamento (-18 °C) dos reestruturados de tibiuro por meio da avaliação do pH, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), bases voláteis totais e trimetilamina (N-BVT), análise de cor (L^* , a^* e b^*), teor de água expressível, perda de água por cocção e perfil de textura (TPA) por um período de 120 dias;
- f) analisar as características reológicas dos reestruturados de tibiuro utilizando os testes de varredura de tensão, frequência e temperatura, bem como analisar a fluência e recuperação;
- g) analisar o encolhimento e perda de peso dos reestruturados de tibiuro em função de diferentes métodos de cocção;
- h) analisar a morfologia dos reestruturados de tibiuro por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV);
- i) avaliar a qualidade microbiológica dos reestruturados de tibiuro;
- j) realizar a análise sensorial da formulação otimizada do reestruturado de tibiuro por meio dos testes de aceitação, pareado preferência e intenção de compra.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância do pescado

O peixe representa importante fonte de proteína de alta qualidade, no qual é encontrada uma grande quantidade de aminoácidos essenciais. Fornece, também, minerais relevantes na dieta - como cálcio, fósforo e magnésio - além de consistir em um repositório de vitaminas lipossolúveis (MOHANTY *et al.*, 2017). Os ácidos graxos insaturados também fazem parte da valiosa composição dos pescados - os poli-insaturados, como o ômega 3 (ω 3-PUFA), ácido eicosapentaenoico ou EPA (20:5) e ácido docosaenoico ou DHA (22:6) – que conduzem um efeito positivo na prevenção de muitas doenças, incluindo as cardiovasculares, cânceres, doenças inflamatórias e autoimunes, bem como doenças psiquiátricas e mentais (ZHANG *et al.*, 2020).

Devido a sua qualidade nutricional, prevê-se que o consumo mundial de pescados atinja 21,3 Kg/ano em 2028, 1 Kg a mais, dos previstos para os anos de 2016 a 2018. Os fatores que contribuirão para o aumento desse consumo são a diminuição do desperdício, a melhoria dos canais de distribuição e a demanda relacionada ao crescimento populacional (OECD/FAO, 2019). O brasileiro consome, em média, 9,5 Kg/ano de pescado, abaixo dos 12 Kg/ano recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Em algumas regiões, este consumo é acima da média nacional, como na região Norte, com 30 kg/ano, enquanto em outros Estados, como o Rio Grande do Sul, a média *per capita* está bem abaixo do valor nacional. Em detrimento a esta realidade, o consumo de pescados no Brasil só tende a aumentar a cada ano, em virtude das políticas públicas que incentivam o consumo, da culinária japonesa cada vez mais efetiva e também pelo aumento da disponibilidade e diversificação de novos produtos (PEIXEBR, 2019; SEBRAE, 2015).

Com a crescente procura por pescados e seus produtos derivados, a pesca de captura não se expressa suficiente para atender essa demanda. Em decorrência das mudanças climáticas e da exploração excessiva dos recursos pesqueiros, a produção encontra-se estática desde o final dos anos de 1980. O Brasil demonstra condições favoráveis para o incremento da aquicultura, visto que possui um vastíssimo litoral, com 7.367 Km de costa oceânica, passível de utilização para produzir em cativeiro (KIRCHNER *et al.*, 2016). De acordo com Kubitza (2015), a aquicultura cresceu consideravelmente, mas poderia ter evoluído bem mais, se houvesse melhor organização dos produtores, políticas públicas mais efetivas e maior apoio

do governo ao setor. A oferta e o consumo de pescado no Brasil crescem em razão da aquicultura e do volume de importações. Somente no ano de 2019 foram importadas 94.397,02 toneladas, enquanto o volume de exportações foi de 10.615,48 toneladas, considerando peixes congelados, frescos ou refrigerados (BRASIL, 2020). Segundo dados da FAO (2018), no ano de 2016, o percentual de cerca de 45% do pescado foi direcionado para consumo direto na modalidade fresca e resfriada, 31% de peixe congelado, 12% nas formas de seca, salgada, defumada e 12%, preparadas e conservadas.

Como significativa parcela do pescado é destinada ao processamento, muitos resíduos e subprodutos são gerados pela indústria. As sobras do processamento de alimentos representam cerca de 50% da matéria-prima inicial, que não são aproveitadas ao final do processamento do pescado (LEITE; SUCASAS; OETTERER, 2016). Para Borghesi *et al.* (2017), o conhecimento sobre a qualidade do resíduo gerado é essencial para decidir qual destino e manejo será dado a esse material.

São considerados resíduos algumas espécies de peixe ou produtos de captura que não têm valor comercial, além de espécies comerciais danificadas ou capturadas em quantidades insuficientes para a venda (CARUSO, 2015). Com efeito, são matérias-primas de baixo valor, porém, estas contêm nutrientes, semelhantes aos pescados comerciais, desde que sejam asseguradas as condições higiênico-sanitárias adequadas ao processamento, pois, assim, matérias subvalorizadas são passíveis de ser melhoradas e aplicadas em alimentos com maior valor agregado (CARDOSO; NUNES, 2013).

2.1.1 Tibiro (*Oligoplites palometa*)

O *Oligoplites palometa*, denominado popularmente de tibiuro, timbiuro ou guaivira, pertence à família Carangidae que se distribui em ambientes pelágicos costeiros e oceânicos, vivendo em cardumes próximo à costa onde são capturados por meio de redes de arrastões (ARAÚJO; ARAÚJO; CHELLAPPA, 2012; SANTOS *et al.*, 2009). O tibiuro é possuidor de hábito alimentar zoófago, e na maioria dos peixes da família Carangidae possui duas fases de desenvolvimento, uma juvenil - no fundo da lama ou areia - e outra adulta - pelágica (ARAÚJO; VASCONCELOS FILHO, 1979).

O peixe é mostrado na Figura 2, sendo suas principais características externa o corpo alongado e comprimido lateralmente com o focinho pontudo, a pele é prateada com região dorsal azulada, ventre esbranquiçado e olhos pequenos e sem pálpebras adiposas

(BRASIL, 2016). Com relação às características dos filés e postas, estas exibem musculatura predominantemente branca e vermelha, amplamente distribuída, variando de acordo com a profundidade do corte.

Figura 2 – Espécie *Oligoplites palometa*



Fonte: Brasil (2016, p. 92).

Este peixe exprime um grande potencial comercial, suprimindo a demanda por peixes nobres, por ser uma matéria-prima de menor custo, sempre disponível no mercado nordestino e tornando-se uma considerável fonte proteica. Trabalhos científicos sobre a aplicação de tecnologias nesse pescado são escassos na literatura e os poucos limitam-se a caracterizar sua composição química. Araújo (2013) realizou a caracterização do tibi-ro, obtendo resultados - como elevada umidade, conteúdo lipídico variando de 0,85 g/100g a 1,48 g/100g, com maior porcentagem de ácidos graxos saturados e monoinsaturados. Costa *et al.* (2015) avaliaram os nutrientes perdidos após as três lavagens sucessivas para a obtenção de surimi de tibi-ro, constatando poucas variações na composição centesimal dos produtos.

2.2 Pescado reestruturado

A reestruturação consiste na redução do músculo de pescado, na adição de sal para solubilização das proteínas miofibrilares, seguida da prensagem em moldes para obter o formato pretendido. Além de agregar valor ao novo produto em configuração e tamanho desejados, também é regulável o teor de gordura, sendo possível, ainda, juntar fibras inexistentes em produtos à base de pescados. No Brasil, não existe legislação específica para pescado reestruturado, as normas nacionais admitem na aplicação de surimi, carne mecanicamente separada e carne moída ou picada de pescado, o emprego de espessantes, tais como alginato, ágar, carragena, goma guar, alfarroba, xantana, entre outros (BRASIL, 2019).

Para melhor entendimento do processo tecnológico a fim de se obter um reestruturado de pescado, é necessário recorrer à bioquímica do músculo de peixe para explicar como uma matéria-prima triturada se liga para constituir um produto com aspecto semelhante à sua conformação natural. O processo responsável pela obtenção de pescado reestruturado adequado, para produzir produtos aceitos sensorialmente, é a ligação entre as proteínas que necessitam obter um certo grau de desdobramento das moléculas, por meio de desnaturação e reorganização, num arranjo diferente em uma matriz mais ou menos ordenada (TOTOSAUS *et al.*, 2002).

O tecido muscular compõe a grande parte da massa do corpo de peixes, sendo maior do que em outros vertebrados, o que é justificado pela necessidade de menor peso e maior demanda de atividade pelo sistema motor desses seres (SANTOS, 2007). As proteínas do músculo do pescado são divididas em três grupos: sarcoplasmáticas, miofibrilares e as do tecido conjuntivo. As proteínas miofibrilares encontram-se nas miofibrilas responsáveis pelo mecanismo contrátil do músculo, compostas por filamentos grossos, formados pela miosina, e por filamentos finos, constituídos por actina, nebulina, tropomiosina e troponina (LAWRIE; LEDWARD, 2006; SANTOS, 2007). Sob o ponto de vista tecnológico, as proteínas miofibrilares, particularmente a miosina, por sua solubilidade em soluções salinas, exercem um grande papel no processo de reestruturação. Assim, constitui-se uma rede tridimensional capaz de reter moléculas de água no interior do próprio líquido, criando um alimento que denota características intermediárias de um sólido em relação a um líquido (BANERJEE; BHATTACHARYA, 2012).

O processamento tradicional de reestruturação utiliza o calor para a formação do gel e divide-se nas etapas de solubilização das proteínas, configuração e aquecimento. Na solubilização, é adicionado sal com o intuito de alterar a força iônica, induzindo o fenômeno *salting-in*, que permite maior interação das proteínas com o sal e a redução das interações proteína-proteína, favorecendo a solubilização (BANERJEE; BHATTACHARYA, 2012; MARTÍN-SANCHEZ *et al.*, 2009). Na fase de configuração, é formada uma pasta viscosa contendo complexos de actomiosina dispersos desorganizadamente, porém, com grande capacidade de retenção de água. Essa pasta é submetida ao aquecimento em temperaturas inferiores a 50 °C, com o objetivo de estabilizar as ligações intra e intermoleculares e promover a formação de um gel translúcido denominado *suwari* que, na etapa seguinte de aquecimento, é submetido a temperaturas de 80 a 90 °C para formação irreversível do gel kamoboko (MARTÍN-SANCHEZ *et al.*, 2009).

Apesar de serem formados géis com boas características, utilizando somente o músculo de pescado pelo método descrito anteriormente, com a inserção de agentes ligantes, foram obtidos os melhores resultados em relação às propriedades mecânicas, funcionais e sensoriais em reestruturados de pescados (RAMÍREZ *et al.*, 2011). Na prática, os métodos para a obtenção de pescado reestruturado induzem a formação do gel, combinando fatores físicos e químicos. De modo geral, os trabalhos utilizam a matéria-prima fresca ou congelada, eviscerada, filetada, triturada, e, quando da mistura, são adicionados ingredientes para ajudar na formação do gel, como os sais que solubilizam as proteínas, sendo o mais utilizado o cloreto de sódio, além de serem adicionados outros aditivos neste período, como polifosfatos, sorbitol, amido de milho e os agentes gelificantes (JEYAKUMARI *et al.*, 2016; MORENO; CARBALLO; BORDERÍAS, 2013). Em seguida, as amostras, geralmente, são moldadas em formatos circulares, tubos cilíndricos de inox ou invólucros de celulose, embaladas a vácuo e submetidas a duas fases necessárias para configuração do gel. A primeira efetiva-se com temperaturas que variam de 35 a 40 °C, por tempos de 30 a 60 minutos, enquanto na segunda se recorre à temperatura de 90 °C por períodos que variam de 15 a 60 minutos, seguindo-se um resfriamento em banho de gelo e a manutenção a 4 °C por 24 h antes, do início da realização das análises necessárias (CARDOSO *et al.*, 2010; CARDOSO; RIBEIRO; MENDES, 2012; RAMÍREZ *et al.*, 2007).

Pelo método de indução física utilizando o calor, Martelo-Vidal *et al.* (2016a), na etapa de configuração do gel, testaram, na primeira fase de aquecimento, os binômios de tempo e temperatura de 7 °C/12 h, 25 °C/2 h e 40 °C/15 minutos, ao passo que, na segunda fase, utilizaram a temperatura de 90 °C por 45 minutos e concluíram que o pescado reestruturado obtido a 25 °C/2 h ofereceu as melhores propriedades de textura. Os autores Martelo-Vidal, Mesas e Vázquez (2012) e Martelo-Vidal *et al.* (2016b) optaram por utilizar um tratamento térmico direto na temperatura de 90 °C, assemelhando-se ao procedimento de obtenção do gel do tipo *kamoboko*.

Outra estratégia é realizar a fase de configuração do gel a frio, oportunidade em que a matéria-prima passa, anteriormente, por evisceração, filetagem e trituração, adição e homogeneização de ingredientes, moldagem em placas circulares envolvidas em embalagem a vácuo e configuração a frio, sob temperaturas de 4 °C ou 5 °C por 24 h (ANDRÉS-BELLO *et al.*, 2011; KUNNATH *et al.*, 2015; MONTEIRO *et al.*, 2015; MORENO; CARBALLO; BORDERÍAS, 2011).

Os pesquisadores Moreno, Carballo e Borderías (2008) testaram a configuração a frio usando 1 h, 6 h, 24 h e 48 h a temperatura de 4 °C e concluíram que não houve mudança significativa na configuração a 48 h em relação ao tempo de 24 h, e o tempo de 1 h não foi suficiente para ocorrer as ligações entre as proteínas necessárias para formação do gel. A vantagem do emprego de configuração a frio é o aspecto de produto fresco, uma vez que pescados reestruturados induzidos pelo calor exibem aparências de cozidos e, segundo Moreno, Carballo e Borderías (2013), existe maior preferência por produtos frescos do que aqueles aparentemente cozidos. Além disso, existem inúmeras possibilidades de aplicação desse produto, tais como sushi, marinados, carpaccio, ou como análogos de filés de peixe, consumidos crus ou cozidos (MORENO; CARBALLO; BORDERÍAS, 2008).

Em outros trabalhos, o meio para favorecer a formação do gel em pescados reestruturados foi alterar o pH externo, com a adição de acidulantes ou alcalinizantes, com vistas a causar uma desnaturação suficiente para ajudar na formação do gel. Os autores Herranz, Solo-de-Zaldívar e Borderías (2013) e Solo-de-Zaldívar *et al.* (2015) realizaram a adição de KOH na fase de acréscimo de ingredientes, elevando o pH para a faixa de oito a 12, de modo que o agente gelificante glucomanana konjac obtivesse melhor desempenho. Feito isso, os reestruturados de pescado foram moldados e mantidos em banho-maria a temperatura de 30 °C por 1 h, resfriados a 5 °C por 4 h e, posteriormente, foi adicionada uma solução-tampão para que o produto exibisse um pH de 6,5 a 7.

Os autores Cardoso, Ribeiro e Mendes (2012) estudaram os efeitos do H₃PO₄ como acidulante e do NaOH como alcalinizante em filés de merluza (*Merluccius capensis*) congelados e demonstraram, por meio de um estudo com superfície-resposta, que a textura, a cor e a ligação com água de géis de pescado reestruturado induzido pelo calor eram fortemente influenciadas pelo pH. Os autores Moreno, Carballo e Borderías (2008) testaram a adição de ácido cítrico e concluíram que o pH igual a 6,0 em filés de pescada reestruturados (*Merluccius capensis*) possibilitou estender a vida útil desse produto por até 14 dias, porém, a reestruturação não externou uma força de ligação suficiente para mantê-lo íntegro durante o período de armazenamento e comercialização.

A estabilidade do produto reestruturado durante o armazenamento é um fator imprescindível para o sucesso comercial. Sánchez-Alonso *et al.* (2008) elaboraram um reestruturado de pescado com a adição de bagaço de uva branca, um subproduto da indústria do vinho, caracterizado por ser uma fibra dietética com atividade antioxidante, que inibiu consideravelmente a oxidação lipídica durante o armazenamento do produto congelado por

cerca de 180 dias acondicionado em embalagem a vácuo. Sánchez-Alonso *et al.* (2011) avaliaram um reestruturado de pescado enriquecido com fibras de trigo e ácido cafeíco, um antioxidante natural, e constataram uma inibição lipídica durante dez dias de armazenamento refrigerado a 4 °C.

O trabalho de Fillería e Tironi (2015) teve como objetivo testar a atividade antioxidante natural de isolados e hidrolisado da semente de amaranto, e também explorar a possibilidade de substituição completa do sal, no armazenamento refrigerado por nove dias. Esses autores concluíram que era possível a utilização dessas substâncias na obtenção de pescados reestruturados com benefícios importantes, como a inibição parcial da oxidação lipídica e a redução do teor de sal no produto. Além da avaliação da estabilidade do reestruturado e do controle da oxidação lipídica utilizando agentes ligantes com capacidade de gelificante e também como antioxidante, bons resultados estão sendo obtidos por meio da indução química, usando enzimas, sendo a aplicação mais explorada a transglutaminase, disponível comercialmente como aditivo seguro.

2.2.1 Transglutaminase

A transglutaminase é uma enzima natural do músculo do pescado, mas é a adição de uma fonte exógena que promove melhores resultados e permite a obtenção de pescado reestruturado com excelentes características estruturais e com boa aceitação sensorial. O mecanismo de ação da transglutaminase é catalisar reações aciltransferases entre grupos γ -carboxamida de peptídeos, ligados a resíduos de glutamina e várias aminas primárias. Essa enzima forma ligação isopeptídica entre glutamina e resíduos de lisina em proteínas, introduzindo, assim, ligações covalentes cruzadas intra e intermoleculares (SHLEIKIN; DANILOV; TERNOVSKOY, 2011). A transglutaminase é passível de ser aplicada na reestruturação de pescados que passam pela etapa de configuração dos géis, induzidos tanto pelo calor como por frio. Como essa enzima atua melhor em temperatura ótima de 55 °C, a indução a frio necessita, em alguns casos, de auxílio para melhorar a qualidade do gel formado, sendo uma possível forma a suplementação de fontes proteicas na formulação do produto, aumentando, assim, o número de ligações cruzadas entre as proteínas mediadas pela transglutaminase (KUNNATH *et al.*, 2015; MACEDO; SATO, 2005). Usando esse raciocínio, Kunnath *et al.* (2015) demonstraram a viabilidade da adição de caseinato de sódio

(1%) e clara de ovo (2%) no pescado reestruturado gordo com apenas 1% de sal e elaborado com a enzima transglutaminase.

Em sua maioria, os estudos com a transglutaminase testaram as melhores condições de aplicação dessa enzima e investigaram a possibilidade de redução de cloreto de sódio adicionado em quantidade suficiente para promover a reestruturação. São relevantes essas pesquisas porque a adição de sal é imprescindível para solubilização das proteínas miofibrilares, agregação do músculo triturado e, conseqüentemente, para a qualidade final do produto. De outra parte, maior concentração de cloreto de sódio na elaboração de alimentos, está associada a doenças como hipertensão, obesidade, osteoporose e problemas renais, e, assim, contrariando os anseios dos consumidores na busca de alimentos mais saudáveis (FILLERÍA; TIRONI, 2015; MARTELO-VIDAL *et al.*, 2016a).

Cardoso *et al.* (2010) testaram o efeito da adição de 0,5% de transglutaminase em distintos níveis de cloreto de sódio (0,25%, 0,50%, 1,00% e 2,50%) e compararam a formação de géis sem sal e sem transglutaminase obtidos por configuração a quente. Com esse estudo, os autores concluíram que a reestruturação ocorre em concentrações elevadas de sal, mesmo na ausência de transglutaminase exógena, o que é possível pelo fato de existir transglutaminase endógena no músculo. Por fim, a reestruturação ocorre em baixas concentrações de sal somente com a adição da transglutaminase para obtenção de um reestruturado de pescado com boas características estruturais.

Andrés-Bello *et al.* (2011) testaram o efeito da redução do sal em pescados reestruturados, elaborados com transglutaminase, por meio de configuração do gel a frio e em condições de 0,3 g/Kg de transglutaminase e 10 g/Kg de cloreto de sódio, e obtiveram resultados desejáveis nos aspectos de dureza e mastigabilidade.

Os autores Martelo-Vidal *et al.* (2016a), também, testaram a viabilidade do reestruturado de atum branco (*Thunnus alalunga*), com baixo teor de sal, por meio de configuração do gel a frio. Martelo-Vidal, Mesas e Vázquez (2012) também alcançaram resultados positivos no desenvolvimento de um pescado reestruturado com baixo teor de sal, obtendo um produto com textura semelhante ao peito de peru e com dureza suficiente para ser fatiado e usado em lanches para crianças, bem como a fim de ser consumido por pessoas com distúrbios de pressão arterial. Os autores Martelo-Vidal *et al.* (2016b) utilizaram os dados desse estudo e desenvolveram um modelo matemático para relacionar o efeito da transglutaminase sobre os parâmetros de textura em pescados reestruturados, aplicável em

qualquer espécie de pescado, confirmando a possibilidade de obtenção de pescados reestruturados elaborados com transglutaminase com baixo teor de sal.

2.2.2 Utilização de outros agentes ligantes na reestruturação de pescados

Outro agente ligante que se destaca na utilização em pescados reestruturados é o alginato de sódio, em razão da sua capacidade de formar géis por meio de configuração a frio. Para a formação do gel com o alginato, impõem-se uma fonte de cálcio, condições ideais de pH, temperatura e outros componentes (HUANG; CLARKE, 2017; MORENO; CARBALLO; BORDERÍAS, 2013). Os estudos de Moreno, Carballo e Borderías (2011) analisaram três distintas fontes de cálcio e sua influência nas características do pescado reestruturado por meio de superfície-resposta e concluíram que o cloreto de cálcio foi a fonte que exprimiu as melhores propriedades mecânicas no produto. O alginato de sódio mostrou bons resultados, quando utilizado em conjunto com a transglutaminase e tornou possível a reestruturação de pequenos pedaços de vieiras em tamanhos maiores (SUKLIM *et al.*, 2004).

Huang e Clarke (2017) avaliaram o efeito da adição de vários ligantes na formação de reestruturados de pescados crus e cozidos. Os agentes testados foram o amido de milho, carragenina, metilcelulose e o alginato de sódio. Esses autores concluíram que, com exceção da metilcelulose, todas as outras amostras exibiram textura mais firme do que a amostra-controle com ligante de carne comercial. Amostras com metilcelulose mostraram baixa capacidade de retenção de água, menor rendimento de cozimento e textura mais macia. As que foram tratadas com carragenina tiveram maior dureza e adesividade e os menores valores de elasticidade, mastigabilidade e coesividade.

Na busca por novos agentes ligantes na reestruturação de pescados, alguns estudos procuraram agregar mais um efeito benéfico, como, a possibilidade de acrescentar fibras alimentares a um produto derivado de pescado que originalmente não contém esse componente. A justificativa para essa adição é no sentido de tornar um alimento como o pescado ainda mais completo nutricionalmente e exercer um importante papel tecnológico, já que as fibras influenciam nas características dos géis formados (BORDERÍAS; SÁNCHEZ-ALONSO; PÉREZ-MATEOS, 2005). Um exemplo está configurado na introdução de fibras de trigo no pescado reestruturado, que melhorou a capacidade de ligação com a água e externou um aspecto menos rígido e menos coeso, mas bem aceito sensorialmente (SÁNCHEZ-ALONSO; HAJI-MALEKI; BORDERÍAS, 2007). No trabalho de Cardoso,

Mendes e Nunes (2007), entretanto, a adição das fibras no pescado reestruturado ocasionou o aumento na dureza dos produtos obtidos.

Em trabalhos sobre a adição de fibras alimentares em pescado reestruturado, estas foram adicionadas como objetivo secundário, como no caso da utilização de pectina de graus de metoxilação diferentes que agiram primordialmente como agente ligante, todavia, por ser um componente das paredes celulares vegetais, é susceptível de agir como fibra (RAMÍREZ *et al.*, 2007, RODRÍGUEZ *et al.*, 2008; URESTI *et al.*, 2003). Os autores Wu *et al.* (2015b) utilizaram a goma curdlana como agente gelificante e como fibra alimentar, e concluíram que, em níveis apropriados, é possível a formação de um produto reestruturado estável com boas propriedades sensoriais.

A goma konjac também foi testada como agente ligante por possuir a capacidade de formação de um gel termoestável, com cor e sabor neutros, além de ser reconhecidamente seguro (GRAS). Possui, ainda, elevada capacidade de retenção de água e, como benefício à saúde, a capacidade de redução do colesterol e glicose sanguínea (HERRANZ *et al.*, 2012a; ANDRÉS-BELLO *et al.*, 2013). A konjac possui a capacidade de agir como agente espessante, mesmo em baixas concentrações, mas, para a formação do gel, é necessário elevar o pH da solução com alcalinizantes. Com isso, Herranz *et al.* (2012b) estudaram a influência do tipo e da concentração dos álcalis e concluíram que as dispersões aquosas com 0,6 N de KOH e 1,0 N de NaOH mostraram um gel bem estruturado e moderadamente estável à extensão do tempo, sendo o mais apropriado para aplicação em pescados reestruturados.

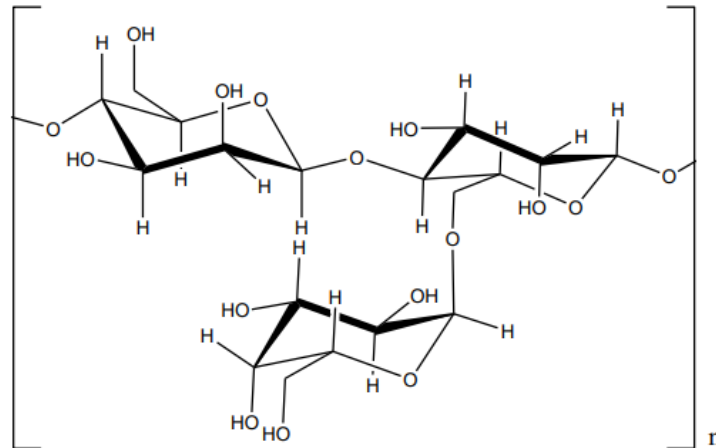
Herranz, Solo-de-Zaldívar e Borderias (2013) testaram as melhores condições para a formação de gel utilizando a goma Konjac na reestruturação de pescados e concluíram que os melhores resultados foram nas concentrações de 3 e 6% com 0,6 N de KOH. Formou-se, então, uma rede de gel contendo músculo triturado do pescado e uma textura semelhante ao músculo inteiro. Andrés-Bello *et al.* (2013) avaliaram o efeito da adição da goma konjac, fibras da carboximetilcelulose (CMC) e transglutaminase, nas propriedades mecânicas e físico-químicas de reestruturado de pescado submetidas a configuração do gel a frio e a quente durante o armazenamento refrigerado a 4 °C por 15 dias. Eles verificaram nas amostras obtidas pelo método a frio o aumento da capacidade de retenção de água, bem como nenhuma mudança significativa na cor. Em amostras que passaram pelo método a quente foi observado que dureza, coesividade e mastigabilidade foram reduzidas no decurso do armazenamento refrigerado.

Solo-de-Zaldívar *et al.* (2014) estudaram o armazenamento sob congelamento por 150 dias de reestruturado de pescado, formulado com uma solução aquosa a 5% de goma konjac. Concluíram que o produto indicou um aumento da perda de água por cocção e redução da capacidade de retenção de água durante o armazenamento congelado, que produziu considerável endurecimento do produto, além de desidratação. Solo-de-Zaldívar *et al.* (2015) estudaram o efeito da pasteurização nos aspectos físico-químicos, reológicos e sensoriais de reestruturado de pescado adicionados de konjac, com e sem sal, armazenados por 35 dias a 5 °C. Estes concluíram que a adição do sal ajudou a formar uma dispersão coloidal uniforme, produzindo um gel firme e rede mais coesa em razão do papel estabilizador do sal, além de obter os melhores resultados na análise sensorial. Moreno *et al.* (2016) estudaram o efeito da aplicação da alta pressão sobre géis com 5% de konjac e seu uso potencial em pescado reestruturado e concluíram que uma textura suave e mais firme pode ser alcançada no reestruturado de pescado, aplicando 200 MPa ou 600 Mpa em conjunto com álcalis.

2.3 Galactomananas

As sementes pertencentes à família Leguminosae são constituídas por casca, endosperma e embrião. O endosperma destas leguminosas contém a galactomanana, que é o polissacarídeo de reserva da semente. Este material forma uma dispersão viscosa e coloidal com aplicações em indústrias de alimentos, farmacêuticas, têxteis, petróleo e mineração (PRAJAPATI *et al.*, 2013). A estrutura química parcial das galactomananas está na Figura 3 e caracteriza-se como uma cadeia linear de resíduos de manose unidas por ligações glicosídicas β (1-4), à qual resíduos de galactose estão unidos por ligações do tipo α (1-6) como substituintes no carbono 6 da D-manose (POLLARD *et al.*, 2010). A relação entre a manose e a galactose (M/C), o peso molecular e o local da ligação da galactose na cadeia são parâmetros que definirão o material e variam conforme a fonte de obtenção.

Figura 3 – Estrutura química parcial das galactomananas



Fonte: Monteiro (2009, p. 5).

As distintas galactomananas ou gomas fornecem uma ampla variedade de aplicações e são bastante exploradas pelas indústrias baseadas em suas estruturas e funcionalidades (MATHUR, 2012). A goma guar é uma das galactomananas mais utilizadas pelas indústrias de alimentos. Em solução aquosa, suas unidades de galactose interagem com as moléculas de água, resultando no emaranhamento da cadeia intermolecular que ajuda no espessamento e aumento da viscosidade da solução (SHARMA *et al.*, 2018). A goma guar é aplicada na fabricação do pão, de laticínios, bebidas e molhos. Na indústria de carnes, é utilizada como espessante, controlando a sinérese, e atua também como substituta de gordura e na composição de filmes (ANDRÉS *et al.*, 2006). A goma de alfarroba também é uma das galactomananas comercialmente mais utilizadas, sendo aplicada diversificadamente na indústria, por ser hidrocoloide neutra com elevada solubilidade em água e um elevado potencial de modificação da viscosidade (SELIG *et al.*, 2018). Usada como espessante e estabilizadora em alimentos - como bebidas, macarrão, produtos panificáveis, sorvetes e iogurtes de baixo teor de gordura - ainda é classificada como fibra solúvel (BARAK; MUDGIL, 2014).

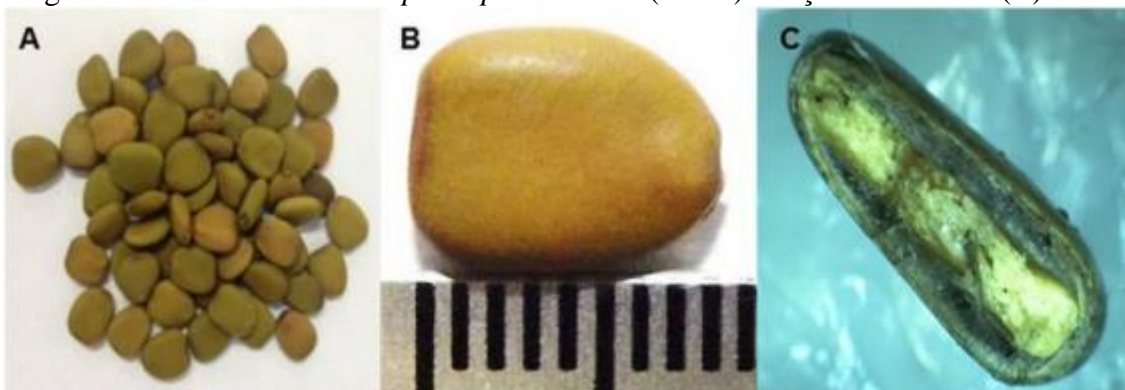
A goma tara é oriunda do Peru, e até sua recente aplicação na indústria de alimentos, era pouco cultivada no País. Semelhantemente às outras mencionadas, essa goma expressa alta viscosidade em solução aquosa (WU; DING; HE, 2018). Haja vista a elevação do valor econômico das gomas guar e alfarroba, a goma tara se mostra como uma substituta, com um preço menor, pois o ciclo de crescimento da árvore que fornece as sementes de tara é curto, possibilitando maior fornecimento de matéria-prima, além de mostrar características singulares, capazes de substituir industrialmente as gomas guar e alfarroba (WU *et al.*,

2015a). Ante tal perspectiva de elevação dos valores de fontes tradicionais de gomas para a indústria, a busca por fontes alternativas é intensamente pesquisada. A goma cassia mostra-se como alternativa comercial emergente, extraída de sementes de *Cassia tora* Linn comum na Índia (SHARMA; KUMAR; SONI, 2003). O processo de obtenção segue o método convencional das gomas comerciais, e, para ter efeito como agente gelificante ou espessante em alimentos, é preciso ser combinado com outros agentes, entre estes a carragenina (KAUR *et al.*, 2008; EFSA, 2014).

2.3.1 *Caesalpineia pulcherrima*

A *Caesalpineia pulcherrima* é uma planta ornamental pertencente à família Leguminosae, de fácil cultivo e produtora de grandes quantidades de sementes, tornando-se uma possibilidade atrativa na obtenção de galactomanana de uma fonte não tradicional (CERQUEIRA *et al.*, 2009; PASSOS *et al.*, 2016). O fruto de *Caesalpineia pulcherrima* (Figura 4) é do tipo legume, deiscente, polispérmico, contendo em média sete sementes, de formato oblongo-ovalado, mostrando, quando madura, coloração marrom, mais clara do que o fruto (ARAÚJO NETO *et al.*, 2014).

Figura 4 – Semente de *Caesalpineia pulcherrima* (A e B) e seção transversal (C)

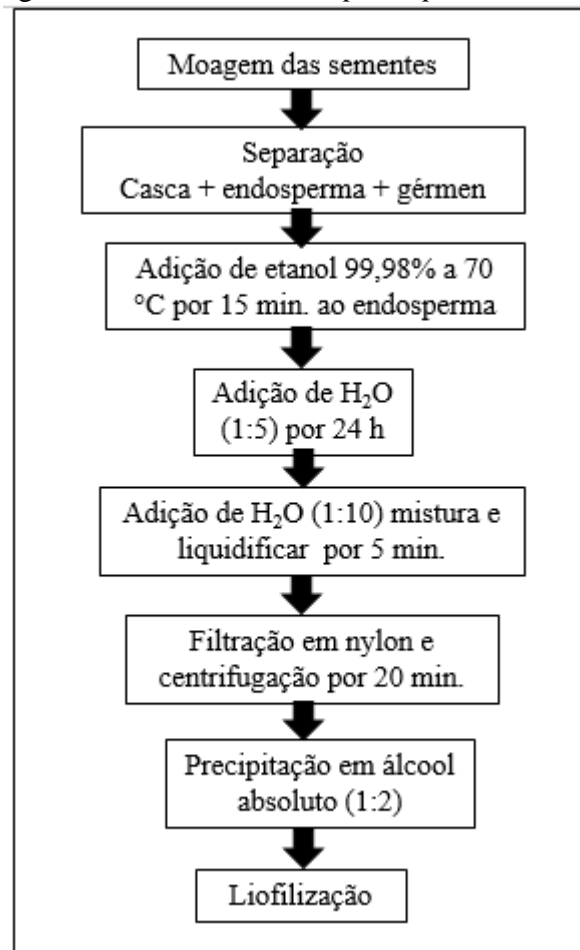


Fonte: Sousa (2014, p. 29).

Os autores Azero e Andrade (1999) extraíram a galactomanana destas sementes moídas e purificadas em solventes orgânicos, obtendo um alto rendimento do material, além de propriedades semelhantes às galactomananas comerciais. Andrade *et al.* (1999) compararam a galactomanana de *Caesalpineia pulcherrima* com a goma alfarroba e concluíram que esta possui propriedades viscosas semelhantes. Nos trabalhos desenvolvidos por Cerqueira *et al.* (2009), a galactomanana de *Caesalpineia pulcherrima* foi obtida por meio

de processos melhorados de extração e purificação, utilizando álcool e água, o que ampliou a aplicabilidade desta galactomanana em alimentos, por não serem empregados solventes não alimentares. O fluxograma de extração, purificação e liofilização está contido na Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma de extração da galactomanana de *Caesalpineia pulcherrima*



Fonte: Adaptado de Cerqueira *et al.* (2009).

A galactomanana de *Caesalpineia pulcherrima* é caracterizada como um polissacarídeo de alto peso molecular, altamente viscoso, de comportamento de fluido não newtoniano, o que demonstra seu uso como modificador de viscosidade, espessante, com aplicação na indústria de alimentos e farmacêutica (SOUZA, 2009; THOMBRE; GIDE, 2013). Passos *et al.* (2016) obtiveram bons resultados testando sua capacidade espessante na substituição de estabilizantes comerciais pela galactomanana em sorvetes. Cerqueira *et al.* (2011a) mostraram sua aplicabilidade de filme e revestimento em frutas tropicais, enquanto Frutuoso (2014) elaborou um revestimento comestível com galactomanana de *C. pulcherrima*, óleo essencial e polissorbato para queijos, obtendo redução microbiana, estabilidade físico-

química e uma boa aceitação sensorial. Buriti *et al.* (2014) comprovaram a utilização da galactomanana parcialmente hidrolisada de *C. pulcherrima* como fonte de fibra dietética, especialmente em produtos alimentícios líquidos, como iogurtes e bebidas lácteas fermentadas.

Medeiros *et al.* (2020) aplicaram *C. pulcherrima* em sobremesas lácteas e observaram a formação de géis mais fortes e resistentes, bem como houve sinergismo com amido, proteína do leite e sacarose. Matos (2013) obteve bons resultados utilizando a galactomanana de *Caesalpineia pulcherrima* como fonte de fibra solúvel e substituta de gordura, agindo como estabilizante de emulsões, em produtos cárneos, numa concentração de carne caprina de até 65%. Maia *et al.* (2015) utilizaram como agente espessante a galactomana de *C. pulcherrima* na elaboração a base de surimi de tilápia. Avaliaram a composição química do produto, concluindo que a adição desse polissacarídeo não interferiu no produto e a análise sensorial realizada com provadores não treinados apontou boa intenção de compra.

3 CARACTERIZAÇÃO DO PESCADO E OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE REESTRUTURAÇÃO DE TIBIRO (*Oligoplites palometa*)

3.1 Introdução

O *Oligoplites palometa* é um peixe marinho que pertence à família Carangidae, de hábito pelágico, é comum em regiões costeiras como mangues, estuários, baías, ao longo de praias formando grandes cardumes (ARAÚJO; ARAÚJO; CHELLAPPA, 2012; LESSA; NÓBREGA, 2000). Trata-se de uma importante fonte proteica bastante consumida por populações a beira-mar e alcança melhores valores de mercado quando comercializado na forma de filés. Neste sentido, a aplicação deste peixe no desenvolvimento de reestruturados apresenta-se como uma alternativa interessante na produção de novos produtos.

A reestruturação consiste na utilização do músculo de pescado triturado que se unirá por meio de um sistema de gelificação promovido, em parte, pela adição de cloreto de sódio que possibilita a solubilização das proteínas miofibrilares. Para obtenção de melhores características estruturais é necessário a utilização de agentes ligantes, entre estes, a transglutaminase, é usada efetivamente na reestruturação de pescados, pois, promove ligações cruzadas entre as proteínas necessárias ao processo. Várias pesquisas têm buscado novos agentes ligantes com função semelhante a ação da transglutaminase, com isso, as galactomananas apresentam-se como opção viável e inovadora na reestruturação de pescados.

Obtidas dos endospermas de sementes da família Leguminosae, as galactomananas que formam dispersões viscosas e coloidais com importantes aplicações na indústria de alimentos (PRAJAPATI *et al.*, 2013). A galactomanana de sementes da *Caesalpineia pulcherrima* vem sendo empregada no desenvolvimento de filmes, revestimentos em frutos tropicais, como estabilizante e fibra parcialmente hidrolisada em alimentos líquidos (BURITI *et al.*, 2014; CERQUEIRA *et al.*, 2011a; PASSOS *et al.*, 2016). Entretanto, foi pouco explorada em pescados e com potencial de utilização como agente ligante no processo de reestruturação.

Para tanto, foi adotado o planejamento experimental como instrumento para o desenvolvimento de reestruturado de peixe usando sal refinado e a galactomanana como agente ligante. Assim, é possível estudar estas variáveis, simultaneamente, reduzindo o número de ensaios e custos com as matérias-primas, obtendo conclusões a partir de dados confiáveis (MONTGOMERY, 2012). Com isso, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização física e físico-química do filé de tibi-ro e determinar as concentrações

otimizadas de sal e galactomanana visando obter um reestruturado de tibi-ro com maior capacidade de retenção de água e menor perda de peso por cocção.

3.2 Materiais e métodos

3.2.1 Material

Para o experimento foram adquiridos filés de peixe tibi-ro (*Oligoplites palometa*) no comércio consumidor de Fortaleza, Ceará. Foi usado sal refinado, e a galactomanana (*Caesalpine-pulcherrima*) em pó foi doada pelo Departamento de Farmácia da Universidade de Fortaleza (UNIFOR).

3.2.2 Caracterização do filé de tibi-ro (*Oligoplites palometa*)

3.2.2.1 Composição centesimal

Para a determinação da umidade, utilizou-se o método gravimétrico, mediante a perda de peso da amostra submetida a aquecimento em estufa a 105 °C (AOAC, 2005; método 925.09). O teor de proteínas totais foi determinado pelo método de micro Kjeldahl, utilizando-se o fator 6,25 para conversão. A determinação de lipídeos foi feita pelo método extrator de Soxhlet (método 945.38), o teor de cinzas por incineração a 550 °C (método 923.03), seguindo as normas da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005). Todas as análises foram realizadas em quintuplicata. O conteúdo de carboidratos foi calculado por meio da subtração de 100 da soma dos percentuais dos quatro compostos descritos. O valor calórico do reestruturado de peixe foi calculado com base nos coeficientes calóricos correspondentes para carboidratos (4 Kcal), proteínas (4 Kcal) e lipídios (9 Kcal) conforme a equação 1 (BRASIL, 1998).

$$\text{Valor calórico} = \text{Carb} \times 4 + \text{Ptn} \times 4 + \text{Lt} \times 9 \quad (1)$$

Onde:

Carb. = Valor do carboidrato da amostra

Ptn = Valor de proteínas da amostra

LT = Valor de lipídios totais da amostra

4 e 9 = Coeficientes calóricos dos macronutrientes

3.2.2.2 Capacidade de retenção de água (CRA)

Para determinação da capacidade de retenção de água do reestruturado foi empregada a metodologia descrita por Pardi *et al.* (1995) sendo realizada em quintuplicada. Inicialmente foram pesadas 5 g da amostra em tubos de centrifuga e adicionadas 8,0 mL de solução de NaCl 0,6 M, sendo em seguida, homogeneizadas com auxílio de um bastão de vidro por 30 segundos e deixadas em repouso por 30 minutos em banho de gelo. Após esse tempo foram agitadas por mais um minuto e centrifugadas por 10.000 rpm a 4 °C por 15 minutos, o sobrenadante resultante foi transferido para uma proveta e medido seu volume. O valor da capacidade de retenção de água foi calculado de acordo com a equação 2.

$$CRA(\%) = \frac{(\text{Vol}_{\text{adicionado}} - \text{Vol}_{\text{sobrenadante}})}{\text{Peso da amostra}} \times 100 \quad (2)$$

3.2.2.3 Perda de água por cocção (PPC)

Para determinação da perda de peso por cocção, as amostras foram cortadas em formatos retangulares (2 cm largura por 3 cm de comprimento) e introduzidas em embalagens plásticas de polietileno e, mantidas em banho-maria a 85 °C por 25 minutos. Após a cocção, foram resfriadas em água corrente e a superfície seca delicadamente com papel toalha (LIU *et al.*, 2004). A perda de peso por cocção foi realizada em quintuplicata correspondendo à perda de peso por cocção, conforme equação 3.

$$PPC (\%) = \frac{(\text{Peso}_{\text{antes da cocção}} - \text{Peso}_{\text{após a cocção}})}{\text{Peso}_{\text{antes da cocção}}} \times 100 \quad (3)$$

3.2.2.4 pH

Para a análise de pH, utilizou-se potenciômetro digital modelo R-TEC7MP (Tecnal, Brasil). Foram pesadas 5 gramas de amostra e adicionados 50 mL de água destilada e as leituras realizadas em triplicata.

3.2.2.5 Bases voláteis totais (N-BVT)

Para a determinação do N-BVT foram pesadas 30 g de amostra e adicionados 30 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 10%. A mistura foi macerada por 1 minuto em almofariz, deixada em repouso por 30 minutos, peneirada e filtrada em papel filtro. No compartimento central, das placas de microdifusão de Conway, foram adicionados 2 mL de ácido bórico a 1%, contendo indicador misto de Tashiro, no compartimento externo, 2 mL do extrato da amostra, 1 mL de formol (35%) e 2 mL de solução saturada de carbonato de potássio. As tampas contendo graxas de silicone na parte rugosa foram imediatamente colocadas sobre as placas e presas com grampos de metal, sendo em seguida, giradas suavemente para homogeneização do conteúdo do compartimento externo e, mantidas em estufa a 35-36 °C em por 2 horas. Após esse período foram retiradas as tampas e tituladas com uma solução de ácido clorídrico a 0,01 M. O conteúdo de N-BVT foi calculado por meio da Equação 4 e expresso em miligramas de N-BVT/100g segundo metodologia de micro difusão de Conway (CONWAY; BYRNE, 1993).

$$\text{N-BVT} = \frac{(V \times N \times 1400) \times (T \times V)}{(VA \times P)} \quad (4)$$

Onde:

V = volume (mL) do ácido HCl 0,01N gasto na titulação

N = normalidade da solução de HCl 0,01N

T = volume (mL) da solução TCA a 10% usado

U = umidade da amostra

VA = volume (mL) da alíquota do extrato

P = peso da amostra utilizada no preparo do extrato.

3.2.2.6 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A metodologia foi descrita por Raharjo, Sofos e Schmidt (1992) com modificações. Para a obtenção de extrato foram pesadas 10 g de amostra, adicionada 1 mL de BHT (0,15%) e 40 mL de TCA (5%), homogeneizadas por 30 segundos, centrifugada à temperatura de 4 °C a 10.000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante obtido foi filtrado e

transferido para um balão volumétrico de 50 mL e completado com TCA (5%). Em seguida foi retirado uma alíquota de 2 mL dessa solução para um tubo de ensaio com tampa e adicionados 2 mL da solução de TBA (0,08 M) em ácido acético (50%) e levado para o banho-maria à 94 ± 1 °C por 50 minutos, seguido de resfriamento imediato em banho de gelo, após o qual foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro em comprimento de onda 531 nm. O valor de TBARS foi calculado conforme a equação 5 e expressa em mg de malonaldeído (MDA) por Kg de amostra.

$$\text{TBARS} = \frac{(25 \times C)}{P} \quad (5)$$

Onde:

P = massa da amostra (g);

25 = fator de diluição.

C = concentração correspondente à absorbância na curva padrão (μg de MDA/2 mL).

3.2.2.7 Determinação de cor

A determinação de cor foi realizada em quintuplicata no espectrocolirímetro de Colorquest XE (HunterLab, Virgínia, EUA). Sendo os resultados das leituras obtidos por meio do software EasyMatch QC 4.81, acoplado ao equipamento e seguindo o sistema colorimétrico CIE $L^*a^*b^*$.

3.2.2.8 Determinação da Firmeza

A textura do filé de tibi-ro foi realizada triplicata, por meio da determinação da firmeza, pois, pretendeu-se atestar o grau de frescor do pescado. Foi usado um texturômetro (TA-XT2i, Stable Micro System, UK) equipado com uma célula de carga de 5 Kg. A análise foi realizada na porção dorsal dos filés com uma espessura média de 10 mm, utilizando uma probe Kramer Shear Cell com cinco lâminas. As amostras foram axialmente comprimidas com velocidade de pré-teste de 2 mm/s, velocidade de teste de 1 mm/s e uma velocidade pós-teste de 1 mm/s.

3.2.3 Planejamento experimental

Um delineamento composto central rotacional (DCCR) 2^2 e a metodologia de superfície resposta foram utilizados com o objetivo de estudar o efeito e as interações das variáveis independentes sobre as variáveis respostas: capacidade de retenção de água (CRA) e perda de água por cocção (PPC) nos reestruturados de pescados. As variáveis foram estabelecidas em cinco níveis codificados como: -1,41; -1,0; 0; +1,0; +1,41. A definição dos níveis reais das variáveis independentes está apresentada na Tabela 1. A concentração máxima para formação de gel da galactomanana baseou-se no trabalho de Maia *et al.* (2015). A adição de sal considerou a concentração mínima para promover a solubilização e foi baseada na pesquisa de Martelo-Vidal, Mesas e Vázquez (2012).

Tabela 1 - Definição dos níveis das concentrações de galactomanana e sal na reestruturação do tibi-ro do DCCR

Variáveis independentes	Níveis				
	-1,41	-1,0	0	1,0	1,41
Concentração de galactomanana (%) - (X_1)	0,0	0,07	0,25	0,43	0,50
Concentração de sal (%) - (X_2)	0,0	0,12	1,00	1,88	2,00

Fonte: própria autora (2021).

Foram realizados 11 ensaios apresentados na Tabela 2, com três repetições do ponto central e os dados foram analisados utilizando como recurso o programa Statistica versão 7.0 (STATSOFT, 2008). Por meio da análise de variância, teste de *Fischer* (F) e do coeficiente de correlação foram realizados os estudos de significância estatística do planejamento.

Tabela 2 - DCCR para os níveis de concentração de galactomanana (%) e sal (%)

Ensaio	Concentração de galactomanana (%)	Concentração de sal (%)
1	0,07 (-1,0)	0,12 (-1,0)
2	0,07 (-1,0)	1,88 (1,0)
3	0,43 (1,0)	0,12 (-1,0)
4	0,43 (1,0)	1,88 (1,0)
5	0,00 (-1,41)	1,00 (0,0)
6	0,50 (1,41)	1,00 (0,0)
7	0,00 (0,0)	0,25 (-1,41)
8	0,25 (0,0)	2,00 (1,41)
9	0,25 (0,0)	1,00 (0,0)
10	0,25 (0,0)	1,00 (0,0)
11	0,25 (0,0)	1,00 (0,0)

Fonte: própria autora (2021).

3.2.3.1 Preparação dos reestruturados

A preparação dos reestruturados de tibi-ro por indução à frio seguiu a metodologia desenvolvida por Moreno, Carballo e Borderías (2008). Os músculos de tibi-ro foram descongelados em refrigerador a 10 °C por um período de 12 h, em seguida foram moídos em moedor de carne (Skymesen, PS-22) usando uma placa de 7 mm. Foram preparadas dispersões aquosas nas concentrações de 0,6%, 2,3%, 3,9% e 4,5% (p/v) de galactomanana (*Caesalpineia pulcherrima*) utilizando água a 80 °C, homogeneizadas com auxílio de *mixer* por 60 segundos e depois deixadas a arrefecer à temperatura ambiente. Na preparação dos reestruturados foram adicionados, primeiramente, o sal refinado e depois as dispersões aquosas de galactomanana ao peixe triturado na proporção de 10:90 (m/m). Com isso, foram obtidas concentrações finais estabelecidas no planejamento experimental descrito na Tabela 2. Todos os reestruturados foram moldados em aros de alumínio com 7 cm de diâmetro e 16 mm de altura envolvidos em filmes de PVC, e por fim, acondicionados sob refrigeração a 4°C por 24 horas.

3.2.4 Análise estatística

Os resultados da caracterização do filé de tibi-ro foram tratados estatisticamente, mediante a Análise de Variância (ANOVA – one way) e aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o planejamento experimental foi utilizado o software Statistica (STATSOFT, 2008) para elaboração dos modelos, assegurando a validade dos coeficientes a um nível de confiança de 95%, assim como, a análise de variância (ANOVA) que consiste em fazer uma avaliação do coeficiente de determinação (R^2) e do teste F (distribuição de Fisher) como critério de validação dos modelos.

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Caracterização do filé de tibi-ro (*Oligoplites palometa*)

Os valores da composição centesimal do tibi-ro estão na Tabela 3. Estudos de caracterização com o mesmo peixe são escassos na literatura, portanto, estes dados foram comparados com outras espécies. A umidade foi o componente em maior quantidade no peixe estudado com 83,47% e superior aos percentuais relatados em filés de carapeba-listrada e cavala com valores de 79,18% e 76,52%, respectivamente (MENEZES *et al.*, 2009). O conteúdo de proteínas obtido no filé de tibi-ro foi de 15,43%, classificando-se na categoria de peixe com alto teor de proteína (NJINKOUE *et al.*, 2016). O conteúdo de proteínas foi próximo aos relatados em filés de caranha com 17% (LIMA; MUJICA; LIMA, 2012) e inferior aos apresentados por Andrade, Bispo e Druzian (2009) para filés de Ariacó (19,73%), guaiúba (19,48%), tainha (20,26%) e sardinha (20,25%).

Tabela 3 – Composição centesimal do filé de tibi-ro

Análises	Média
Umidade (%)	83,47 ± 0,01
Proteínas (%)	15,43 ± 0,05
Lipídios (%)	0,17 ± 0,01
Cinzas (%)	0,02 ± 0,00
Carboidratos (%)	0,91 ± 0,04
Valor calórico (Kcal/100g)	66,87 ± 0,00

Resultados são expressos como médias ± desvio-padrão.
Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Sobre o teor de lipídios, o filé de tibi-ro apresentou um baixo percentual com 0,17% e pode ser considerado como um peixe magro, pelo teor de gorduras ser inferior a 5% (STANSBY, 1962). O conteúdo de cinzas no filé de tibi-ro foi de 0,02%, baixo em relação aos filés de tucunaré com 0,38% (BERNARDINO FILHO *et al.*, 2014), mas ainda assim este conteúdo é importante pelo seu valor nutricional, uma vez que peixes são uma fonte importante de minerais como o cálcio e fósforo. O teor de carboidratos encontrado neste estudo é semelhante aos resultados obtidos por Andrade, Bispo e Druzian (2009) em filés de sardinha, tainha, ariacó e guaiúba cujos valores variaram de 0,46% a 0,86%. Como são baixos os conteúdos de lipídios, bem como, teor moderado de proteínas, o valor calórico apresentado pelo filé de tibi-ro foi de apenas 66,87 Kcal/100g.

Na Tabela 4 estão os resultados da capacidade de retenção de água (CRA) e perda de peso por cocção (PPC) do filé de tibi-ro. A CRA apresentada foi de 49,43% e a PPC foi de 38,66%, tendo em vista que o tibi-ro é capturado, sobretudo por meio de redes de arrastão, o estresse e a manipulação durante a pesca podem influenciar nas características finais do filé. Além disso, o tempo de armazenamento congelado pode ter contribuído para a obtenção destes parâmetros. Esses valores são compatíveis com os resultados encontrados por Freire *et al.* (2017) que analisaram o file de carapeba armazenado por refrigeração por 6 dias e obtiveram uma CRA de 49,78% e PPC de 36,13%. E divergentes daqueles relatados por Honorato *et al.* (2014) que analisaram os filés de surubim, pacu e pirarucu e obtiveram valores de capacidade de retenção de água superiores a 68% e valores de perda de água por cocção inferiores a 26%.

Tabela 4 – Resultados da capacidade de retenção de água, perda de peso por cocção, pH, bases voláteis totais (N-BVT), substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e coordenadas de cor L*, a* e b* do filé de tibiuro congelado

Parâmetros	Filé de Tibiuro
Capacidade de retenção de água (%)	49,43 ± 2,26
Perda de água por cocção (%)	38,66 ± 2,13
pH	6,2 ± 0,00
N-BVT (mg/100g)	13,16 ± 0,06
TBARS (mg de MDA/Kg)	0,13 ± 0,00
L*	51,20 ± 0,18
a*	16,19 ± 0,47
b*	6,91 ± 0,48

Resultados são expressos como médias ± desvio-padrão.

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

O filé de tibiuro apresentou média do pH igual a 6,2. Consideram-se os limites estabelecidos em legislação para peixes frescos os valores de pH inferiores a 7,0 e de N-BVT/100g inferiores a 30 mg de de tecido muscular (BRASIL, 2017), portanto, a matéria prima utilizada neste estudo encontrou-se dentro dos padrões legais vigentes. Os valores obtidos para bases voláteis totais (N-BVT) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foram 13,16 mg/100g e 0,13 mg de MDA/Kg, respectivamente. Em decorrência do conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados presentes em pescados, estes são bastante susceptíveis a oxidação lipídica e uma forma de mensurar os produtos secundários de oxidação é pela análise de TBARS. Como o filé de tibiuro apresentou baixo teor de gorduras o conteúdo de TBARS foi de 0,13 mg de MDA/Kg indicando boa qualidade quando comparado aos reportados por Monteiro *et al.* (2012) que obtiveram valores variando de 0,47 a 20 mg de MDA/Kg em filés de tilápia estocados em gelo por 20 dias.

Sobre os resultados dos parâmetros físicos da análise de cor, a luminosidade (L*) média obtida no filé foi de 51,20 e como essa coordenada varia do branco (máximo) ao preto (mínimo), pode-se afirmar que estas amostras apresentam uma maior tendência ao branco. O valor médio da coordenada a* (intensidade de vermelho) foi de 16,19 e da coordenada b* (intensidade de amarelo) foi de 6,91 o que denota uma maior tendência do filé de tibiuro ao vermelho. Estes valores são semelhantes aos obtidos por Wang *et al.* (2018), os quais reportaram 12,83 para a* e 6,49 para b* em filés de tilápia armazenados por 15 dias sob

refrigeração tratados com óxido nítrico antes do abate com o intuito de melhorar a coloração avermelhada desses produtos.

Em relação a textura do peixe apresentada na Tabela 5, a firmeza do filé de tibi-ro foi de 25.100,00 gf e foi superior ao relatado por Lazo *et al.* (2017) em filés de peixe garoupa (*Epinephelus lanceolatus*), peixe olho de boi (*Seriola dumerili*) e peixe tainha (*Mugil cephalus*) que apresentaram valores de firmeza de 430,60 gf, 383,88 gf e 607,73 gf, respectivamente. Estes valores estão ligados a diversos fatores intrínsecos, tais como a espécie do peixe, seu teor de proteínas e o conteúdo de água no músculo. O peixe tibi-ro contém muitas fibras brancas com colágeno distribuídas no músculo que contribuem para o aumento da firmeza e, mesmo com a perda de água, em decorrência do armazenamento congelado, estes filés não reduziram este parâmetro.

Tabela 5 – Resultado da análise de firmeza do filé de tibi-ro congelado

Textura	Filé de tibi-ro
Firmeza (gf)	25.100,00 ± 0,10

Resultados são expressos como médias ± desvio-padrão.

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

3.3.2 Planejamento experimental

Os resultados da capacidade de retenção de água (CRA) e perda de peso por cocção (PPC) para os reestruturados de tibi-ro de acordo com o planejamento fatorial, encontram-se na Tabela 6. A CRA é um parâmetro muito relevante para produtos reestruturados e, quanto maior for seu valor, melhor será a manutenção da umidade. Também é importante que esses produtos apresentem menores valores de PPC, pois assim a suculência será mantida após os processos de aquecimento. Os valores da capacidade de retenção de água no reestruturado de pescado variaram de 47,75% a 77,50%. O maior valor foi obtido no ensaio 7, no qual foram utilizadas 0,25% de galactomanana e 0% de sal indicando que esta goma poderá estar influenciando positivamente na manutenção da CRA.

Os valores para PPC variaram de 4,19 a 30,88% demonstrando uma perda maior comparada a outros trabalhos na literatura como Herranz *et al.* (2012b) que obtiveram baixos valores que variaram de 2,37 a 4,39% e por Solo-de-Zaldívar *et al.* (2014) que obtiveram valores de 6,3 a 9,0% utilizando a goma konjac na reestruturação de pescado. Nestes trabalhos, um leve aquecimento a 30 °C por 1 hora foram necessários para estabilização dos

géis, o que não é necessário usando a galactomanana, pois, garante a obtenção de um reestruturado mais fresco semelhante ao músculo picado.

Tabela 6 – Resultados médios da capacidade de retenção de água e perda de peso por cocção dos reestruturados de tibiros com galactomanana e sal

Variáveis independentes			Variáveis dependentes	
Ensaio	X ₁	X ₂	Capacidade de retenção de água (%)	Perda de água por cocção (%)
1	0,07	0,12	57,00 ± 2,09	30,88 ± 1,97
2	0,07	1,88	54,00 ± 2,24	8,47 ± 0,56
3	0,43	0,12	56,75 ± 2,09	17,91 ± 2,24
4	0,43	1,88	47,75 ± 3,35	6,95 ± 1,19
5	0,0	1,00	69,50 ± 4,01	15,51 ± 1,05
6	0,5	1,00	57,50 ± 4,68	10,17 ± 0,41
7	0,25	0,00	77,50 ± 3,53	18,83 ± 2,48
8	0,25	2,00	59,75 ± 1,85	4,19 ± 0,25
9	0,25	1,00	57,50 ± 3,53	11,06 ± 0,85
10	0,25	1,00	57,50 ± 2,50	10,04 ± 0,69
11	0,25	1,00	65,50 ± 2,09	11,17 ± 0,98

X₁= concentração de galactomanana; X₂= concentração de sal.

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Na Tabela 7 está apresentada a análise de variância (ANOVA) da equação de regressão de cada variável dependente, a qual permitiu a exclusão dos modelos não significativos. Com isso, foi constatado que a variável capacidade de retenção de água não foi significativa enquanto para a perda de peso por cocção o modelo apresentou-se significativo.

Tabela 7 – Análise de variância dos modelos de regressão para as variáveis capacidade de retenção de água e perda de peso por cocção

Parâmetros	Modelo	R ²
Capacidade de retenção de água (%)	NS	0,399
Perda de água por cocção (%)	*	0,943

* significativa p<0,05; NS: não significativa p>0,05.

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

A análise estatística está resumida na Tabela 8, na qual os efeitos das variáveis lineares e quadráticas bem como as interações apresentaram-se significativos após a análise de variância (ANOVA). Desta forma, para determinar a variável que mais influenciou ou teve efeito mais significativo na resposta foi gerado o gráfico de Pareto (Figura 6).

Tabela 8 - Efeito estimado, erro puro e coeficiente t dos fatores do modelo codificado para a perda de peso por cocção

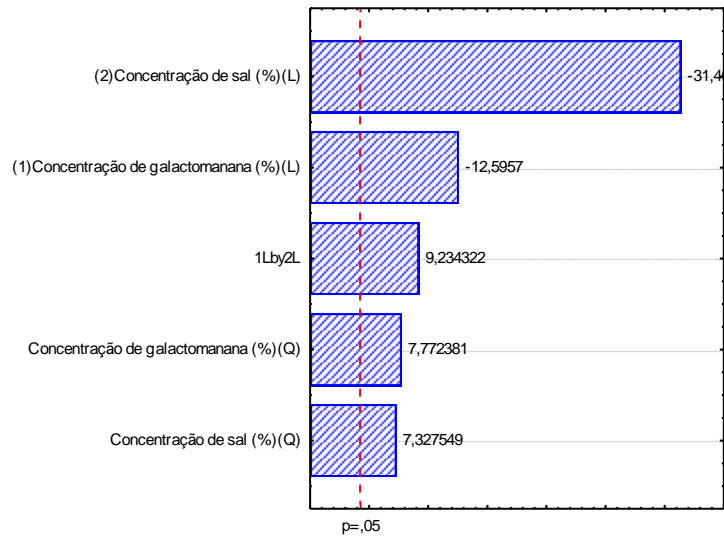
Termo	Perda de peso por cocção (%)			
	EE	EP	t	p
Linear				
(1) Conc. de galactomanana (%)	-5,57*	0,44*	-12,59*	0,006
(2) Conc. de sal (%)	-15,19*	0,48*	-31,41*	0,001
Quadrática				
(1) Conc. de galactomanana (%)	4,05*	0,52*	7,77*	0,016
(2) Conc. de sal (%)	4,99*	0,68*	7,33*	0,018
Interações				
(1) x (2)	-5,73*	0,62*	9,23*	0,011

EF – Efeito estimado; EP – Erro puro; t – valor t; (*) Valores significativos a $p \leq 0,05$; (L): termo linear; (Q): termo quadrático.

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Com base no gráfico de Pareto (Figura 6), a variável concentração de sal linear apresentou a maior influência de efeito negativo, ou seja, quanto maior a concentração de sal menor será a perda de peso por cocção. De acordo com Cardoso *et al.* (2010) estes resultados são esperados pois os íons de sal, Na^+ e Cl^- são responsáveis por este efeito, porque atraem moléculas de água, formando assim esferas de hidratação. O mesmo efeito negativo, foi observado para a concentração de galactomanana mostrando que quanto maior for sua adição, menores serão as reduções da PPC. Isto ocorre, em decorrência da maior facilidade de ligação com a água da galactomanana, garantindo assim a manutenção da umidade após processos de aquecimento.

Figura 6 – Diagrama de Pareto da concentração de galactomanana e concentração de sal para a variável perda de peso por cocção



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

A Tabela 9 mostra os resultados da análise de variância para PPC, na qual os resultados da análise de variância (ANOVA) ao nível de confiança de 95% mostrou que o modelo foi significativo (F calculado superior ao F tabelado), mas não pode ser considerado preditivo, pois, a falta de ajuste também foi significativa (F calculado superior ao F tabelado). O alto valor de F calculado para a falta de ajuste é devido ao fato de que o mínimo quadrado (MQ) do erro puro apresenta um valor muito inferior ao mínimo quadrado da falta de ajuste (devido à boa repetição dos ensaios dos pontos centrais), isso faz com que a razão entre eles resulte num valor muito alto.

Tabela 9 – Resultados da análise variância para perda de peso por cocção (%)

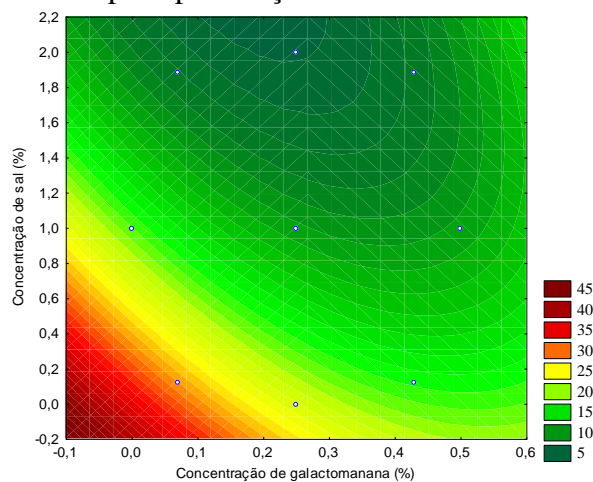
Fonte variação	Soma quadrática	GL	Média quadrática	F cal.	F tab.
Regressão	511,73	5	102,35	16,70	5,05
Resíduos	30,64	5	6,13	-	-
Falta de ajuste	29,87	3	9,9	25,71	19,16
Erro puro	0,77	2	0,385	-	-
Total SS	542,37	10	R ² 0,943	-	-

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

O coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,943, indicando que o modelo explicou 94,3% da variação dos dados observados. Para a regressão ser significativa estatisticamente, mas também útil para fins preditivos, o valor de F calculado para a regressão deve ser no mínimo quatro a cinco vezes maiores que o valor de F tabelado. Já o F da falta de ajuste em relação ao erro puro, pelo contrário, deve apresentar o menor valor possível, pois um alto F indica que há uma falta de ajuste dos dados ao modelo obtido (BOX; WETZ, 1973).

Os dados obtidos apresentaram falta de ajuste, sendo justificado pela a superfície com ponto de sela e, portanto, as coordenadas do ponto crítico (um ponto de inflexão) não fornecem nem a maior e nem a menor resposta. Desta forma, as condições de menor PPC foram determinadas por inspeção visual da superfície resposta apresentada na Figura 7, na qual, pode ser visualizada através dos pontos do planejamento da variável estudada. Em concentrações de sal superiores a 1,4% e concentrações de galactomanana variando entre 0,1 e 0,3%, estão os menores valores de perda de peso por cocção. Baseada nesta análise, a PPC permanecerá na faixa entre 5 e 10 % no reestruturado de tibi-ro, tomando como condições ótimas a concentração de sal a 1,8% e concentração de galactomanana a 0,2%.

Figura 7 – Curva de contorno das variáveis concentração de sal e concentração de galactomanana em relação a variável dependente perda de peso por cocção



Fonte: Coletada do programa Statistica.

3.4 Conclusão

O filé de tibi-ro apresentou um conteúdo significativo de proteínas, baixo teor de gorduras e estar de acordo com os padrões legais vigentes estabelecidos para pH e N-BVT.

Na otimização, o delineamento aplicado mesmo sendo significativo ao nível de confiança de 95% pelo teste F, o modelo não é preditivo por apresentar falta de ajuste significativo. A concentração de sal a 1,8% e concentração de galactomanana a 0,2% proporciona um reestruturado de tibiuro com a perda de peso por cocção na faixa entre 5 e 10%.

4 EFEITO DA GALACTOMANANA (*Caesalpinea pulcherrima*) EM DIFERENTES MÉTODOS DE REESTRUTURAÇÃO DE PESCADO

4.1 Introdução

O processo de reestruturação constitui-se da junção de pequenas partes do alimento, adição de agentes ligantes, prensagem em moldes, passando a adquirir um novo aspecto e textura diferente da sua forma original (RAMÍREZ *et al.*, 2011). Este processo tem sido empregado na indústria pesqueira para atender a uma crescente demanda por produtos análogos ao pescado permitindo dispor ao mercado, produtos novos com características mais atraentes para os consumidores.

A reestruturação do músculo de pescado ocorre inicialmente com a solubilização das proteínas miofibrilares e a adição de agentes ligantes que facilitarão o processo de gelificação. A transglutaminase é uma enzima comercial utilizada na indústria, expressando êxito nos resultados devido as características estruturais obtidas. Novas possibilidades são estudadas, entres as quais, a galactomanana surge como opção inovadora na reestruturação de pescados, por sua capacidade como agente espessante.

Tradicionalmente o processo de reestruturação usa o calor para a formação do gel dividindo-se em três etapas: solubilização, configuração e aquecimento. Na solubilização, o sal é adicionado, com o intuito de alterar a força iônica, permitindo maior interação das proteínas e o sal, além da redução das interações proteína-proteína, favorecendo a solubilização (BANERJEE; BHATTACHARYA, 2012). Na configuração, uma pasta viscosa é formada com complexos de actomiosina dispersos de forma desorganizada. Essa pasta é submetida ao aquecimento em temperaturas inferiores a 50 °C, estabilizando as ligações intra e intermoleculares. No aquecimento, a pasta permanece em temperaturas de 80 a 90 °C, formando de forma irreversível o gel (MARTÍN-SANCHEZ *et al.*, 2009).

Uma outra possibilidade de reestruturação é realizando a etapa de configuração do gel em baixas temperaturas. O agente ligante é adicionado à matéria-prima, moldada e mantida sob refrigeração, à temperatura de 4 °C por 24 horas, ocorrendo assim, as interações essenciais para a formação do gel (ANDRÉS-BELLO *et al.*, 2011; KUNNATH *et al.*, 2015; MORENO; CARBALLO; BORDERÍAS, 2011). A configuração pelo frio é interessante pelo aspecto de produto fresco, uma vez que pescados cuja reestruturação pelo calor exprimem aspectos de cozidos. Assim, este experimento objetivou avaliar o efeito dos métodos de

reestruturação (quente e frio) no que tange às propriedades físico-químicas e mecânicas de reestruturados de tibirol (*Oligoplites palometa*), elaborados com galactomanana, utilizando-se como controle o reestruturado feito com transglutaminase.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Material

Foram utilizados filés de tibirol (*Oligoplites palometa*) congelados comercializados na cidade de Fortaleza – Ceará. O pescado foi transportado em recipientes isotérmicos para o Laboratório de Carnes e Pescados da Universidade Federal do Ceará, permanecendo sob congelamento a -18 °C até o processamento. Foram usados na formulação, o sal refinado e a galactomanana de *Caesalpineia pulcherrima* em pó. Esta foi fornecida pelo Departamento de Farmácia da Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Ceará. Para elaboração do reestruturado controle foi utilizada a transglutaminase microbiana (ACTIVA GS) que contém em sua composição cloreto de sódio, gelatina, fosfato trissódico, maltodextrina, transglutaminase e óleo de cártamo, obtida da Ajinomoto Co.; Tokyo, Japan com atividade de cerca de 47 a 82 U_g⁻¹.

4.2.2 Preparação do reestruturado

As concentrações de sal e galactomanana foram baseadas no planejamento experimental. Foi preparada uma dispersão aquosa a 80 °C com galactomanana (*Caesalpineia pulcherrima*) na concentração de 1,84% (p/v), homogeneizada por 60 segundos e deixada a arrefecer a temperatura ambiente. O peixe foi triturado em moedor de carne (Skymesen, PS-22), e a este foram adicionados o sal refinado a 1,8% e o gel de galactomanana na proporção de 10:90 (m/m), obtendo uma concentração final de 0,2%; e em seguida homogeneizado por mais 120 segundos. Os reestruturados de tibirol foram moldados em aros de alumínio com 7 cm de diâmetro e 16 mm de altura e depois envolvidos em filme de PVC, sendo submetidos a dois processos de reestruturação: a quente e a frio.

Seguindo a metodologia de Cardoso, Ribeiro e Mendes (2012) foi realizada a reestruturação a quente, na qual, as amostras foram submetidas a duas etapas de cocção em banho-maria com o controle de temperatura, inicialmente, a 35 °C, por 60 minutos,

posteriormente a 90 °C e, por mais 60 minutos. Depois foram resfriadas em banho de gelo e mantidas a 4 °C. A metodologia de reestruturação pelo frio consistiu em manter as amostras após o preparo sob refrigeração a 4 °C por 24 horas, seguindo a metodologia proposta por Moreno, Carballo e Borderías (2008).

Foi usado como controle, um reestruturado de tibi-ro feito com a transglutaminase (ACTIVA GS), na concentração de 0,5% em relação ao produto e, adicionado em solução na proporção 1:4 de água (MONTEIRO *et al.*, 2015). Após o preparo, seguiram-se os mesmos procedimentos de moldagem, acondicionamento e posteriormente a reestruturação, a quente e a frio, descritos anteriormente. As diversas formulações foram codificadas conforme mostrado na Tabela 10.

Tabela 10 – Formulação dos reestruturados de tibi-ro com galactomanana e com transglutaminase obtidos pelos métodos a quente e a frio

Produto	Músculo (%)	Sal (%)	Gal (%)	MTGase (%)
Gal F	98,0	1,8	0,2	0,0
MTGase F	99,5	0,0	0,0	0,5
Gal Q	98,0	1,8	0,2	0,0
MTGase Q	99,5	0,0	0,0	0,5

Reestruturado com galactomanana pelo método a frio (Gal F), reestruturado com transglutaminase pelo método a frio (MTGase F), reestruturado com galactomanana pelo método a quente (Gal Q) e reestruturado com transglutaminase pelo método a quente (MTGase Q).

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

4.2.3 Métodos

4.2.3.1 Composição centesimal

As análises de composição centesimal foram realizadas em quintuplicata. A determinação da umidade, utilizou-se o método gravimétrico, mediante a perda de peso da amostra submetida a aquecimento em estufa a 105 °C (AOAC, 2005 [método 925.09]). O teor de proteínas totais foi determinado pelo método de micro Kjeldahl, utilizando-se o fator 6,25 para conversão. A determinação de lipídeos foi feita pelo método extrator de Soxhlet (método 945.38), o teor de cinzas por incineração a 550 °C (método 923.03) seguindo as normas de AOAC (2005). O conteúdo de carboidratos foi calculado por meio da subtração de 100 da soma dos percentuais dos quatro compostos descritos.

4.2.3.2 pH

Para a análise de pH foram pesados 5 gramas de amostra e adicionados 50 mL de água destilada, homogeneizados e depois submetidas a leitura em pHmetro de superfície modelo R-TEC7MP (Tecnal, Brasil), a leituras foram realizadas em triplicata.

4.2.3.3 Atividade de água

A atividade de água foi realizada conforme instruções do fabricante, usando um medidor AQUALaB 4TEV na temperatura de 25 °C calibrado com água destilada. As medições foram realizadas em triplicata e os produtos cortados em pequenos pedaços e colocados em cápsulas que foram levadas ao compartimento de medição do dispositivo.

4.2.3.4 Água expressível (A_E)

O teor de água expressível seguiu a metodologia de Martelo-Vidal, Mesas e Vázquez (2012). As amostras foram pesadas ($2 \pm 0,2$ g) e colocadas em duas camadas de papel de filtro; em seguida, foram postas em tubos de centrífuga de 50 mL e submetidas a centrifugação a 1000 g por 15 min a 4 °C. Imediatamente após a centrifugação, os papéis de filtro úmidos foram removidos e as amostras pesadas novamente, sendo analisadas cinco amostras para cada tratamento. A porcentagem de água expressível foi calculada conforme a equação 6.

$$A_E(\%) = \frac{(P_0 - P)}{P_0} \times 100 \quad (6)$$

Onde:

A_E é a porcentagem de água expressável;

P_0 é o peso inicial;

P é o peso final.

4.2.3.5 Perda de peso por cocção

Na determinação da perda de peso por cocção, as amostras de reestruturados de pescados foram cortadas em segmentos retangulares e introduzidas em sacos plásticos devidamente etiquetados, sendo, em seguida, levadas para cocção em banho-maria a 85 °C por 25 minutos. Após o cozimento, as amostras foram retiradas das embalagens, resfriadas em água corrente e a superfície seca delicadamente com papel-toalha (LIU *et al.*, 2004). A análise foi realizada em quintuplicata e calculada pela diferença entre o peso inicial e final, correspondendo à perda de peso por cocção, conforme equação 7.

$$\text{PPC (\%)} = \frac{(\text{Peso}_{\text{antes da cocção}} - \text{Peso}_{\text{após a cocção}})}{\text{Peso}_{\text{antes da cocção}}} \times 100 \quad (7)$$

4.2.3.6 Determinação de cor

A análise de cor foi realizada em espectrocolorímetro Colorquest XE (HunterLab, Virgínia, EUA), as amostras foram situadas em cubeta de vidro de espessura 10 mm e fez-se a leitura por reflexão especular exclusiva (sem luz) em uma área de 5,07 cm². As medidas foram feitas em quintuplicata, sendo os resultados das leituras obtidos por meio do software EasyMatch QC 4.81, acoplado ao equipamento e seguindo o sistema colorimétrico CIE L*a*b*.

4.2.3.7 Análise de textura (TPA)

As análises do perfil de textura (TPA) foram realizadas após a permanência dos produtos a temperatura ambiente por 30 minutos. Foram realizadas dez medições para cada tratamento e seguindo a metodologia descrita por Kunnath *et al.*, (2015). Procedeu-se à análise em um analisador de textura (TA-XT2i, Stable Micro System, UK) equipado com uma célula de carga de 5 Kg e sonda cilíndrica com diâmetro de 50 mm (P50). As amostras foram comprimidas até 75% da sua altura original, com velocidades: de pré-teste de 2 mm/s, de teste de 1 mm/s e pós-teste de 5 mm/s. A distância de penetração da sonda manteve-se em 30 mm e a duração entre a primeira e a segunda compressão foi ajustada para 2,5 s. As amostras permaneceram na placa-base e, na sequência, comprimidas e descomprimidas duas vezes pela

sonda cilíndrica. Os atributos medidos foram: dureza (g), coesividade (adimensional), adesividade (g. s), elasticidade (mm) e mastigabilidade (g.mm).

4.2.4 Análise estatística

Os resultados foram tratados estatisticamente, mediante a Análise de Variância (ANOVA – one way) e aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa Statistica, versão 7,0 (STATSOFT, 2008).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Composição centesimal

A composição centesimal dos reestruturados de tibiros estão na Tabela 11. Os maiores valores de umidade foram obtidos nos produtos preparados pelo método a frio, que não indicaram diferença significativa entre si, enquanto os menores valores de umidade foram obtidos nos reestruturados elaborados pelo método a quente, diferentes estatisticamente, com a amostra Gal Q superior ao reestruturado MTGase Q. A redução da umidade nos produtos preparados pelo método a quente pode ser justificada pela evaporação da água durante o aquecimento. Os valores médios das umidades dos reestruturados obtidos pelo método a frio desta pesquisa foram semelhantes às dos hambúrgueres de surimi de tilápia desenvolvidos com galactomanana por Maia *et al.* (2015), os quais reportaram valores variando de 79,86 a 82,05 % de umidade.

Tabela 11 – Resultados médios da composição centesimal dos reestruturados de tibiros elaborados com galactomanana e transglutaminase obtidos pelos métodos a frio e a quente

Produtos	Umidade (%)	Proteínas (%)	Lipídeos (%)	Carboidratos (%)	Cinzas (%)
Gal F	81,67 ^{aA} ± 0,20	14,72 ^{bD} ± 0,08	0,45 ^{bC} ± 0,04	1,32 ^{aA} ± 0,20	1,84 ^{aA} ± 0,04
MTGase F	81,63 ^{aA} ± 0,05	16,35 ^{aC} ± 0,02	0,67 ^{aBC} ± 0,05	0,78 ^{bB} ± 0,03	0,56 ^{bBC} ± 0,00
Gal Q	76,29 ^{aB} ± 0,04	20,70 ^{bB} ± 0,02	1,34 ^{aA} ± 0,07	1,21 ^{aA} ± 0,05	0,46 ^{bC} ± 0,05
MTGase Q	72,40 ^{bC} ± 0,04	25,94 ^{aA} ± 0,07	0,85 ^{bB} ± 0,11	0,15 ^{bC} ± 0,20	0,66 ^{aB} ± 0,03

Reestruturado com galactomanana pelo método a frio (Gal F), reestruturado com transglutaminase pelo método a frio (MTGase F), reestruturado com galactomanana pelo método a quente (Gal Q) e reestruturado com transglutaminase pelo método a quente (MTGase Q).

Médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente, minúscula para o mesmo tratamento, maiúscula para tratamentos diferentes, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: própria autora (2021).

Com o aquecimento nos reestruturados obtidos a quente ocorreu uma concentração nos teores de proteínas e lipídios que foram superiores em relação as amostras obtidas a frio. Independentemente do método de reestruturação, os maiores teores de proteínas foram estatisticamente superiores nas amostras MTGase, porque a transglutaminase é uma enzima, portanto, aumenta o teor de proteína. Nota-se que, em função da perda de água pelo cozimento, houve maior concentração de lipídeos no reestruturado Gal Q, já no método a frio, MTGase F foi estatisticamente superior a Gal F. Sobre os carboidratos, os maiores valores foram nas amostras Gal que não variaram estatisticamente entre si. Isto ocorre, pois a galactomanana é um polissacarídeo, elevando assim o teor de carboidratos. Foi verificada maior valor de cinzas na amostra Gal F, mas em consequência do tratamento a quente ocorreu a maior perda de minerais na amostra com galactomanana (Gal Q). A reestruturação a quente na amostra MTGase Q concentrou o teor de cinzas sendo superior a MTGase F, bem como, apresentou maior valor em relação ao reestruturado Gal Q.

4.3.2 pH e atividade de água (*A_w*)

Na Tabela 12, estão os valores de pH dos reestruturados de tibiros, na qual observou-se que os pH dos produtos obtidos pelo método a frio não variaram entre si, mas diferiram entre as amostras tratadas a quente. O pH da amostra com transglutaminase obtida pelo método a quente (MTGase Q) apontou o maior valor, de 6,76, diferindo estatisticamente em relação ao reestruturado de tibiros com galactomanana (Gal. Q), com um pH de 6,56. De

acordo com Cardoso *et al.* (2010), alterações no pH são efeitos indiretos dos hidrocoloides utilizados e, como resultado de modificações nas conformações, expondo grupos mais ou menos ácidos das proteínas, fato este potencializado pelo tratamento térmico. No caso específico da transglutaminase, esta enzima pode ter catalisado reações que liberam amônia, o que explica o maior valor de pH na amostra MTGase Q.

Analisando a Tabela 12, observou-se que, na atividade de água dos reestruturados de tibi-ro preparados pelo método a frio e a quente, não variaram estatisticamente entre si, ou seja, o teor de água livre dos produtos não foi afetado pelo método utilizado na reestruturação, como também não foi alterado pelos agentes ligantes. Para Huang e Clarke (2017), as substâncias dissolvidas tendem a reduzir a atividade de água. Não foi observada, entretanto, essa redução, tanto nas amostras com galactomanana (Gal) como naquelas com transglutaminase (MTGase).

Os valores obtidos neste trabalho foram superiores aos mostrados por Andrés-Bello *et al.* (2013), os quais obtiveram valores de atividade de água, em reestruturado de peixe dourado elaborado com sal e transglutaminase pelo método a frio, variando de 0,973 a 0,978. Em estudo semelhante, Martelo-Vidal *et al.* (2016a) também reportaram valores de atividade de água variando de 0,970 a 0,980 em reestruturados de atum branco obtido pelo método a quente. Segundo Bainy *et al.* (2015), valores elevados de atividade de água e retenção de água demonstram que as formulações utilizadas possuem propriedades gelificantes de retenção de umidade e gordura, propriedades importantes na aceitação, bem como no rendimento do produto.

Tabela 12 – Resultados de pH, atividade de água (A_w), água expressível (A_E) e perda de peso por cocção (PPC) dos reestruturados de tibi-ro elaborados com galactomanana e transglutaminase obtidos pelos métodos a frio e a quente

Produtos	pH	A_w	A_E (%)	PPC (%)
Gal F	6,27 ^{aC} ± 0,00	0,991 ^{aA} ± 0,00	24,59 ^{bB} ± 1,14	6,42 ^{bB} ± 0,13
MTGase F	6,27 ^{aC} ± 0,03	0,997 ^{aA} ± 0,00	32,44 ^{aA} ± 0,55	26,17 ^{aA} ± 0,51
Gal Q	6,56 ^{bB} ± 0,01	0,995 ^{aA} ± 0,00	32,34 ^{aA} ± 0,19	4,09 ^{aC} ± 0,42
MTGase Q	6,76 ^{aA} ± 0,02	0,997 ^{aA} ± 0,00	22,86 ^{bB} ± 0,54	1,79 ^{bD} ± 0,47

Reestruturado com galactomanana pelo método a frio (Gal F), reestruturado com transglutaminase pelo método a frio (MTGase F), reestruturado com galactomanana pelo método a quente (Gal Q) e reestruturado com transglutaminase pelo método a quente (MTGase Q).

Médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente, minúscula para o mesmo tratamento, maiúscula para tratamentos diferentes, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: própria autora (2021).

4.3.3 Água expressível (A_E) e perda de peso por cocção (PPC)

A água expressível (A_E) é um valor indireto de medição da capacidade de retenção de água (CRA), sendo inversamente proporcional a este parâmetro. Um baixo valor de A_E significa um alto valor de CRA, o que é importante para garantir a umidade e suculência durante os processos de cocção dos produtos (MARTELO-VIDAL *et al.*, 2016b). Pela Tabela 12, é notório que os reestruturados contendo galactomanana e obtidos pelo método a frio obtiveram menor A_E , de 24,59%, ou seja, indicaram maior capacidade de retenção de água, enquanto aqueles logrados por via do método a quente demonstraram maior A_E , de 32,34%, e menor capacidade de retenção de água em virtude do enfraquecimento das interações água-galactomanana após o uso de calor no processo de reestruturação.

Os reestruturados de tibirol elaborados com transglutaminase exibiram comportamento inverso aos daqueles com galactomanana. A amostra obtida pelo método a frio mostrou maior A_E com valor de 32,44%, enquanto a obtida pelo método a quente revelou 22,86%, valor com maior capacidade de reter água. Estes resultados foram semelhantes aos conseguidos por Kunnath *et al.* (2015), que obtiveram melhor capacidade de retenção de água em reestruturado de peixe-panga, preparado a quente, em comparação aos alcançados pelo método a frio. Esses dados sugerem que as ligações cruzadas formadas pela MTGase mantiveram água aprisionada dentro da rede durante o tratamento térmico.

A enzima transglutaminase realiza ligações covalentes intra e intermoleculares, prevalecendo as interações proteína-proteína, mas, para a formação de um bom gel em produtos reestruturados com boa capacidade de retenção de água, é necessário haver um equilíbrio com as interações proteína-água induzidas pelo NaCl (ANDRÉS-BELLO *et al.*, 2011; BANERJEE; BHATTACHARYA, 2012; MARTÍN-SANCHEZ *et al.*, 2009), o que explica a menor capacidade de retenção de água no reestruturado MTGase F, já que não houve adição de sal nesta formulação. Téllez-Luis, Ramírez e Vázquez (2004) relataram um efeito mínimo da transglutaminase na CRA e, segundo Ramírez *et al.* (2011), o uso de hidrocoloides é mais eficiente para a manutenção da CRA elevada. Os resultados desta pesquisa sugerem que a galatomanana se liga à água de maneira mais eficaz do que a transglutaminase nas amostras elaboradas a frio, porém, naquelas tomadas pelo método a quente, a transglutaminase denota melhor capacidade de retenção de água.

Em relação à perda de peso por cocção dos reestruturados de tibirol, observou-se que todas as formulações indigitaram diferenças significativas entre si a 5%. Os

reestruturados com MTGase exibiram valores de PPC compatíveis com os da análise de água expressível (A_E), pois a amostra MTGase F revelou maior A_E e maior PPC, enquanto a amostra MTGase Q o menor valor de PPC, de 1,79%, e o menor valor de A_E , com 22,86%. Maiores valores de água expressível correspondem a menores valores de CRA e, como consequência, a elevação na perda de água durante a cocção (FONTAN *et al.*, 2011).

Nos reestruturados de tibi-ro elaborados com galactomanana, não foi observada essa compatibilidade com a A_E , pois, na amostra Gal F, registrou-se maior PPC, com 6,42%, e na amostra Gal Q, um menor valor, com 4,09%. Os valores obtidos nesta pesquisa estão próximos aos estudos de reestruturação de peixe com a goma konjac, cujos valores de PPC variaram de 6,3% a 9,0% obtidos pelo método a frio (SOLO-DE-ZALDÍVAR *et al.*, 2014). As amostras de reestruturados elaborados a quente expressaram menores PPC, porque a maior parte da água foi eliminada durante a fase de obtenção. Como o tratamento térmico causou a retração do tecido muscular, menos água foi eliminada na realização da análise, explicando os baixos valores de PPC, tanto nas amostras Gal Q como nas amostras MTGase Q. De modo geral, pelo método a frio, as amostras elaboradas com galactomanana registraram maior capacidade de retenção de água e menor perda de peso por cocção, enquanto, no método a quente, os reestruturados com MTGase foram os que manifestaram as melhores características.

4.3.4 Coordenadas de Cor

A cor é um atributo de qualidade que influencia a aceitabilidade dos produtos cárneos, nesse sentido, as coordenadas (L , a^* , b^*) foram analisados para verificar se a adição do agente gelificante e/ou método de reestruturação influenciaram na cor, os resultados estão na Tabela 13. Os valores de luminosidade (L^*) dos reestruturados obtidos pelo método a frio (55,28 – 58,49) situou estes reestruturados dentro da faixa de tons de cinza, o L^* do MTGase F foi superior ao reestruturado Gal F. No método a quente, os valores de L^* foram mais elevados e não diferiram estatisticamente entre os reestruturados MTGase Q e Gal Q. Moreno, Carballo e Borderías (2013) relataram resultados semelhantes em reestruturado de pescada, elaborado com alginato de sódio e transglutaminase (MTGase), atribuindo o aumento de L^* à desnaturação proteica em decorrência do tratamento térmico.

A coordenada a^* diferiu estatisticamente entre todos os reestruturados de tibi-ro. Quanto ao método de reestruturação, as amostras obtidas pelo método a frio denotaram os

maiores valores de a^* , indicando uma coloração mais avermelhada nestes produtos, assemelhando-se à cor do músculo do tibi-ro. Já entre as amostras submetidas ao calor, o reestruturado com galactomanana (Gal Q) obteve maior valor de a^* . Segundo Bainy *et al.* (2015), os processos de cocção, além de desenvolverem sabores e aromas, mudam a coloração da superfície dos produtos conforme ocorreu nos reestruturados a quente que tiveram reduções neste parâmetro.

Em relação à coordenada b^* , os maiores valores foram apontados pelas amostras obtidas pelo método a quente, as quais não diferiram estatisticamente entre si, enquanto, nas alcançadas pelo método a frio, a intensidade do amarelo foi menor na amostra Gal F. Portanto, o uso de calor comprovou um efeito significativo na cor, os reestruturados obtidos pelo método a quente ficaram mais amarelos e claros (maiores valores de b^* e L^*), enquanto as amostras obtidas pelo método a frio se fizeram mais escuras e avermelhadas (menores valores de L^* e maiores valores de a^*), respectivamente.

Tabela 13 – Coordenadas de cor (L^* , a^* e b) dos reestruturados de tibi-ro elaborados com galactomanana e transglutaminase obtidos pelos métodos a frio e a quente

Produtos	L^*	a^*	b^*
Gal F	55,28 ^{bC} ± 0,39	1,65 ^{bB} ± 0,08	13,60 ^{bC} ± 0,43
MTGase F	58,49 ^{aB} ± 0,59	2,49 ^{aA} ± 0,26	14,99 ^{bB} ± 0,10
Gal Q	67,27 ^{aA} ± 0,72	1,08 ^{aC} ± 0,02	17,02 ^{aA} ± 0,25
MTGase Q	67,74 ^{aA} ± 0,33	0,70 ^{bD} ± 0,04	16,37 ^{aA} ± 0,47

Reestruturado com galactomanana pelo método a frio (Gal F), reestruturado com transglutaminase pelo método a frio (MTGase F), reestruturado com galactomanana pelo método a quente (Gal Q) e reestruturado com transglutaminase pelo método a quente (MTGase Q).

Médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente, minúscula para o mesmo tratamento, maiúscula para tratamentos diferentes, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: própria autora (2021).

4.3.5 Perfil de Textura (TPA)

Na Tabela 14, estão resumidos os parâmetros do perfil de textura (TPA) dos reestruturados de tibi-ro preparados pelos métodos a frio e a quente. Os menores valores de dureza foram nos reestruturados de tibi-ro elaborados pelo método a frio, isto ocorre, devido a maior umidade nestes produtos que contribuiu para a menor resistência a ruptura. A adição de polissacarídeos tende a reduzir a dureza de produtos reestruturados conforme relatado por

Andrés-Bello *et al.* (2013) reestruturados de peixe dourado elaborados com goma konjac, carboximetilcelulose e transglutaminase, pelo método a frio. Todavia, a galactomanana neste parâmetro, exprimiu comportamento semelhante ao da transglutaminase por não apresentar diferença significativa em relação a MTGase F.

Quanto às amostras obtidas pelo método a quente, ocorreu um aumento significativo na resistência à compressão. De acordo com Herrero *et al.* (2008), este aumento da dureza nas amostras preparadas a quente decorre da desnaturação proteica induzida pelo calor, causando expulsão de água, tornando o produto mais rígido. Na Amostra Gal Q, o tratamento térmico elevou cerca de duas vezes mais a dureza em relação a Gal F e foi superior a outros agentes ligantes conforme relatado no trabalho de Huang e Clarke (2017) em reestruturados de peixe elaborados com carragena (3.226,1 g) e amido de milho (1.858,7 g) obtidos pelo método a quente. Na amostra MTGase Q foi registrado um aumento expressivo na dureza sendo três vezes maior do que na Gal Q. Essa elevação está relacionada tanto ao aquecimento como também ao fortalecimento das ligações proteína-proteína promovidas pela transglutaminase (BONFIM *et al.*, 2015). Este resultado foi semelhante aos obtidos por Martelo-Vidal *et al.* (2016a) em reestruturado de atum branco, cuja dureza variou entre 11.485 a 20.981 g, obtidos por método a quente.

Os dados de coesividade estão na Tabela 14, os quais foram superiores nas amostras tratadas a quente e nos reestruturados obtidos pelo método a frio não houve diferença significativa a 5%. A coesividade está relacionada à união entre as partes menores do músculo do peixe e, a presença de mais água na formulação das amostras preparados a frio, contribui para uma menor coesão nestes reestruturados. O reestruturado MTGase Q apontou maior coesividade em relação a Gal Q indicando que as ligações internas foram mais significativas e estão de acordo com o alto valor de dureza desta amostra. Estes resultados foram semelhantes à de filés de pacu, tambacu e tambaqui cozidos, cujos valores variaram de 0,33-0,35 (BORGES *et al.*, 2013).

Tabela 14 – Parâmetros dureza (g), coesividade, adesividade (g. s), elasticidade (mm) e mastigabilidade (g.mm) dos reestruturados de tibirol elaborados com galactomanana e transglutaminase obtidos pelos métodos a quente e a frio

Produtos	Dureza (g)	Coesividade	Adesividade (g.s)	Elasticidade (mm)	Mastigabilidade (g.mm)
Gal F	2.010,64 ^{cA} ± 21,90	0,13 ^{cA} ± 0,00	-1.751,96 ^{dB} ± 12,58	0,14 ^{cB} ± 0,01	34,98 ^{dB} ± 6,89
MTGase F	2.088,53 ^{cA} ± 35,30	0,13 ^{cA} ± 0,00	-408,57 ^{cA} ± 22,63	0,38 ^{bA} ± 0,02	188,41 ^{cA} ± 11,64
Gal Q	4.494,05 ^{bB} ± 131,38	0,17 ^{bB} ± 0,00	-211,64 ^{bB} ± 1,49	0,64 ^{aA} ± 0,00	775,14 ^{bB} ± 6,30
MTGase Q	13.277,22 ^{aA} ± 40,18	0,33 ^{aA} ± 0,00	-42,55 ^{aA} ± 1,17	0,65 ^{aA} ± 0,00	2.500,80 ^{aA} ± 26,66

Reestruturado com galactomanana pelo método a frio (Gal F), reestruturado com transglutaminase pelo método a frio (MTGase F), reestruturado com galactomanana pelo método a quente (Gal Q) e reestruturado com transglutaminase pelo método a quente (MTGase Q).

Médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente, minúscula para o mesmo tratamento, maiúscula para tratamentos diferentes, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: própria autora (2021).

A área de força negativa após a primeira compressão (primeira mordida) representa o trabalho necessário para puxar o êmbolo de compressão da amostra, sendo definida como adesividade. Este parâmetro denota valores negativos e, à medida que se aproxima de zero, menor será a pegajosidade do produto. Nota-se que as amostras elaboradas com a galactomanana indicaram os menores valores de adesividade, decorrentes da natureza do material e de seu poder espessante na mistura, o que naturalmente ocorrerá nestes reestruturados. O calor na amostra Gal Q reduziu este atributo, mas ainda se manteve superior à amostra MTGase Q. Os valores de adesividade nas amostras elaboradas com MTGase são maiores e esperados, pois, de acordo com Andrés-Bello *et al.* (2011), esta enzima aumenta as interações proteína-proteína, formando uma estrutura tridimensional responsável pela captura da água e uma menor pegajosidade.

A distância em que os alimentos recuperam sua altura durante o tempo decorrido entre o final da primeira compressão e o início da segunda é definida como elasticidade, o produto recupera o formato original depois da remoção da força (BOURNE, 1978). As amostras tratadas a quente apresentaram os maiores valores de elasticidade e não variaram estatisticamente entre si, ao passo que, nas amostras obtidas pelo método a frio, o reestruturado MTGase F exprimiou maior elasticidade em relação a Gal F. Baixos valores de elasticidade podem significar que a amostra denota fraturas internas que não permitem a amostra retornar ao tamanho original, o que é condizente com os baixos valores de coesão das amostras tratadas a frio (ANDRÉS-BELLO *et al.*, 2011). O aumento deste parâmetro nas amostras obtidas pelo método a quente é causado pelo processo de gelificação induzido pelo calor, pois, segundo Kunnath *et al.* (2015), as moléculas de água são mantidas na rede de proteínas, tornando o produto mais elástico por natureza, ao contrário das amostras obtidas pelo método a frio que possuem maior teor de água livre a ser eliminado na cocção, assim como uma menor coesão.

A mastigação é definida como a energia necessária para desintegrar um produto alimentar sólido, reduzindo-o a um estado de prontidão para ser engolido; numericamente é calculada como o produto da dureza, coesividade e elasticidade (BOURNE, 1978). A mastigabilidade dos reestruturados com MTGase foram maiores do que dos reestruturados com galactomanana nos dois métodos de reestruturação. Nas amostras tratadas a frio, a elasticidade do MTGase F foi o único parâmetro que diferiu estatisticamente da Gal F, implicando maior mastigabilidade. Nos reestruturados tratados a quente, o MTGase Q exprimiou maior valor, neste parâmetro, por apresentar os maiores valores de dureza,

coesividade e elasticidade dos reestruturados. Santos *et al.* (2018) encontraram, em filés cozidos de pirarucu, valores de dureza e mastigabilidade mais baixos do que em amostras frescas. É o contrário do obtido nesta pesquisa, fato demonstrativo de que a adição destes gelificantes contribuiu para elevar estes parâmetros de textura nas amostras obtidas pelo método a quente.

4.4 Conclusão

A adição da galactomanana ao músculo triturado do peixe tibi-ro, no método a frio, elevou o conteúdo de carboidratos, reduzindo os teores de proteínas e lipídeos da formulação. Em compensação, estes produtos exibiram menores teores de água expressível (A_E) e perda de peso por cocção (PPC), além disso, apresentaram dureza e coesão semelhantes às do reestruturado com transglutaminase. No método a quente, o aquecimento reduziu a umidade que favoreceu o aumento em todas as propriedades mecânicas de ambos os reestruturados. Foi observado que esta elevação foi menos acentuada no reestruturado com galactomanana, sendo obtidos produtos mais adesivos e com menor dureza e coesão. Estes resultados foram importantes, pois demonstraram que a aplicação da galactomanna de *Caesalpineia pulcherrima* como agente ligante mostrou-se eficiente na reestruturação de pescados obtidos pelos métodos a quente e a frio.

5 EFEITO DO ARMAZENAMENTO CONGELADO SOBRE O REESTRUTURADO DE PESCADO ELABORADO COM GALACTOMANANA (*Caesalpineia pulcherrima*)

5.1 Introdução

A *Caesalpineia pulcherrima* é uma planta de ornamentação, cujo fruto é do tipo legume, deiscente e polispérmico, com média de sete sementes com formato oblongo-ovalado (ARAÚJO NETO *et al.*, 2014). As sementes pertencentes a esta família contêm no endosperma galactomanana, que, em vez do amido, é o polissacarídeo de reserva, sendo quimicamente uma cadeia linear de manose, unida por ligações glicosídicas β (1-4), à qual resíduos de galactose estão associados por ajuntamentos do tipo α (1-6) como substituintes no carbono 6 da D-manose (CERQUEIRA *et al.*, 2011b).

Das sementes de *Caesalpineia pulcherrima* é extraída uma galactomanana com reconhecida capacidade modificadora de viscosidade e como agente espessante de propriedades semelhantes às gomas comerciais (THOMBRE; GIDE, 2013). Com a intensa exploração e valorização econômica de gomas comerciais, o estudo de fontes alternativas se expressa muito promissor e, além disso, há a possibilidade de utilizar matérias-primas regionais, pela viabilidade e baixo custo, fatores que contribuem para o emprego desta galactomanana. Trabalhos na literatura com galactomanana de *Caesalpineia pulcherrima* têm como foco a sua aplicabilidade em diversos alimentos. Com pescados, Maia *et al.* (2015) elaboraram *nuggets* e *fishburger* de surimi de tilápia, utilizando-a como agente espessante e, obtiveram boa intenção de compra na análise sensorial realizada com provadores não treinados.

Estudos adicionais são necessários para avaliar o potencial desta galactomanana em produtos com pescados e verificar sua viabilidade como agente ligante na reestruturação de produtos de origem animal, assim como investigar seu comportamento frente ao armazenamento congelado. O congelamento é o método de conservação mais utilizado para produtos reestruturados que se caracteriza pela redução da temperatura do alimento abaixo de seu ponto de congelamento, na qual a água muda de estado físico e nesse processo são formados cristais de gelo e, quanto menor a temperatura, menores serão a velocidade das alterações microbiológicas, químicas e enzimáticas (TRUONGHUYNH *et al.*, 2020).

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo estudar o impacto do armazenamento congelado nas características físico-químicas e mecânicas de reestruturados de pescado elaborados com galactomanana, durante 120 dias de armazenamento congelado a -18 °C e comparar com as de um reestruturado elaborado com o agente ligante comercial transglutaminase.

5.2 Matérias e métodos

5.2.1 Material

O peixe tapiro (*Oligoplites palometa*) e o sal foram obtidos no comércio de Fortaleza, Ceará. A galactomanana (*Caesalpineia pulcherrima*) foi fornecida pelo Departamento de Farmácia da Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Além disso, foi utilizada a transglutaminase microbiana (ACTIVA GS) com atividade de cerca de 47 a 82 U_g⁻¹, contendo em sua composição cloreto de sódio, gelatina, fosfato trissódico, maltodextrina, transglutaminase e óleo de cártamo da Ajinomoto (Brasil).

5.2.2 Preparação do reestruturado

A reestruturação do tapiro pelo frio foi conforme o método descrito por Moreno, Carballo e Borderías (2008). As formulações dos produtos reestruturados estão expressas na Tabela 15, sendo as concentrações usadas no reestruturado com galactomanana baseadas em ensaios prévios e a concentração de transglutaminase utilizada na formulação do reestruturado-controle de acordo com o estudo de Monteiro *et al.* (2015).

Tabela 15 - Formulações dos reestruturados de tapiro adicionados de transglutaminase (MTGase) e galactomanana (Gal) em g/100g

Reestruturado	Músculo	Transglutaminase	Galactomanana	Sal refinado
MTGase	99,5	0,5	0,0	0,0*
Gal	98,0	0,0	0,2	1,8

(*) Não houve adição de sal refinado na formulação.
Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Os músculos de peixe foram moídos em moedor de carne (Skymesen, PS-22) com disco de 7 mm de diâmetro. Para preparação dos reestruturados com galactomanana, inicialmente, providenciou-se uma dispersão aquosa a 80 °C, com uma concentração de 1,84% (p/v) de galactomanana (*Caesalpineia pulcherrima*), homogeneizada por 60 segundos com auxílio de um mixer e deixada a arrefecer sob temperatura ambiente. Os produtos foram preparados em *cutter*, o sal refinado na concentração de 1,8% e o gel de galactomanana adicionados ao peixe triturado na proporção de 10:90 (m/m), com intuito de obter uma concentração final de 0,2%. Tempo adicional de 120 segundos foi necessário para homogeneização dos ingredientes. A preparação dos reestruturados-controles com transglutaminase seguiram as recomendações do fabricante, sendo aplicada como solução, na proporção 1:4 de água ao músculo triturado. Os produtos reestruturados foram moldados em formato circular em aros de alumínio com 7 cm de diâmetro e 16 mm de altura envolvidos em filmes de PVC, acondicionados em embalagens plásticas de polietileno identificadas, permanecendo sob refrigeração a 4 °C por 24 horas; posteriormente foram congelados em freezer a -18 °C por 120 dias de armazenamento. É importante ressaltar que as análises do tempo zero foram realizadas após as 24 horas da indução a frio.

5.2.3 Métodos

5.2.3.1 pH

Foram pesadas 5 gramas da amostra e adicionados 50 mL de água destilada, depois submetidos a leitura direta em pHmetro de superfície modelo R-TEC7MP (Tecnal, Brasil). As leituras foram realizadas em triplicata.

5.2.3.2 Bases voláteis totais (N-BVT)

Pesaram-se 30 g de amostra e adicionados 30 mL de ácido tricloroacético (10%), sendo maceradas por um minuto em almofariz. Após um repouso de 30 minutos, o homogeneizado foi peneirado e filtrado em papel filtro. Nas placas de microdifusão de Conway, foram adicionados 2 mL de ácido bórico (1%), contendo indicador misto de Tashiro no compartimento central e, no compartimento externo, 2 mL do extrato da amostra, 1 mL de formol (35%) e 2 mL de solução saturada de carbonato de potássio. Tampas com graxa de

silicone foram imediatamente colocadas sobre as placas e presas com grampos de metal, e uma suave homogeneização foi necessária para misturar o conteúdo do compartimento externo; por fim, foram mantidas a 35 - 36 °C em estufa por duas horas. Após esse período, foram tituladas com uma solução de ácido clorídrico a 0,01 M. A análise foi realizada em triplicata e o conteúdo expresso em mg de N-BVT/100g segundo metodologia de micro difusão de Conway (CONWAY; BYRNE, 1993) e calculado por intermédio da equação 8.

$$N\text{-BVT} = \frac{(V \times N \times 1400) \times (T \times V)}{(VA \times P)} \quad (8)$$

Onde:

V = volume (mL) do ácido HCl 0,01N gasto na titulação

N = normalidade da solução de HCl 0,01N

T = volume (mL) da solução TCA a 10% usado

U = umidade da amostra

VA = volume (mL) da alíquota do extrato

P = peso da amostra utilizada no preparo do extrato.

5.2.3.3 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A metodologia adotada foi descrita por Raharjo, Sofos e Schmidt (1992) com modificações. O extrato foi obtido a partir de 10 g de amostra, adicionados 1 mL de BHT (0,15%) e 40 mL de TCA (5%), sendo, em seguida, centrifugado a uma temperatura de 4 °C a 10.000 rpm por dez minutos. O sobrenadante resultante foi filtrado e transferido para um balão volumétrico de 50 mL e completado com TCA (5%). Foi retirada uma alíquota de 2 mL dessa solução para um tubo de ensaio e adicionados 2 mL da solução de TBA (0,08 M) em ácido acético (50%) e levada para o banho-maria a 94 ± 1 ° C por 50 minutos. Após o resfriamento em banho de gelo, realizaram-se as leituras de absorvância em espectrofotômetro no comprimento de onda de 531 nm. Este procedimento foi realizado em triplicata, sendo o valor de TBARS calculado conforme a equação 9 e expresso em mg de malonaldeído (MDA) por Kg de amostra.

$$TBARS = \frac{(25 \times C)}{P} \quad (9)$$

Onde:

P = massa da amostra (g);

25 = fator de diluição.

C = concentração correspondente à absorbância na curva padrão (μg de MDA/2 mL).

5.2.3.4 Determinação de cor

A análise de cor foi realizada em espectrocolorímetro Colorquest XE (HunterLab, Virgínia, EUA). Para isso, as amostras foram dispostas em cubeta de vidro de espessura 10 mm e fez-se a leitura por reflexão especular exclusiva (sem luz) em uma área de 5,07 cm² da amostra. As medidas foram feitas em quintuplicata, sendo os resultados das leituras obtidos por meio do software EasyMatch QC 4.81, acoplado ao equipamento e seguindo o sistema colorimétrico CIE L*a*b*.

5.2.3.5 Água expressível (A_E)

As amostras foram pesadas ($2 \pm 0,2$ g) e colocadas em duas camadas de papel de filtro, sendo, em seguida, dispostas em tubos para centrífuga de 50 mL e submetidas a centrifugação a 1000 g por 15 min a 4 °C. Imediatamente após a centrifugação, os papéis de filtro úmidos foram removidos e as amostras de peixe pesadas novamente, cinco delas analisadas para cada tratamento (MARTELO-VIDAL, MESAS e VÁZQUEZ, 2012). A porcentagem de água expressível foi calculada conforme a equação 10.

$$A_E(\%) = \frac{(P_0 - P)}{P_0} \times 100 \quad (10)$$

Onde:

A_E = a porcentagem de água expressível;

P_0 = o peso inicial;

P = o peso final.

5.2.3.6 Perda de peso por cocção (PPC)

A perda de peso por cocção seguiu a metodologia proposta por Liu *et al.* (2004) e realizada em quintuplicata. As amostras foram cortadas em formatos retangulares (2 cm largura por 3 cm de comprimento), introduzidas em sacos plásticos de polietileno e levadas para cocção em banho-maria a 85 °C por 25 minutos. Após o cozimento, as amostras foram retiradas das embalagens, resfriadas em água corrente e a superfície seca delicadamente com papel absorvente. A diferença entre o peso inicial e final correspondeu à perda de peso por cocção e calculada conforme a equação 11.

$$PPC (\%) = \frac{(\text{Peso}_{\text{antes da cocção}} - \text{Peso}_{\text{após a cocção}})}{\text{Peso}_{\text{antes da cocção}}} \times 100 \quad (11)$$

5.2.3.7 Análise de textura

As análises instrumentais de textura foram feitas em texturômetro (TA-XT2i, Stable Micro System, UK) com célula de carga de 5 Kg. As medições seguiram a metodologia descrita por Kunnath *et al.* (2015), utilizando uma sonda cilíndrica com diâmetro de 50 mm (P50). Realizaram-se dez provas para cada tratamento, nas quais as amostras foram axialmente comprimidas até 75 % da sua altura original, com velocidade de pré-teste de 2 mm/s, velocidade de teste de 1 mm/s e uma velocidade pós-teste de 5 mm / s. A distância de penetração da sonda foi mantida em 30 mm e a duração do tempo entre a primeira e a segunda compressão foi ajustada para 2,5 s. As amostras foram colocadas na placa-base e comprimidas e descomprimidas duas vezes pela sonda cilíndrica e, com isso, curvas gráficas foram geradas. Os atributos foram assim medidos: dureza é a força de pico necessária para a primeira compressão (g); coesividade é a razão do trabalho ativo realizado sob a primeira curva de compressão (sem dimensão); elasticidade é a distância que a amostra recupera após a primeira compressão (mm); adesividade é a área de força negativa da primeira mordida de compressão (g. s).

5.2.4 Análise estatística

Os dados foram relatados como valores médios e desvio-padrão, foi realizada a análise de variância (ANOVA) para teste F e comparação das médias pelo Teste de Tukey a 5%. Para a avaliação das transformações durante o armazenamento congelado em função do tempo, os dados foram analisados por meio de regressão polinomial, considerando-se as equações até 2º grau. O coeficiente de determinação mínimo para utilização das curvas foi de 70%. As análises foram feitas utilizando os recursos computacionais do programa Statistica 7.0 (STATSOFT, 2008).

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 pH

As médias obtidas para o pH nos reestruturados de tibi-ro no decurso do armazenamento de 120 dias estão na Tabela 16. O pH tem a função de indicar a acidez, alcalinidade ou neutralidade do músculo do pescado em meio aquoso, e, embora não seja conclusivo para avaliar o grau de frescor, ainda é aplicado como parâmetro na avaliação de qualidade (SOARES; GONÇALVES, 2012). Os pH das amostras MTGase e Gal não diferiram no início (zero dia) e no final do armazenamento (120 dias) somente dos tempos 30 e 60 dias. O MTGase expressou maior valor de pH aos 30 dias e o reestruturado Gal maior valor nos 60 dias. Foi ajustada uma equação polinomial de grau 2 aos dados de pH da amostra MTGase que exibiu um coeficiente de determinação (R^2) de 0,78. Já os valores obtidos para o reestruturado Gal não foram ajustáveis a equação da regressão com coeficiente de determinação (R^2) inferior a 0,70.

Tabela 16 – Análise de pH de reestruturados de tibiros elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) armazenados sob congelamento por 120 dias

Tempo (Dias)	pH	
	MTGase	Gal
0	6,27 ^{aC} ± 0,00	6,29 ^{aC} ± 0,00
30	6,40 ^{aAB} ± 0,00	6,34 ^{bB} ± 0,00
60	6,37 ^{bB} ± 0,01	6,41 ^{aA} ± 0,00
90	6,42 ^{aA} ± 0,00	6,33 ^{aB} ± 0,00
120	6,39 ^{aAB} ± 0,02	6,40 ^{aA} ± 0,01

Médias seguidas por mesma letra minúscula na mesma linha não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey.

Reestruturado de tibiros com transglutaminase (MTGase), reestruturado de tibiros com galactomanana (Gal F).

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

O limite estabelecido em legislação considera pH inferior a 7.0 como referência para peixes frescos (BRASIL, 2017). Embora tenha ocorrido a elevação do pH em alguns momentos durante o armazenamento dos produtos, estes permaneceram inferiores ao padrão legal. O aumento do pH em ambos os tratamentos é esperado, pois, mesmo sob condições de congelamento (-18 °C), não ocorre a interrupção de todas as reações que promovem as alterações na qualidade. A elevação do pH no músculo indica o aumento de compostos alcalinos que podem ser oriundos da ação microbiana, como também de qualquer outra atividade proteolítica endógena, e inclui, dentre outros, trimetilamina (TMA) e amônia (SOTO-VALDEZ *et al.*, 2015). Marinho *et al.* (2014) também observaram em piramutaba estocada por 18 dias em gelo a elevação do pH durante o armazenamento relacionada às bases voláteis totais (N-BVT) nos músculos destes peixes. O uso de hidrocolóides como galactomanana é passível de causar alterações na conformação das proteínas, expondo grupos básicos que poderão elevar o pH, ao passo que a transglutaminase catalisa reações que liberam amônia.

5.3.2 Bases voláteis totais (N-BVT) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

Na Tabela 17 estão as médias dos valores obtidos no decurso do armazenamento para as bases voláteis totais (N-BVT) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

dos reestruturados de tapiro. Verificou-se que, nos dois reestruturados, as médias de N-BVT diferiram significativamente, denotando um comportamento crescente durante a estocagem. No final do período, as amostras MTGase e Gal indicaram os valores 4,64 mg/100g e 3,82 mg/100g, respectivamente, e não excederam o limite estabelecido recomendado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que é de 30 mg/100g (BRASIL, 2017). A comparação das médias obtidas entre os dois reestruturados mostrou que, em todos os tempos de estocagem, os valores de N-BVT do MTGase foram superiores em relação à amostra Gal. Este comportamento é explicado pelo fato da transglutaminase catalisar a formação de ligações cruzadas, tanto dentro de uma molécula de proteína quanto entre moléculas de proteínas distintas e liberar neste processo a amônia. Assim, eleva o conteúdo de bases voláteis totais (N-BVT).

Tabela 17 – Bases voláteis totais (N-BVT) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) de reestruturados de tapiro elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) armazenados sob congelamento por 120 dias

Tempo (Dias)	N-BVT (mg/100g)		TBARS (mg de MDA/Kg)	
	MTGase	Gal	MTGase	Gal
0	1,83 ^{aE} ± 0,16	1,37 ^{bE} ± 0,00	0,80 ^{bC} ± 0,00	0,90 ^{aA} ± 0,00
30	2,83 ^{aD} ± 0,07	2,47 ^{bD} ± 0,00	0,98 ^{aB} ± 0,01	0,88 ^{bB} ± 0,00
60	3,41 ^{aC} ± 0,08	2,85 ^{bC} ± 0,08	0,97 ^{aB} ± 0,00	0,74 ^{bD} ± 0,00
90	3,81 ^{aB} ± 0,07	3,22 ^{bB} ± 0,08	0,98 ^{aB} ± 0,02	0,82 ^{bC} ± 0,00
120	4,64 ^{aA} ± 0,07	3,82 ^{bA} ± 0,08	1,14 ^{aA} ± 0,01	0,89 ^{bAB} ± 0,00

Médias seguidas por mesma letra minúscula na mesma linha não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey.

Reestruturado de tapiro com transglutaminase (MTGase), reestruturado de tapiro com galactomanana (Gal F).

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

No que concerne à oxidação lipídica, os valores de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) aumentaram proporcionalmente com o tempo de armazenamento, com exceção do tempo zero, pois sempre foram maiores no reestruturado com MTGase do que no reestruturado adicionado de Gal. O teste de TBARS quantifica o malonaldeído, que é um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poli-insaturados, formados durante o processo oxidativo, ocasião em que são gerados produtos

indesejáveis, detectáveis sensorialmente, bem como a redução de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais (LIMA JÚNIOR *et al.*, 2013).

Os limites mínimo e máximo obtidos durante a estocagem de 120 dias a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ na amostra MTGase foram 0,80 e 1,14 mg de MDA/Kg, respectivamente. Além disso, verificou-se que o conteúdo de TBARS se manteve estável no período de 30 a 90 dias, elevando-se ao final do armazenamento, conforme esperado. Ademais, estes dados ajustaram-se a equação linear com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,81 mostrando uma correlação positiva com o tempo. Em estudo semelhante, Moreno, Borderías e Baron (2010) constataram que a adição de transglutaminase ao músculo picado de truta (*O. mykiss*) e pescada (*M. merluccius*) desencadeou reações oxidativas e, ao final do armazenamento refrigerado de 6 dias a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, os valores de TBARS obtidos variaram de 30,27 a 35,11 mg de MDA/Kg para truta e 13,53 a 23,81 mg de MDA/Kg para a pescada.

No reestruturado adicionado de Gal não ocorreu acréscimo dos valores de TBARS e também não houve diferença estatística nos dias zero e 120 dias de estocagem. Além disso, observou-se uma tendência de queda dos valores de MDA do período de 60 aos 90 dias. Com isso, a equação polinomial de grau 2 foi a melhor ajustada aos dados de TBARS com coeficiente de determinação (R^2) de 0,70. Estes resultados foram satisfatórios, indicando que a galactomanana não promoveu reações oxidativas ao longo do armazenamento, como constatado nas amostras adicionadas de transglutaminase. Os valores obtidos nos reestruturados de tapiro foram próximos aos relatados por Biassi *et al.* (2018) em empanado de tilápia formulado com extratos comerciais de gengibre e alecrim, cujos valores de TBARS variaram de 0,4 a 1,4 mg de MDA/Kg ao longo do armazenamento congelado de 120 dias. A legislação brasileira não indica um limite para a oxidação lipídica medida pelo TBARS para produtos da pesca, até porque este valor pode variar conforme o produto. Mas, de acordo com o trabalho desenvolvido por Cartonilho e Jesus (2011), teores abaixo de 3,0 mg de MDA/Kg indica peixe em bom estado de conservação, ou seja, com qualidade ainda aceitável.

5.3.3 Determinação de Cor

As coordenadas de cor L^* , a^* , b^* foram analisadas para verificar se a adição do agente gelificante influenciou na cor dos reestruturados de tapiro. As médias obtidas no armazenamento para a coordenada luminosidade (L^*) estão na Tabela 18. A luminosidade (L^*) no reestruturado adicionado de MTGase demonstrou maior valor de L^* no tempo inicial

(58,21) e o menor valor aos 30 dias (55,27), mantendo-se mais estável dos 60 aos 120 dias de armazenamento. No reestruturado Gal, houve pouca alteração na luminosidade; o menor valor de L^* foi aos 30 dias, ao passo que, depois, os valores se mantiveram estáveis até o final do armazenamento. Comparando os tratamentos, verifica-se que a amostra MTGase apontou valores de luminosidade maiores do que a Gal do tempo inicial até os 60 dias, depois, porém, mostrou luminosidade estatisticamente igual a Gal até o final do armazenamento. Os dados de luminosidade obtidos para o reestruturado MTGase não foram ajustáveis com coeficiente de determinação (R^2) inferior a 0,70. Já equação polinomial de grau 2 ajustou-se aos dados de luminosidade da amostra Gal que exibiu um coeficiente de determinação (R^2) de 0,72.

Tabela 18 – Coordenada luminosidade (L^*) de reestruturados de tibiros elaborados com transglutaminase (MTGase) com galactomanana (Gal) armazenados sob congelamento por 120 dias

Tempo (Dias)	L^*	
	MTGase	Gal
0	58,21 ^{aA} ± 0,26	55,62 ^{bA} ± 0,05
30	55,27 ^{aC} ± 0,27	54,03 ^{bB} ± 0,83
60	56,99 ^{aAB} ± 0,16	54,64 ^{bAB} ± 0,19
90	56,55 ^{aBC} ± 0,43	55,66 ^{aA} ± 0,75
120	55,47 ^{aBC} ± 1,25	56,08 ^{aA} ± 0,40

Médias seguidas por mesma letra minúscula na mesma linha não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey.

Reestruturado de tibiros com transglutaminase (MTGase), reestruturado de tibiros com galactomanana (Gal F).

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

As coordenadas a^* e b^* estão dispostas na Tabela 19. Os valores da cor vermelha (a^*) foram maiores nas amostras com MTGase do que nas amostras com Gal, comportamento justificado pela coloração avermelhada da solução preparada com transglutaminase. Sobre as coordenadas de cor a^* exibidas nos reestruturados com MTGase e Gal, os dados de ambos não apresentaram modelo significativo com coeficientes de determinação (R^2) inferiores a 0,70. Observou-se redução dos valores de a^* nas duas amostras, sendo esta redução sempre maior nas amostras com MTGase do que nas amostras com Gal, o que indicou um leve decréscimo após 120 dias de armazenamento, não variando estatisticamente do tempo zero.

Supõe-se que tal decréscimo nos valores de a^* no reestruturado de MTGase durante o armazenamento pode estar relacionada com a elevação de reações oxidativas nesta amostra.

Sánchez-Alonso *et al.* (2011) também observaram no reestruturado de peixe carapau a redução dos valores de a^* no armazenamento refrigerado, e atribuíram este fato à oxidação da oximioglobina à metamioglobina. Além disso, o acúmulo de subprodutos da oxidação lipídica causa um amarelecimento, elevando também os valores de b^* , fato este também observado no período do armazenamento nas amostras adicionadas com MTGase e sempre maiores do que nos reestruturados com galactomanana. Com isso, a regressão linear apresentou significativa e ajustável (R^2 igual a 0,75) e descreve o comportamento de b^* ao longo do armazenamento. Os valores de b^* para a amostra Gal não permitiram ajustar a equação de regressão em função da variação desta coordenada durante o período de estocagem. Estes resultados das médias de coordenadas de cor a^* e b^* demonstram que as amostras com Gal foram mais preservadas das reações de oxidação e estão de acordo com os valores de TBARS.

Tabela 19 – Coordenadas de cor (a^* e b^*) de reestruturados de tapiro elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) armazenados sob congelamento por 120 dias

Tempo (dias)	a^*		b^*	
	MTGase	Gal	MTGase	Gal
0	2,39 ^{aA} ± 0,17	1,68 ^{bAB} ± 0,06	14,94 ^{aC} ± 0,04	13,43 ^{bB} ± 0,32
30	2,42 ^{aA} ± 0,07	1,80 ^{bA} ± 0,03	15,59 ^{aBC} ± 0,23	14,11 ^{bA} ± 0,17
60	2,00 ^{aB} ± 0,08	1,20 ^{bC} ± 0,02	15,71 ^{aB} ± 0,07	12,97 ^{bBC} ± 0,00
90	1,89 ^{aB} ± 0,06	1,50 ^{bB} ± 0,23	15,62 ^{aBC} ± 0,05	12,58 ^{bC} ± 0,36
120	1,95 ^{aB} ± 0,02	1,62 ^{bAB} ± 0,03	17,16 ^{aA} ± 0,52	14,29 ^{bA} ± 0,20

Médias seguidas por mesma letra minúscula na mesma linha não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey.

(*) Reestruturado de tapiro com transglutaminase (MTGase), reestruturado de tapiro com galactomanana (Gal F).

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

5.3.4 Água expressível (A_E) e perda de peso por cocção (PPC)

A análise de água expressível (A_E) foi adotada neste trabalho como uma medida indireta e inversamente proporcional à capacidade de retenção de água (CRA) que se trata de um parâmetro fundamental na preservação da umidade durante os processos de cocção

(MARTELO-VIDAL *et al.*, 2016b). Analisando a Tabela 20, na qual estão dispostos os resultados das médias da água expressível (A_E) dos reestruturados, os valores de A_E variaram de 28,63 a 34,46% na amostra MTGase e foram superiores aos apresentados no reestruturado Gal cujos valores variaram de 13,23 a 17,75%. Verificou-se que, em todos os tempos analisados, as médias de A_E do MTGase foram superiores às registradas para o reestruturado Gal, assim indicando que as amostras com galactomanana exprimiram maiores capacidades de retenção e água, sendo este um resultado positivo do ponto de vista de rendimento e maior suculência. Notou-se durante a manipulação deste produto que as amostras com MTGase denotaram uma aparência mais exsudativa, o que poderá implicar em perda excessiva por gotejamento após o descongelamento.

Tabela 20 – Análise de água expressível (A_E) e perda de peso por cocção (PPC) de reestruturados de tibiros elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) armazenados sob congelamento por 120 dias

Tempo (Dias)	A_E (%)		PPC (%)	
	MTGase	Gal	MTGase	Gal
0	30,01 ^{aB} ± 0,72	17,75 ^{bA} ± 0,82	26,17 ^{aA} ± 0,51	6,44 ^{bC} ± 0,13
30	28,63 ^{aB} ± 0,50	13,23 ^{bB} ± 0,57	19,67 ^{aB} ± 1,40	4,96 ^{bD} ± 0,32
60	30,04 ^{aB} ± 1,18	15,95 ^{bAB} ± 1,51	19,92 ^{aB} ± 0,51	7,74 ^{bAB} ± 0,53
90	34,39 ^{aA} ± 0,37	14,55 ^{bAB} ± 2,85	25,79 ^{aA} ± 0,51	6,94 ^{bBC} ± 0,42
120	34,46 ^{aA} ± 0,44	17,59 ^{bA} ± 0,50	25,38 ^{aA} ± 0,51	8,44 ^{bA} ± 0,35

Médias seguidas por mesma letra minúscula na mesma linha não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey.

Reestruturado de tibiros com transglutaminase (MTGase), reestruturado de tibiros com galactomanana (Gal F).

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

No reestruturado Gal, houve pouca variação durante o período de estocagem. Com exceção do menor teor de A_E notado nos 30 dias, em todos os outros tempos, manteve-se estável, não variando estatisticamente. Entretanto, estes dados não foram ajustáveis ao modelo de regressão, logo o teor de A_E no reestruturado Gal independe do tempo de armazenamento. Já a o reestruturado MTGase apresentou melhor ajuste na equação linear com R^2 igual a 0.72. O teor de A_E manteve-se constante até os 60 dias, enquanto aos 90 dias houve uma elevação que se conservou constante até o final do armazenamento. O aumento da A_E e consequente redução da capacidade de retenção de água nas amostras MTGase é atribuída por Kunnath *et*

al. (2015) à redução da reticulação de proteínas que pode ter liberado as moléculas de água retidas na rede proteica.

Em relação à perda de peso por cocção (PPC) dos reestruturados de tibi-ro ao longo do armazenamento, notou-se que, no reestruturado MTGase, os tempos 30 e 60 dias denotaram os menores valores de PPC, sendo iguais estatisticamente. Os tempos zero, 90 e 120 dias, no entanto, não diferiram entre si, ocorrendo pouca variação durante o período de estocagem. A amostra com Gal expressou a menor PPC aos 30 dias, mas, em geral, ocorreu no tempo de armazenamento um leve aumento deste parâmetro. Verificou-se, entretanto, que, após o período de 120 dias de armazenamento, a PPC da amostra Gal foi de cerca de 35% menor do que no reestruturado MTGase. Nos dois reestruturados, os dados não foram ajustáveis aos modelos de regressão ($R^2 < 0,70$) e, portanto, não variaram em função do tempo de estocagem.

Os autores Moreno, Carballo e Borderías (2013), em reestruturados de pescadas (*Merluccius capensis*), também obtiveram rendimento de cozimento inferiores em amostras com transglutaminase do que em amostras com alginato. Os resultados de PPC para o reestruturado Gal estão em acordo com os relatados por Solo-de-Zaldívar *et al.* (2014) que elaboraram reestruturado de pescada (*Merluccius capensis*) utilizando 1,25% de goma konjac e 0,8% de NaCl e obtiveram PPC variando de 7,7 a 24,7%, durante 150 dias de armazenamento congelado. Entre os motivos apontados por esses autores estão a formação de cristais de gelo e a desidratação parcial que atuaram reduzindo a estabilidade e interação água-polissacarídeo.

5.3.5 Análise de Textura

Na Tabela 21 estão as médias da dureza e coesividade da análise de textura para os reestruturados de tibi-ro. O parâmetro dureza não exibiu uma tendência que se ajustasse a um modelo de regressão significativo ou de alta precisão tanto nas amostras MTGase como Gal. A dureza na MTGase, inicialmente, indicou o valor de 2753,01 g, tendo atingido o pico aos 30 dias, registrando o valor de 7424,35 g. Em seguida, tendeu à queda, finalizando o período de estocagem com uma dureza inferior ao tempo inicial, com o valor igual a 1590,71 g. Comparando os dois reestruturados de tibi-ro, aos 60 dias, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, e, no último tempo (120 dias), a dureza da amostra com MTGase foi menor do que a amostra Gal. No reestruturado com Gal, notou-se uma tendência

de aumento da dureza até os 60 dias, seguida de uma redução que se manteve constante até o final do armazenamento de 120 dias. Estes resultados estão de acordo com os de Andrés-Bello *et al.* (2013), que observaram o aumento da dureza no armazenamento congelado por até 15 dias em reestruturados de peixe dourado elaborados com goma konjac, carboximetilcelulose e transglutaminase.

Tabela 21 – Dureza (g) e coesividade de reestruturados de tibiros elaborados com galactomanana (Gal) e com transglutaminase (MTGase) armazenados sob congelamento por 120 dias

Tempo (Dias)	Dureza (g)		Coesividade	
	MTGase	Gal	MTGase	Gal
0	2753,01 ^{aC} ± 52,69	2213,51 ^{bD} ± 7,84	0,13 ^{aC} ± 0,00	0,13 ^{aC} ± 0,00
30	7424,35 ^{aA} ± 207,28	2884,10 ^{bB} ± 11,00	0,15 ^{aC} ± 0,00	0,10 ^{bD} ± 0,00
60	3535,99 ^{aB} ± 189,38	3334,21 ^{aA} ± 3,87	0,20 ^{aB} ± 0,00	0,16 ^{bB} ± 0,01
90	2870,19 ^{aC} ± 0,79	2485,22 ^{bC} ± 95,33	0,26 ^{aA} ± 0,01	0,21 ^{bA} ± 0,01
120	1590,71 ^{bD} ± 141,04	2454,48 ^{aC} ± 3,58	0,26 ^{aA} ± 0,02	0,23 ^{bA} ± 0,02

Médias seguidas por mesma letra minúscula na mesma linha não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey.

Reestruturado de tibiros com transglutaminase (MTGase), reestruturado de tibiros com galactomanana (Gal F).

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Em estudos anteriores, a dureza exibiu uma tendência de aumento com o armazenamento em bifos reestruturados de tilápia com variadas concentrações de transglutaminase, como foi relatado por Monteiro *et al.* (2015), e em reestruturado de peixe pangásius, com caseinato de sódio, clara de ovo, sal e MTGase, em distintas combinações, por Kunnath *et al.* (2015). Os resultados deste experimento, entretanto, demonstraram que houve tendência de redução da dureza no reestruturado de tibiros elaborado com a transglutaminase (MTGase) no tempo do armazenamento congelado, o que é justificado pela maior exsudação destas amostras e, possivelmente, sob congelamento, houve redução da atividade desta enzima que intermedeia ligações cruzadas entre as proteínas. Além disso, a própria modificação oxidativa das proteínas, por interação com produtos de oxidação de lipídios ou proteínas ou diretamente por ataque radical livre, é passível de resultar em perda da atividade da transglutaminase (MORENO; BORDERÍAS; BARON, 2010).

Analisando a Tabela 21, notou-se que as médias de coesividade do reestruturado MTGase, com exceção do tempo zero, foram maiores do que a amostra Gal em todo o período

de armazenamento. A coesão permaneceu constante até os 30 dias, observando-se uma elevação dos 60 dias aos 90 dias e finalizando o armazenamento de 120 dias com uma média estatisticamente superior à registrada nas amostras com Gal. Esta tendência de aumento com o armazenamento ajustou-se significativamente a um modelo de regressão linear com elevado coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,97 podendo ser utilizada para prever o comportamento deste parâmetro com o tempo. Desta forma, à medida que avança a estocagem a transglutaminase continua favorecendo a coesão do produto. Os resultados obtidos neste trabalho foram semelhantes aos relatados por Tzikas *et al.* (2018) em carapau do Mediterrâneo, reestruturado com baixo teor de sal, utilizando transglutaminase e caseinato, cujos valores de coesividade variaram de 0,268 a 0,347.

A menor coesividade no reestruturado Gal está relacionada a um maior nível de espaços internos e a uma menor compactação do que em relação à MTGase. Assegura-se, pois, que o aumento da coesão utilizando a galactomanana ocorre de maneira mais lenta do que na transglutaminase, já que ambas realizam interações diferentes para manter o músculo reestruturado. Outra característica, observada por Monteiro *et al.* (2015), foi a redução da coesão relacionada por provadores treinados, com o aumento da suculência nos reestruturados, e pode aplicar-se ao reestruturado Gal, porquanto mostrou maior capacidade de retenção de água e menor coesividade em relação à amostra MTGase. Observou-se que a coesividade do reestruturado Gal elevou-se dos 60 aos 90 dias, mantendo-se estável até o final do período de estocagem. Uma hipótese para o aumento da coesividade no reestruturado Gal é uma estabilização maior da matriz de gel formada e a maior capacidade da galactomanana de manter a umidade. Assim como no reestruturado MTGase, o modelo de regressão linear também foi significativo para a amostra Gal com R^2 igual 0,78, indicando uma correlação positiva com o avanço do armazenamento.

Na Tabela 22 estão as médias obtidas para elasticidade e adesividade dos reestruturados de tibi-ro. Na amostra MTGase, a elasticidade atingiu maior valor aos 30 dias de armazenamento, enquanto no período dos 60 aos 120 dias manteve-se estável, não exibindo diferença significativa neste parâmetro. O reestruturado Gal mostrou médias que variaram de 0,13 a 0,24, havendo pouca variação durante o período de estocagem. Em todos os tempos avaliados, as médias de elasticidade do reestruturado MTGase foram superiores às médias das amostras Gal e corroboram os dados de Monteiro *et al.* (2015) em reestruturado de tilápia, cujos valores de elasticidade variaram de 0,678 a 0,779. Esses autores observaram que o aumento de transglutaminase na formulação não elevou a elasticidade dos produtos.

Tabela 22 – Elasticidade e adesividade de reestruturados de tibiros elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) armazenados sob congelamento por 120 dias

Tempo (Dias)	Elasticidade (mm)		Adesividade (g. s)	
	MTGase	Gal	MTGase	Gal
0	0,52 ^{aC} ± 0,02	0,21 ^{bAB} ± 0,02	-369,82 ^{aA} ± 5,36	-1913,95 ^{bA} ± 11,07
30	0,99 ^{aA} ± 0,00	0,13 ^{bB} ± 0,00	-279,18 ^{aA} ± 14,72	-1923,63 ^{bA} ± 19,49
60	0,80 ^{aB} ± 0,00	0,20 ^{bAB} ± 0,01	-312,06 ^{aA} ± 112,91	-1945,36 ^{bA} ± 130,94
90	0,76 ^{aB} ± 0,01	0,19 ^{bAB} ± 0,07	-228,51 ^{aA} ± 15,02	-1908,95 ^{bA} ± 63,16
120	0,77 ^{aB} ± 0,00	0,24 ^{bA} ± 0,03	-259,93 ^{aA} ± 26,12	-1892,63 ^{bA} ± 134,47

Médias seguidas por mesma letra minúscula na mesma linha não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey.

Reestruturado de tibiros com transglutaminase (MTGase), reestruturado de tibiros com galactomanana (Gal F).
Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Cabe ressaltar que a adesividade é um parâmetro negativo e quanto mais próximo de zero é menos pegajoso. A adesividade não variou estatisticamente durante o armazenamento de 120 dias no reestruturado Gal enquanto na amostra MTGase mantiveram-se estáveis até os 60 dias exibindo em seguida uma tendência de aumento até o final do período de estocagem. Os dados de ambos os reestruturados revelam a correlação positiva em relação ao armazenamento, sendo ajustados a equação polinomial de ordem 2, e mostraram coeficientes de determinação (R^2) de 0,87 e 0,79 para as amostras MTGase e Gal, respectivamente. Observou-se que as médias de adesividade da MTGase foram superiores às obtidas por Gal em todos os tempos avaliados, fato significativo de que esta amostra se expressou como menos pegajosa.

Em trabalho de Martelo-Vidal *et al.* (2016a), a adesividade de reestruturado de atum branco elaborado com transglutaminase exibiu médias que variaram de -1,89 a -12,13. Comparado a este estudo, o reestruturado MTGase expressou valores muito baixos de adesividade, mas isso decorre, principalmente, dos distintos peixes utilizados na reestruturação e dos maiores níveis de NaCl adicionados, que elevaram tanto a dureza e a elasticidade como obtiveram uma adesividade mais próxima de zero, mostrando-se menos pegajosos nestes reestruturados.

Na prática, a elevada adesividade nos reestruturados Gal significam maior “pegajosidade” e poderá gerar alguns inconvenientes durante a manipulação do produto. Estes resultados refletem a natureza das ligações formadas entre os materiais empregados. Enquanto

na MTGase existe um maior número de interações proteína-proteína, na amostra Gal predominam o hidrocolóide galactomanana e uma estrutura proteica mais diluída, aumentando este parâmetro. Segundo Mendes *et al.* (2017), a viscosidade da galactomanana de *C. pulcherrima* está relacionada a sua razão entre manose/galactose, sendo provável que as ligações de hidrogênio intra e intermoleculares causem maior agregação e relacionem-se diretamente com a elevada adesão nestes reestruturados. Maiores valores de adesividade foram citados na pesquisa de Huang e Clark (2017) com peixe panga reestruturado, utilizando aglutinante de carne (-338,2), metilcelulose (-425,7) e amido de milho (-517,22).

5.4 Conclusão

Os resultados obtidos comprovam a efetividade da galactomanana na reestruturação de peixe sob armazenamento congelado, os quais apresentaram os menores valores de bases voláteis totais (N-BVT) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) durante a estocagem, bem como menores teores de água expressível (A_E) e perda de peso por cocção (PPC), sendo estas características importantes para a manutenção da suculência dos produtos. Em relação as propriedades mecânicas, apresentaram-se mais estáveis nos parâmetros de dureza e adesividade que se mantiveram constantes durante o período estudado. Assim como um discreto aumento nos parâmetros coesividade e elasticidade destes produtos ao longo do armazenamento.

6 PROPRIEDADES REOLÓGICAS E MICROESTRUTURAIS, EFEITO DE MÉTODOS DE COCÇÃO E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE REESTRUTURADOS DE PEIXE TIBIRO

6.1 Introdução

Reestruturados de pescados são produtos resultantes do músculo triturado adicionados de ingredientes que contribuirão para constituir outro produto com formato e textura diferentes. Além desta possibilidade, também são elaborados para simular o corte intacto do músculo do peixe picado (MORENO; CARBALLO; BORDERÍAS, 2008). Para atingir esses objetivos, são empregados agentes ligantes, como alginatos, carboximetilcelulose, goma konjac, goma curdlana, carragena, pectinas e, comercialmente, a enzima transglutaminase (HUANG; CLARKE, 2017; MORENO; CARBALLO; BORDERÍAS, 2011; SOLO-DE-ZALDÍVAR *et al.*, 2014; WU *et al.*, 2015b).

Com o intuito de investigar um novo agente ligante, a galactomanana foi utilizada neste estudo em razão do seu elevado rendimento de extração, seu baixo custo e, principalmente, pela sua excelente capacidade de gelificação. A galatomanana é um polissacarídeo de reserva em sementes pertencentes à família Leguminosae que fornecem ampla variedade de aplicações, entre as quais tem destaque a goma extraída das sementes de *Caesalpineia pulcherrima* que já tem sua atividade comprovada como agente espessante e modificador de viscosidade em sorvetes, como fonte de fibra em bebidas lácteas e como revestimento comestível em frutas tropicais (BURITI *et al.*, 2014; CERQUEIRA *et al.*, 2011a; PASSOS *et al.*, 2016). Em pescados, Maia *et al.* (2015) utilizaram esta galactomanana em *nuggets* e *fishburger* de surimi de tilápia, porém, seu estudo limitou-se a avaliar o efeito na composição química dos produtos formados.

Informações específicas precisam ser estudadas sobre o sistema formado entre o gel de galactomanana e o pescado triturado, de modo a obter-se a melhor condição de aplicação no processo de reestruturação, bem como sua estabilidade durante a estocagem. De tal maneira, estudos sobre o comportamento viscoelástico são fundamentais, porque fornecem informações para melhor entendimento e controle das interações químicas dos componentes dos alimentos (WU *et al.*, 2015b). Informações detalhadas sobre a microestrutura do reestruturado de pescado também são importantes para investigar como a estrutura do gel está formada e interagindo no produto. Com isso, o objetivo desta investigação foi avaliar a

influência da galactomanana sobre as características reológicas de reestruturado de pescado e comparar com aquelas do reestruturado com o agente ligante transglutaminase disponível comercialmente, avaliar a microestrutura dos produtos, investigar o efeito dos métodos de cocção no encolhimento e perda de peso bem como avaliar a aceitação sensorial.

6.2 Matérias e métodos

6.2.1 Material

Foram utilizados filés de tapiro (*Oligoplites palometa*) congelados a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ obtidos no comércio de Fortaleza, Ceará. Para a reestruturação, foram usados o sal refinado e a galactomanana (*Caesalpineia pulcherrima*) em pó fornecida pelo Departamento de Farmácia da Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Como controle, utilizou-se a transglutaminase microbiana (ACTIVA GS) fornecida pela Ajinomoto (Brasil), com atividade de cerca de 47 a 82 U g^{-1} , contendo cloreto de sódio, gelatina, fosfato trissódico, maltodextrina, transglutaminase e óleo de cártamo.

6.2.2 Preparação dos reestruturados

Uma dispersão aquosa de galactomanana (*Caesalpineia pulcherrima*) na concentração de 1,84% (p/v) foi preparada com água a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo homogeneizada com *mixer* por 60 segundos e deixada a arrefecer a temperatura ambiente. Os filés de tapiro foram descongelados em refrigerador a $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 12 h e depois triturados em moedor de carne (Skymesen, PS-22), usando uma placa de 7 mm. As concentrações de sal e galactomanana adicionadas ao músculo triturado foram obtidas em estudo prévio com estes materiais. Os reestruturados foram preparados em *cutter*, o sal refinado adicionado na concentração de 1,8% e a dispersão aquosa de galactomanana juntada ao peixe triturado na proporção de 10:90 (p/p) para obter uma concentração final de 0,2%, sendo necessário um tempo adicional de 120 segundos para homogeneização.

A preparação das amostras-controle obedeceu às recomendações do fabricante, a transglutaminase foi aplicada na concentração de 0,5% em relação ao produto e no formato de solução na proporção 1:4 de água (Monteiro *et al.*, 2015). Os produtos reestruturados foram moldados em aros de alumínio com 7 cm de diâmetro e 16 mm de altura envolvidos em filme

de PVC e armazenados sob refrigeração a 4 °C por 24 horas (MORENO; CARBALLO; BORDERÍAS, 2008). As formulações dos reestruturados elaborados estão na Tabela 23.

Tabela 23 – Formulações (g/100g) dos reestruturados de tapiro adicionados de transglutaminase (MTGase) e galactomanana (Gal)

Reestruturado	Músculo	Transglutaminase	Galactomanana	Sal refinado
MTGase	99,5	0,5	0,0	0,0*
Gal	98,0	0,0	0,2	1,8

(*) Não houve adição de sal refinado.
Fonte: Elaborada pela autora (2021).

6.2.3 Métodos

6.2.3.1 Medições reométricas dinâmicas

Foi utilizado um reômetro de estresse controlado modelo AR2000 (TA Instruments) e as medições foram feitas utilizando uma placa paralela de 25 mm de diâmetro por 1 mm de gap. Os reestruturados foram moldados em discos de 25mm por 1 mm de espessura e colocados na placa inferior do reômetro para medição e o excesso de amostra cuidadosamente removido. As amostras foram deixadas em repouso por 15 minutos antes das análises para garantir equilíbrio térmico e mecânico no momento da medição.

6.2.3.1.1 Teste de varredura de estresse

Para determinar a região viscoelástica linear (RVL), foram utilizadas varreduras de tensão de 6.28 rad/s a 25 °C e tensões de cisalhamento (σ) variando de 10 a 1000 Pa, sendo registrados 300 pontos no módulo contínuo (SOLO-DE-ZALDÍVAR *et al.*, 2014). Com isso, os parâmetros do módulo de armazenamento (G'), módulo de perda (G''), módulo complexo (G^*) e fator de perda ($\tan \sigma$) ficaram registrados. Os valores críticos (máximos) de amplitude de tensão (σ máx) e amplitude de deformação (γ máx) no limite de viscoelasticidade linear foram determinados automaticamente.

6.2.3.1.2 Teste de varredura de frequência

Analisadas quanto a varredura de frequência, na qual foram submetidas a estresse que variava harmonicamente ao curso do tempo em frequências de 10 a 0,01 Hz. A amplitude da tensão foi fixada em $\gamma = 0,5\%$ dentro da faixa do RVL e os espectros mecânicos foram obtidos a 25 °C. Os dados de varredura de frequência também foram avaliados em termos de módulos viscoelásticos, que são o módulo de armazenamento (G') e o módulo de perda (G''), em função da frequência angular (ω) e do índice (n) usando uma relação de lei de potência. O n' é o índice de comportamento do fluxo para elasticidade e n'' é o índice de comportamento do fluxo para viscosidade (CAMPO; TOVAR, 2008), os valores de G'_0 e G''_0 foram obtidos na frequência de 1 rad/s, com isso foram aplicadas as equações 6.1 e 6.2.

$$G' = G'_0 \omega^{n'} \quad (6.1)$$

$$G'' = G''_0 \omega^{n''} \quad (6.2)$$

6.2.3.1.3 Teste de varredura de temperatura

Realizaram-se as análises termomecânicas dinâmicas dos reestruturados de pescados na faixa de temperatura de 20 a 90 °C a uma taxa de aquecimento linear de 1 °C/min em uma frequência fixa de 0,1 Hz em modo oscilatório sob tensão $\gamma = 0,5\%$ (dentro da faixa do RVL) conforme metodologia de Moreno *et al.* (2015). Assim, registraram-se as alterações no módulo de armazenamento (G') e no módulo de perda (G'').

6.2.3.1.4 Teste de fluência e recuperação

Na primeira etapa denominada teste de fluência, um estresse instantâneo σ_0 (40 Pa) por 600 s sob tensão $\gamma = 0,5\%$ foi aplicado a cada amostra e a mudança resultante na extensão do tempo foi monitorada. Na segunda etapa do teste, o processo de recuperação foi observado por mais 600 s após a liberação do estresse seguindo metodologia de Solo-de-Zaldívar *et al.* (2014). Todas as medidas reológicas foram feitas a 25 °C em quintuplicata e os dados de fluência e recuperação foram descritos em termos da função de conformidade de

cisalhamento $J(t) = \gamma(t) / \sigma_0$. Das curvas de fluência e recuperação quantificou-se a porcentagem de elasticidade por meio da equação 12.

$$\text{Elasticidade (\%)} = \left(\frac{J_{\text{máx}} - J_{\text{min}}}{J_{\text{máx}}} \right) \times 100 \quad (12)$$

6.2.3.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

O método empregado conduziu-se de acordo com Zhu, Lanier e Farkas (2015) com adaptações. Os reestruturados foram moldados em formato circular com diâmetro de 8 mm por 3 mm de altura foram fixadas em solução contendo glutaraldeído a 2,5% (v/v), formaldeído a 4,0% e tampão fosfato a 0,2 M (pH 7,2) por 24 horas a 4 °C. As amostras fixadas foram lavadas três vezes com o mesmo tampão por 40 minutos cada uma, depois desidratadas por uma série crescente de acetona (30%, 50%, 70%, 90%, 100%, 100% e 100%) por 40 minutos para cada etapa, e por fim foram desidratadas em um secador de ponto crítico SEM 850 com CO₂ líquido. Estas foram montadas em suporte metálico (stub) e revestidas por pulverização com ouro em um metalizador Quorum (QT150ES). As microestruturas foram observadas no equipamento MEV QUANTA FEG com as imagens digitalizadas ampliadas para 1000X e 10.000X.

6.2.3.3 Análise de encolhimento e perda de peso

Os reestruturados de peixe tapiro em formato de hambúrgueres, com 7 cm de diâmetro e 16 mm de altura foram grelhados, assados e fritos em óleo de milho. Estes métodos foram testados por serem mais comuns no preparo de hambúrguer, sendo usado o forno combinado digital elétrico (WCAA08E, Wistory). Foram adotados os parâmetros do trabalho de Dreeling, Allen e Butler (2000), assim, as temperaturas e as umidades relativas internas do forno usadas para grelhar, fritar em óleo e assar foram 170 °C a 20%, 210 °C a 60% e 225 °C a 60%, respectivamente. A duração aproximada do processo para grelhar, fritar em óleo e assar foram 12, 12 e 22 minutos, respectivamente. Os hambúrgueres grelhados, assados e fritos foram sendo virados na metade do tempo estipulado. Para determinar o encolhimento foram feitas medições de diâmetro e espessura em três regiões distintas dos reestruturados, antes e após a cocção, utilizando um paquímetro manual, as reduções de

diâmetro e espessura foram calculadas de acordo com as equações 13 e eq. 14, respectivamente.

$$\text{Redução de Diâmetro (\%)} = \frac{(D_{\text{antes da cocção}} - D_{\text{após a cocção}}) \times 100}{D_{\text{antes da cocção}}} \quad (13)$$

$$\text{Redução de Espessura (\%)} = \frac{(E_{\text{antes da cocção}} - E_{\text{após a cocção}}) \times 100}{E_{\text{antes da cocção}}} \quad (14)$$

A perda de peso dos produtos reestruturados foi calculada pela diferença de peso entre crus e cozidos de acordo com a equação 15.

$$\text{Perda de peso (\%)} = \frac{(P_{\text{antes da cocção}} - P_{\text{após a cocção}}) \times 100}{P_{\text{antes da cocção}}} \quad (15)$$

6.2.3.4 Análises microbiológicas

Os padrões utilizados para determinar a conformidade das amostras foram os estabelecidos pela Resolução RDC nº 12/2001 (BRASIL, 2001) para hambúrgueres de pescado: bactérias do grupo coliforme à 45 °C com valor máximo de 10³ UFC/g, *Salmonella* onde o resultado deve ser ausência em 25 g e *Staphylococcus coagulase* positiva com valor máximo de 5 x 10² UFC/g. Na realização das análises microbiológicas foram utilizadas as técnicas recomendadas pela American Public Health Association (APHA, 2001). A determinação de bactérias do grupo coliforme à 45 °C foi utilizada a técnica do número mais provável (NMP). A determinação de *Salmonella* foi utilizada com modificações pertinentes relacionadas à substituição do caldo de pré-enriquecimento por água peptonada 1% tamponada. E a determinação de *Staphylococcus coagulase* positiva foi utilizada a técnica de contagem direta em placas (CDP). Após a aprovação das formulações nas análises microbiológicas, as mesmas foram submetidas às análises sensoriais respeitando os aspectos éticos legais.

6.2.3.5 Análise sensorial

Foram testadas duas formulações, o reestruturado de tibirol elaborado com transglutaminase (MTGase) e o reestruturado com galactomanana (Gal) apresentadas na Tabela 24. Foram submetidas a análise sensorial, por uma equipe de provadores não treinados, potenciais consumidores de hambúrgueres e produtos a base de pescado. Os testes sensoriais foram realizados no restaurante universitário do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (UFC). O recrutamento foi realizado dentre alunos e funcionários, por meio de cartazes de divulgação da análise sensorial fixados na instituição de ensino. Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, da Universidade Federal do Ceará, segundo o parecer N° 3.729.173. Seguindo as diretrizes da Resolução N° 466/2012 (BRASIL, 2012), foi solicitado a cada participante, a assinatura do documento que continha as devidas instruções, esclarecimentos e informações aos provadores (Apêndice A).

Para as avaliações, as amostras foram previamente fritas em chapa aquecida, com um fio de óleo, por 2 a 5 minutos. Cerca de 25 g (equivalente a ¼ de hambúrguer com 2 cm por 3 cm) de cada amostra foram servidas, à temperatura de 28 °C, em pratos descartáveis, acompanhadas com um copo de água mineral e pão de forma para limpar o paladar entre as amostras. A ordem de apresentação para cada julgador seguiu um balanceamento em blocos completos inteiramente casualizado para evitar efeito de posição com dois tratamentos.

Tabela 24 - Formulações dos reestruturados de peixe tibirol com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) submetidos a análise sensorial

Ingredientes	MTGase	Gal
Músculo	96,0%	96,3%
Sal	1,8%	1,8%
Galactomanana	0%	0,2%
MTGase	0,5%	0,0%
Cebola em pó	1,0%	1,0%
Alho em pó	0,5%	0,5%
Pimenta do reino em pó	0,2%	0,2%

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Foram aplicados os testes afetivos de aceitação global e dos atributos avaliados aroma, cor, sabor e textura, utilizando a escala hedônica de 9 pontos, variando de “desgostei extremamente”=1 e “gostei extremamente”=9 (PERYAM; PILGRIM, 1957). Também foram aplicadas às amostras os testes de comparação pareado-preferência e intenção de compra, na qual foi utilizada a escala de 5 pontos, em que o ponto 1 corresponde a “certamente não compraria” e o ponto 5 corresponde “certamente compraria”. A ficha de avaliação sensorial utilizada nesta pesquisa está no Apêndice B.

Para o tratamento dos dados do teste de comparação pareado-preferência foi utilizada a tabela de teste bilateral ($p = 1/2$) considerando o maior número de julgamentos concordantes para o nível de significância de 5% correspondente a 80 julgamentos (ABNT, 1994; MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999). Os resultados da aceitação e intenção de compra foram analisados através de análise de variância (ANOVA) e teste de médias Tukey por meio do software Statistica versão 7.0 (STATSOFT, 2008).

6.2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA – *One way*) para verificar se as diferenças observadas eram estatisticamente significativas e as médias complementadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade, utilizando os recursos do programa Statistica 7.0 (STATSOFT, 2008).

6.3 Resultados e discussão

6.3.1 Varredura de estresse

Efetivaram-se análises de varreduras de tensão, com o objetivo de determinar a região de viscoelástica linear (RVL), na qual a estrutura do gel se manteve preservada e não houve quebra nem alterações em suas propriedades. Para tanto, as amostras foram submetidas a tensões crescentes a uma frequência constante a 25 °C, dessa forma, o limite de linearidade foi determinado quando o módulo de armazenamento (G') e módulos de perda (G'') em uma varredura de tensão ou deformação sofreram alterações, no momento em que ocorreu o rompimento das estruturas dos géis. Com isso, os valores críticos de tensão (σ máx) e deformação (γ máx) que servirão de medida de estabilidade dos materiais foram

determinados, assim como os parâmetros de módulo complexo (G^*) e a $\tan \delta = (G''/G')$ e estão resumidos na Tabela 25.

Tabela 25 – Resultados de amplitudes de tensão (σ máx) e deformação (γ máx) em reestruturados de peixe com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal)

Amostra	σ máx (Pa)	γ máx (%)	G^* (KPa)	Tan delta
MTGase	129,2 ^a ± 0,21	0,76 ^a ± 0,10	15,7 ^a ± 0,02	0,178 ^b
Gal	43,0 ^b ± 0,31	0,65 ^b ± 0,00	6,5 ^b ± 0,01	0,211 ^a

Resultados são expressos como médias ± desvio-padrão. Médias seguidas por mesma letra na mesma coluna não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey.

Reestruturado de tibi-ro com transglutaminase (MTGase), reestruturado de tibi-ro com galactomanana (Gal F).

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

O reestruturado MTGase exibiu maior resistência a tensão aplicada com valor de σ máx três vezes maior do que o apresentado na amostra Gal. Indicando uma maior densidade de rede, em razão de maior emaranhado proteico, no caso da MTGase, o valor de σ máx é maior porque esta enzima é eficiente em promover pontes cruzadas entre proteínas, que resistem mais a tensão aplicada. A menor resistência a tensão aplicada (menor σ máx) da Gal ocorre porque neste reestruturado tem um maior predomínio de galactomanana, polissacarídeo viscoso em solução, e as proteínas miofibrilares estão mais diluídas e explica a maior fragilidade da estrutura em pequenos esforços. Sobre a flexibilidade dos géis avaliada pela tensão de deformação (γ máx) nota-se que o reestruturado Gal exprimiou um deslocamento estrutural muito próximo ao da amostra MTGase com valores aproximados de γ máx, com isso, os dois produtos apresentaram G' e G'' sensíveis ao cisalhamento, ou seja, ambos são quebradiços.

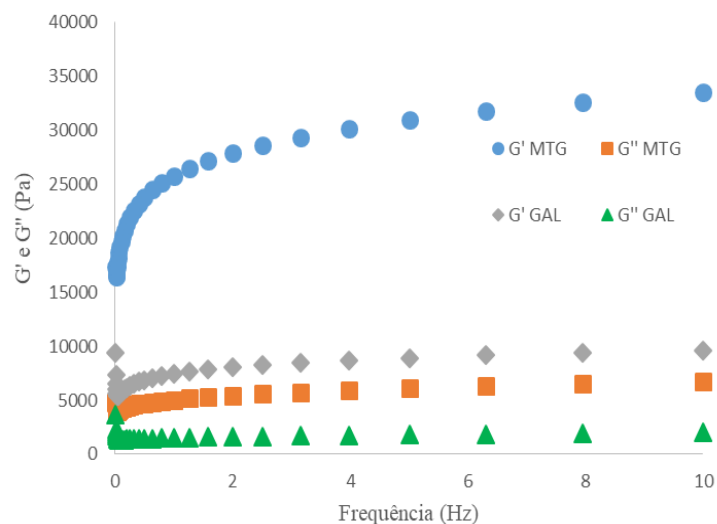
Comparando o módulo complexo (G^*) que representa a rigidez geral dos géis, o reestruturado MTGase mostrou uma rigidez duas vezes superior à amostra Gal possivelmente resultante da formação de uma estrutura reticular mais extensa por meio de ligações de hidrogênio em associações água-água e água-proteína em baixas temperaturas (CANDO *et al.*, 2014). O menor valor de G^* da Gal indica uma maior homogeneização entre o polissacarídeo e as proteínas miofibrilares refletida pela menor rigidez e elasticidade, demonstrando um comportamento muito semelhante ao surimi com 2% de NaCl, curado a frio e submetidos a altas pressões cujos valores de G^* variaram de 3,79 a 7,76 KPa (MORENO *et al.*, 2015).

Sobre os valores de $\tan \delta = G''/G'$ dos reestruturados de peixe tibi-ro foram próximos e inferiores a 0,5, indicando um comportamento viscoelástico das amostras, com valores de G' maiores que G'' , à medida que este parâmetro aumenta, menor será a elasticidade. Isto significa que menos cadeias elasticamente ativas estão presentes no reestruturado Gal. Baseado nos parâmetros apresentados na Tabela 25, nota-se que, por sua elevada viscosidade, a adição da solução de galactomanana ao músculo triturado resultou em uma flexibilidade muito próxima à obtida na MTGase, porém, com uma menor firmeza e elasticidade neste reestruturado.

6.3.2 Varredura de frequência

Os testes de varredura de frequência, geralmente, são feitos para entender a estabilidade e a estrutura de um material durante o processamento e, indiretamente, seu comportamento no decurso de armazenamento. A Figura 8 mostra a variação de G' (módulo de armazenamento) e G'' (módulo de perda) em função da frequência a 25 °C, os sistemas formados pelos dois reestruturados obtidos nesta pesquisa mostraram G' maior do que G'' em toda a frequência estudada, caracterizando ambas as amostras como de caráter predominantemente elástico e como géis verdadeiros.

Figura 8 – Módulo de armazenamento (G') e módulo de perda (G'') em função da frequência a 25°C dos reestruturados de peixe tibi-ro com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal)



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Com o aumento da frequência, não se observou o "fenômeno de *crossover*", ou seja, a interseção desses dois módulos, bem como a relação G''/G' mostrou valores sempre inferiores a 10. O gel, quando demonstra dependência em relação à frequência, é categorizado como menos estável, o que foi observado na MTGase que indicou dependência em relação à frequência em toda faixa estudada para o módulo de armazenamento (G'). Já para a amostra Gal foi constatada uma pequena dependência dos parâmetros G' e G'' em baixas frequências, mostrando-se relativamente estável em altas frequências, sugerindo a formação de géis fortes. Este comportamento na amostra Gal também foi observado por Thombre e Gide (2013) em seu estudo com distintas concentrações de gel de *Caesalpineia pulcherrima* com G' mais elevado do que G'' e pouca dependência ao longo da frequência estudada. Em baixas frequências, houve tempo suficiente para o emaranhamento entre as cadeias de galactomanana ocorrer e ser interrompido durante o período de oscilação, mesmo com a elevação da frequência, estas estruturas permaneceram estáveis.

Os dados de varredura de frequência também podem ser expressos em termos de módulos viscoelásticos que são o módulo de armazenamento (G') e o módulo de perda (G'') em função da frequência angular (ω) e do índice (n), usando uma relação de lei de potência, os quais estão na Tabela 26. Os valores mais altos para os módulos viscoelásticos (G'_0 e G''_0) foram obtidos no MTGase, indicando uma rede proteica mais densa, criando um gel mais rígido, sendo consistente com os resultados já discutidos no teste de varredura de estresse. Os menores valores destes parâmetros na amostra Gal são compatíveis com uma estrutura menos rígida que poderá indicar uma boa mistura formada entre a galactomanana e as proteínas miofibrilares, conforme observado por Borderías *et al.* (2020) na redução dos valores dos módulos viscoelásticos em produtos elaborados com surimi e isolado proteico de ervilha.

Um jeito de mensurar a força do gel de um material usando a varredura de frequência é analisando a dependência da frequência angular (ω), investigando os valores de n' e n'' . Valores mais altos destes parâmetros indicam a dependência do material em relação à frequência, portanto, mais instável durante o armazenamento congelado, e um valor positivo da diferença ($n' - n''$) indica um comportamento mais elástico, enquanto um valor negativo aponta um comportamento mais viscoso (CAMPO-DEAÑO; TOVAR, 2009). Analisando a Tabela 26, observou-se que os valores de n' dos reestruturados não diferiram estatisticamente, e houve pouca diferença entre os valores de n'' mostrando assim força do gel e comportamento mais elástico do que viscoso em ambos os reestruturados. Com isso, assinala-se que, embora a MTGase denote maior densidade de rede do que a Gal, ambas indicaram

força de gel semelhantes e com valores de n' e n'' aproximados indicando níveis de estabilização das redes dos géis muito parecidos. Wu *et al.* (2015b) obtiveram valores de n' variando de 0,07 a 0,11 e n'' de 0,03 a 0,06 em reestruturados de peixe com curdlan que passaram por estabilização térmica dos géis, portanto, próximos aos resultados de MTGase e Gal que não necessitaram de aquecimento térmico para reestruturação.

Tabela 26 – Parâmetros reológicos de reestruturados de peixe com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) obtidos pela aplicação da lei de potência

Amostr	G_0' (KPa)	G_0'' (KPa)	n'	n''	$n' - n''$
MTGase	$20,8^a \pm 0,01$	$4,37^a \pm 0,01$	$0,12^a \pm 0,00$	$0,07^a \pm 0,00$	0,05
Gal	$6,00^b \pm 0,00$	$1,37^b \pm 0,01$	$0,12^a \pm 0,00$	$0,05^b \pm 0,00$	0,07

Resultados são expressos como médias \pm desvio-padrão. Médias seguidas por mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey.

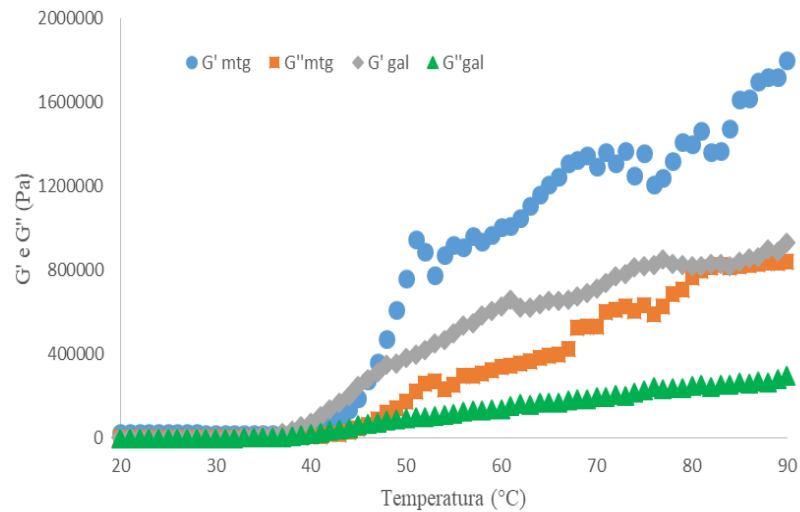
Reestruturado de tibiuro com transglutaminase (MTGase), reestruturado de tibiuro com galactomanana (Gal F).

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

6.3.3 Varredura de temperatura

A Figura 9 mostra as alterações nos módulos de armazenamento (G') e módulos de perda (G'') em condições de varredura de temperatura tendo com objetivo avaliar a estabilidade dos produtos com o aumento progressivo da temperatura e com um cisalhamento oscilatório constante. Em geral, os valores de G'' foram muito mais baixos do que os valores de G' em toda a faixa de temperatura, o que indica a natureza mais elástica, menos viscosa e principalmente comportamentos mecânicos do tipo sólido nos dois reestruturados. Observou-se uma tendência de aumento progressivo de G' e G'' nos dois reestruturados e não foram constatadas quedas bruscas nestes valores sugerindo assim que não houve rupturas estruturais durante o aquecimento.

Figura 9 – Módulo de armazenamento (G') e módulo de perda (G'') em função da temperatura dos reestruturados de peixe tapiro com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal)



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Um comportamento mais estável com a temperatura foi constatado na amostra Gal enquanto na MTGase notam-se, em algumas regiões, oscilações, como ligeiras quedas nos valores de G' , principalmente na faixa de temperaturas variando de 70 a 80 °C. Este comportamento pode ser resultado de diferentes processos que inclui a desnaturação de proteínas ou desdobramentos parciais da estrutura da proteína nativa que irão gerar novas interações. Na faixa de temperatura que varia dos 37 aos 45 °C, os valores de G' e G'' da amostra Gal foram superiores a MTGase e coincidem com fato relatado por Cando *et al.* (2016) em amostras contendo transglutaminase, nas quais a miosina é desdobrada com o aquecimento em temperaturas em torno de 50 °C, expondo os locais ativos para ligação, resultando em um rápido aumento de G' em decorrência da ligeira formação da ligação e também por mudanças provocadas pela saída de água.

Na amostra Gal, o aumento gradual do módulo de armazenamento (G') demonstrou o crescimento de sua firmeza com a temperatura, esta elevação está relacionada ao comportamento típico de galactomananas em agir como um polissacarídeo neutro abundante em grupos hidroxilas em sua cadeia que facilitam as ligações hidrogênio (MEDEIROS *et al.*, 2020). O reestruturado MTGase registrou os maiores valores de G' e G'' em quase toda a faixa de temperatura experimental, indicando um fortalecimento do gel mais intenso, mas também exibiu um maior distanciamento entre G' e G'' que possivelmente é consequência de uma maior perda de água por evaporação com a elevação da temperatura. No

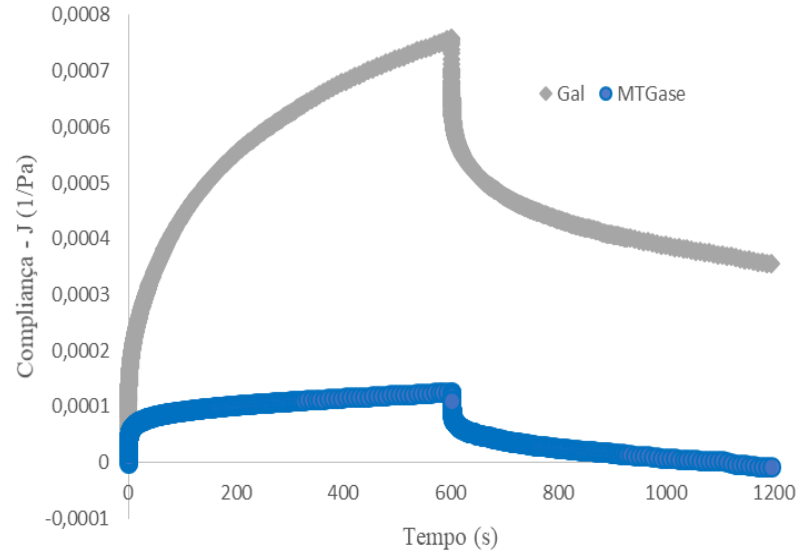
reestruturado Gal, este afastamento entre os módulos viscoelásticos (G' e G'') é menor devido a capacidade gelificante da galactomanana e maior estabilidade destas interações com a água e pode manifestar uma menor perda de água com o aquecimento. Em termos práticos, ao serem submetida aos processos de cocção, a amostra Gal possivelmente conservará melhor a capacidade de retenção de água importante para garantir a umidade e suculência que são relevantes para a aceitação destes produtos.

6.3.4 Teste de fluência e recuperação

Este teste é importante na avaliação de materiais viscoelásticos e previsão de seu comportamento em função do tempo, sendo dividido em duas etapas. Na primeira etapa de fluência, o material é submetido a uma tensão de cisalhamento (τ) constante por um determinado período T1, ao passo que, na segunda, a tensão é retirada instantaneamente por um período T2 e a recuperação do fluido é observada, permitindo, assim, a quantificação dos componentes elásticos e viscosos do material (GOMES *et al.*, 2009). Em ambos os casos, a deformação resultante é registrada em função do tempo e a propriedade reológica obtida neste ensaio é conhecida como compliança em cisalhamento (J) e reflete a resistência máxima a deformação e quanto mais baixo este valor é, mais forte será a estrutura do material (FAN *et al.*, 2017).

A Figura 10 mostra as curvas de fluência e recuperação dos reestruturados de peixe tibi-ro. Na etapa de fluência, observou-se maior deformação com maiores valores de J (t) na amostra Gal, ou seja, parte da estrutura não é recuperada devido ao desenvolvimento do componente viscoso no sistema, portanto, este é o reestruturado com menor resistência em virtude da natureza da galactomanana que é um material com elevada viscosidade. Possivelmente, durante a fase de fluência, houve maior dano estrutural irreversível e, posteriormente, na segunda etapa do teste, quando a carga foi removida, a estrutura colapsada exibiu valores de J (t) elevados reduzindo a elasticidade. Sendo assim, não é possível afirmar que a galactomanana e o músculo do peixe exibiram efeito sinérgico, pois os valores de compliança são maiores. Essa tendência é observada, igualmente, nas varreduras de frequência, em que, os maiores valores de G' , módulo relacionado ao caráter sólido de um material, foram observados no reestruturado MTGase.

Figura 10 – Curvas de deformação em função do tempo para o teste de fluência e recuperação de reestruturado de tibirol elaborado com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal)



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Analisando a Figura 10, nota-se que a amostra MTGase indicou os menores valores de $J(t)$ em todo o intervalo de tempo avaliado e menor deformabilidade na etapa de fluência, revelando-se um gel mais rígido com menor movimento entre as cadeias, ou seja, a aplicação da carga no tempo zero promoveu uma deformação instantânea na amostra MTGase que expressou uma recuperação mais completa após a remoção da carga (HERRANZ *et al.*, 2012b).

A partir dos valores de $J(t)$ da fase de fluência são obtidos os módulos de relaxamento $G(t)$ considerando $G(t) = 1/J(t)$ e por meio da equação 16 (Winter e Chambon) foram calculados os parâmetros força do gel (S) e o expoente de relaxamento (n) (FERRY, 1980) que estão apresentados na Tabela 27.

$$G(t) = S \cdot t^{-n}$$

(16)

Tabela 27 – Força de gel (S) e expoente de relaxamento (n) e elasticidade (%) de reestruturado de tibi-ro elaborado com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal)

Amostra	S (x 10 ² Pa.s ⁿ)	n	Elasticidade (%)
MTGase	6,63 ^b ± 0,01	0,114 ^a ± 0,01	94,09 ^a ± 0,02
Gal	10,08 ^a ± 0,00	0,134 ^b ± 0,01	53,17 ^b ± 0,01

Resultados são expressos como médias ± desvio-padrão. Médias seguidas por mesma letra na mesma coluna não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey.

Reestruturado de tibi-ro com transglutaminase (MTGase), reestruturado de tibi-ro com galactomanana (Gal F).

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

O parâmetro força de gel (S) depende da densidade de reticulação e flexibilidade da cadeia molecular, o valor de n está relacionado a estrutura molecular e ao grau de conectividade do gel e quanto mais baixos estes valores, maiores serão o grau de conectividade (NIJENHUIS, 1997). O reestruturado MTGase apresentou menor força de gel, mais elástico e menos viscoso em conformidade com os dados de J(t), exibiu um menor expoente de relaxação (n), indicando uma rede com um pouco mais de conectividade. A amostra Gal apresentou maior grau de empacotamento da rede (maior S) isso significa que a rede possui junções mais numerosas e mais difundidas, isto é uma característica do gel formado pela galactomanana com associações entre as cadeias do polímero, porém, com alguma descontinuidade interna por apresentar menor conectividade de gel (maior valor de n). Solo-de-Zaldívar *et al.* (2014) apresentaram resultados semelhantes com valores de S de 5,82 a 11,90 kPa e de n variando de 0,123 a 0,158 em reestruturados elaborados com 1,25% de goma konjac e 0,8% de NaCl armazenados sob congelamento por 150 dias.

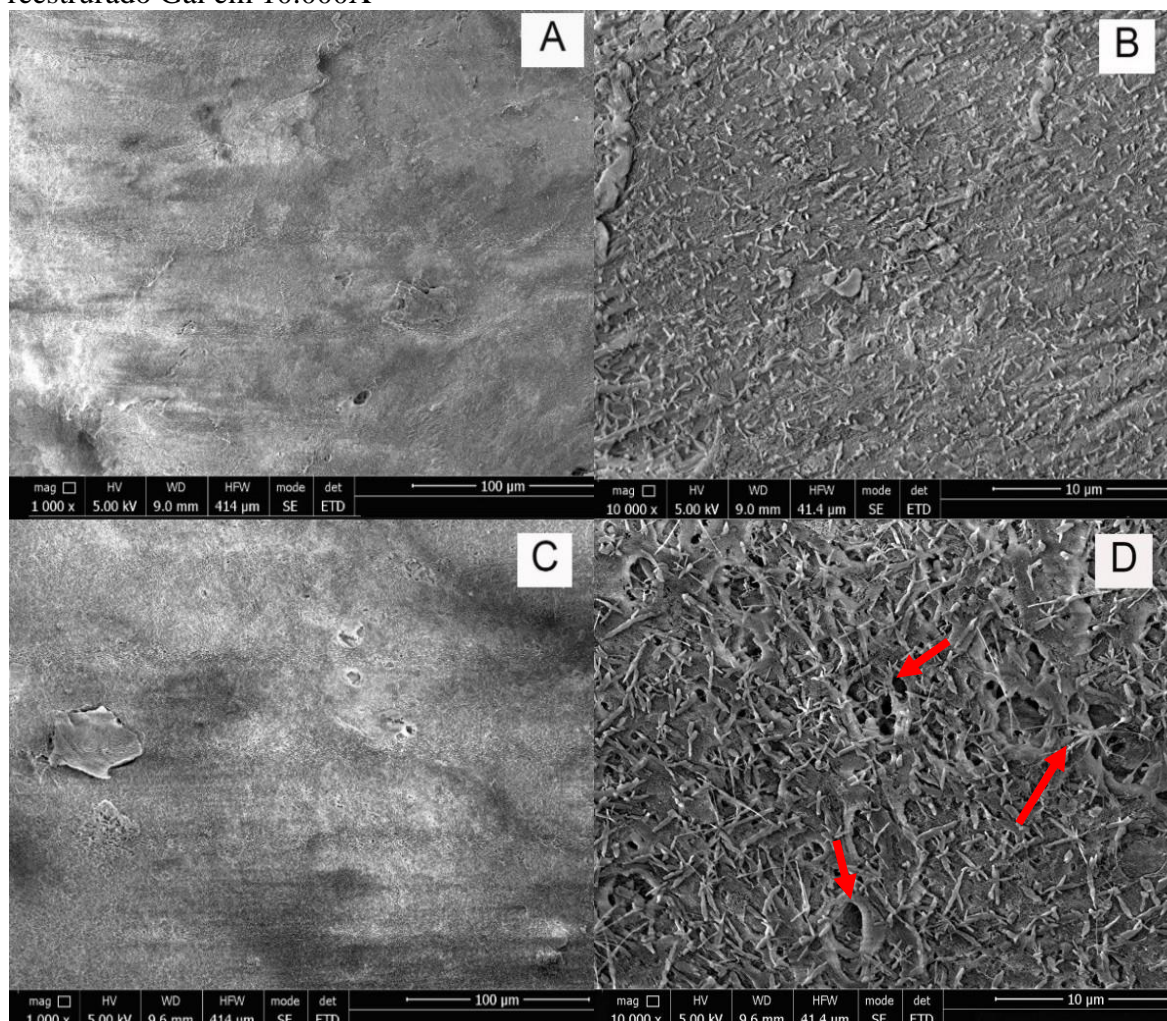
Para obtenção da elasticidade dos reestruturados conforme está na Tabela 27 foram determinados os valores de J máx, na primeira etapa do teste (fluência), e os valores J mín, na segunda (recuperação). A maior elasticidade da MTGase é consistente com sua maior resistência a tensão e deformação apresentando-se mais rígido e conseqüentemente mais elástico. O reestruturado Gal, embora tenha exibido menor elasticidade em relação a MTGase foi superior às elasticidades obtidas em géis de goma konjac utilizados como agente gelificante em produtos reestruturados que apontaram elasticidades variando de 6 a 20% (HERRANZ *et al.*, 2012a).

6.3.5 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As microscopias realizadas nos reestruturados de peixe tapiro estão representadas na Figura 11 (A-D). Na pesquisa ora relatada, objetivou-se a observação da estrutura da rede de gel nos produtos e ratificaram apontamentos dados nos testes oscilatórios. Observa-se que, em menor ampliação, as Figuras 11-A (MTGase) e 11-C (Gal) mostraram aspectos muito semelhantes entre si, pois, de modo geral, se percebem a formação de uma matriz contínua e também alguns orifícios de ar e porções de músculos. Nesta ampliação, não foram observados fendas ou poros na estrutura dos produtos, bem como pouca rugosidade na superfície que pudessem comprometer a integridade estrutural, indicando aspecto melhor do que os mostrados por parte de Hu *et al.* (2015) em géis de proteína muscular de peixe adicionados curdlan e transglutaminase que mostraram microestruturas ordenadas e densas, mas com uma maior quantidade de poros. De acordo com Kaewudon, Benjakul e Kijroongrojana (2013), estruturas irregulares com grandes vazios e poros têm como impacto menor resistência à força aplicada, assim como menor eficiência na capacidade de retenção de água, logo poderão apresentar maiores perdas de água ao serem submetidos aos processos de cocção.

Aumentando a ampliação, percebe-se na Figura 11-B que na amostra com MTGase foi formada uma rede por via da reticulação intermolecular de ϵ - (γ -glutamil) lisina em cooperação com agregação de proteínas e como resultado uma estrutura mais densa e agregada. Analisando a Figura 11-D, supõe-se o modelo de combinação das proteínas do peixe com a galactomanana, observando-se que a rede é bem formada e homogênea, mesmo havendo poucos orifícios (setas) na parte interna. É composto por uma estrutura com um padrão interno heterogêneo, ou seja, existem regiões com poros maiores e outras mais compactadas (pequenos poros e fibras mais entrelaçadas). Aparentemente, o gel formado pela galactomanana não interage necessariamente com as proteínas, mas age como uma rede principal que engloba proteínas, fibras e gotículas de gorduras. Esta é uma característica importante no reestruturado Gal, pois, mesmo sem tratamento térmico, obteve-se uma rede homogênea e com aparência de peças unidas, indicando um bom grau de conectividade que assegura boa capacidade de retenção de água e contribuirão para a preservação da suculência do produto.

Figura 11 – Microestrutura dos reestruturados de peixe tapiro: (A) reestrurado MTGase em 1000X; (B) reestrurado MTGase em 10.000X; (C) reestrurado Gal em 1000X; (D) reestrurado Gal em 10.000X



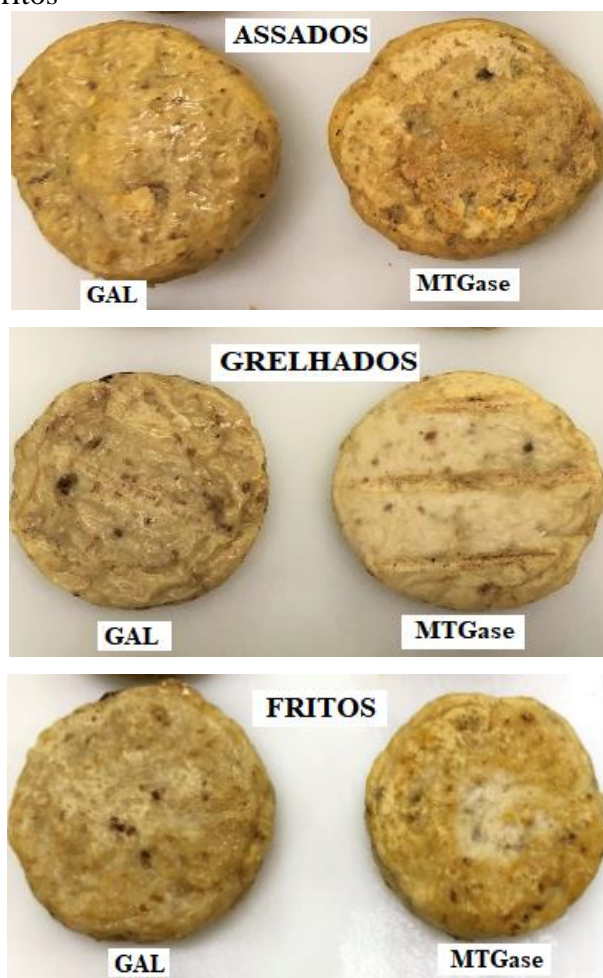
Fonte: Elaborada pela autora (2021).

6.3.6 Análise de encolhimento e perda de peso

Na Figura 12 estão os reestruturados de peixe tapiro elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) assados, grelhados e fritos. A Tabela 28 mostra os resultados da análise de encolhimento dos reestruturados usando como parâmetro para esta medição a redução de diâmetro e espessura. A perda de peso e encolhimento é uma consequência direta da desnaturação das proteínas miofibrilares e gelificação de algumas proteínas solúveis pelo calor aplicado e quanto mais intensa for a temperatura empregada maior será o grau de desnaturação (CAO *et al.*, 2016). Como as temperaturas utilizadas para grelhar, fritar e assar foram 170 °C, 210 °C e 225 °C, respectivamente, o esperado são as maiores reduções de diâmetro na forma de assados, o que

de fato aconteceu no reestruturado MTGase enquanto nas amostras Gal não foram observadas diferença estatística entre os métodos de cocção empregados.

Figura 12 – Reestruturados de peixe tapiro elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) assados, grelhados e fritos



Fonte: própria autora (2021).

Na forma de grelhados não foi observado variação estatística entre as amostras MTGase e Gal enquanto que nas formas assados e fritos as amostras com MTGase apresentaram maior redução de diâmetro. Os dados de redução de espessura após a cocção estão na Tabela 28, na qual observa-se que na forma de grelhados, o reestruturado MTGase apresentou a maior redução, assim como frito com uma redução de 13,33 % enquanto no reestruturado Gal não houve redução de espessura. Na forma de assados, ao invés de redução foi observado um aumento na espessura nos dois reestruturados em decorrência da maior retração do diâmetro nesse método, sendo observada uma elevação maior na amostra Gal.

Tabela 28 – Valores médios de encolhimento dos reestruturados de peixe tapiro elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) assados, grelhados e fritos

Análises	Métodos de cocção	Reestruturados	
		MTGase	Gal
Redução de Diâmetro (%)	Grelhado	4,05 ^{aC} ± 1,10	3,28 ^{aA} ± 0,00
	Frito	6,29 ^{aB} ± 2,15	2,45 ^{bA} ± 1,10
	Assado	9,23 ^{aA} ± 0,00	3,22 ^{bA} ± 0,05
Redução de Espessura (%)	Grelhado	20,00 ^{aB} ± 0,00	6,66 ^{bB} ± 0,00
	Frito	13,33 ^{aC} ± 0,00	0,00 ^{bC} ± 0,00
	Assado (*)	25,00 ^{aA} ± 0,00	26,78 ^{aA} ± 2,52

Resultados são expressos como médias ± desvio-padrão. Médias seguidas por mesma letra minúscula na mesma linha não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey. Reestruturado de tapiro com transglutaminase (MTGase), reestruturado de tapiro com galactomanana (Gal F).

(*) Houve um aumento na espessura dos hambúrgueres assados.

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Na Tabela 29 estão os dados da perda de peso nos reestruturados, na qual observa-se que as maiores perdas em todos os métodos de cocção testados foram nas amostras com MTGase. A redução de peso na forma frita foi menor, e pode ser justificado pela absorção de óleo durante o processo de fritura. No caso, das amostras com Gal não houveram diferenças significativas de redução de perda entre os métodos grelhado e frito, mas foi observado maior redução na forma de assado. Segundo Ramírez *et al.* (2011) o uso de hidrocoloides é mais eficiente na manutenção da capacidade de retenção de água (CRA) elevada de forma que a galactomanana pode estar ligando-se a água de maneira mais eficaz que a transglutaminase e, portanto, retendo melhor a umidade dos produtos após a cocção.

Tabela 29 – Valores médios de perda de peso dos reestruturados de tibiros elaborados com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal) assados, grelhados e fritos

Análise	Métodos de cocção	Reestruturados	
		MTGase	Gal
Redução de peso (%)	Grelhado	36,44 ^{aB} ± 3,59	21,67 ^{bB} ± 0,51
	Frito	22,95 ^{aC} ± 0,00	19,00 ^{bB} ± 0,95
	Assado	51,23 ^{aA} ± 1,74	36,44 ^{bA} ± 0,32

Resultados são expressos como médias ± desvio-padrão. Médias seguidas por mesma letra minúscula na mesma linha não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey. Reestruturado de tibiros com transglutaminase (MTGase), reestruturado de tibiros com galactomanana (Gal F).

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

6.3.7 Análises microbiológicas

Na Tabela 30 estão os resultados das análises microbiológicas das formulações de hambúrgueres de tibiros (MTGase e Gal). Os quais atestam a conformidade com os padrões microbiológicos estabelecidos para produtos à base de pescado refrigerados ou congelados tais como hambúrgueres e similares (BRASIL, 2001).

Tabela 30 – Análises microbiológicas das formulações de hambúrgueres de tibiros elaborados com a transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal)

Análise	Referência	MTGase	Gal
<i>Salmonella sp./25g</i>	Ausência	Ausência	Ausência
<i>Coliformes a 45°C</i>	<10 ³	3,0 x 10 ⁰	<3,0
<i>Staphylococcus aureus</i> <i>coagulase positiva</i>	<10 ³	<10	<10

Reestruturado de tibiros com transglutaminase (MTGase), reestruturado de tibiros com galactomanana (Gal F).

Fonte: própria autora (2021).

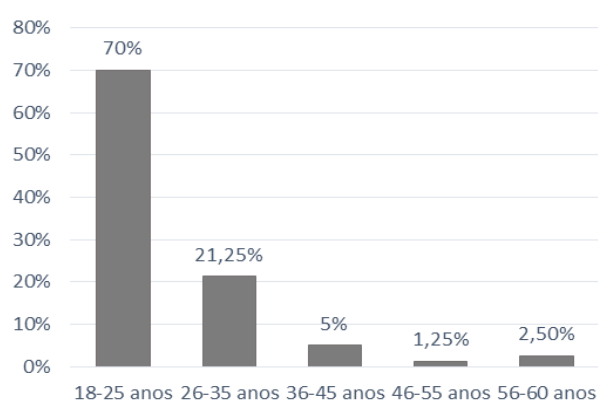
6.3.8 Análise sensorial

Nesta seção discorreu-se sobre os dados obtidos a partir de pesquisa com consumidores.

6.3.8.1 Perfil dos consumidores

A análise sensorial foi realizada com um total de 80 julgadores, sendo 37,5 % do gênero feminino e 62,5 % do gênero masculino. A distribuição dos provadores quanto à idade está representada na Figura 13, observou-se que 70% dos provadores possuíam idades variando de 18 a 25 anos e o menor percentual de 1,25% foram de provadores com idades na faixa de 46 a 55 anos.

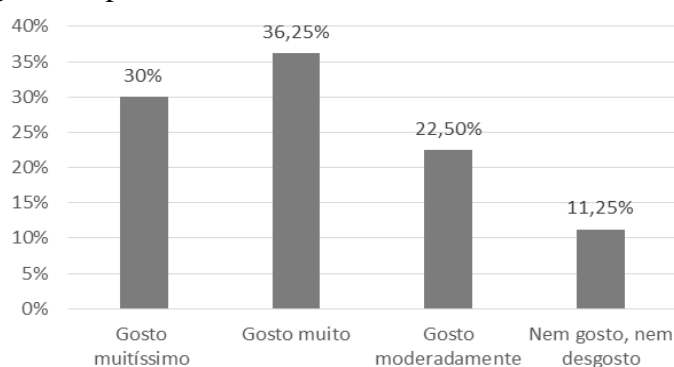
Figura 13 - Distribuição dos provadores quanto à idade



Fonte: própria autora (2021).

Sobre a distribuição dos provadores quanto ao nível de escolaridade, 51,25% relataram possuir nível superior incompleto e cerca de 41,25% alegaram nível superior completo e apenas 7,5% com ensino médio. As respostas dos provadores sobre o quanto gostam de peixe estão apresentados na Figura 14. Observa-se que 36,25% gostam muito de peixe e 30% gostam muitíssimo de peixe e apenas um percentual de 11,25% afirmaram nem gosto, nem desgosto.

Figura 14 - Distribuição dos provadores quanto ao gosto de peixe



Fonte: própria autora (2021).

Cerca de 52,5% dos participantes afirmaram consumir uma vez por semana e 40% afirmaram consumir pelo menos uma vez ao mês e apenas 5% afirmaram consumir uma vez ao ano e um pequeno percentual de 2,5% afirmaram consumir de três a cinco vezes por semana. Por fim, foi perguntado aos provadores se já haviam consumido hambúrguer de peixe, e cerca de 12,5% afirmaram que sim e um total de 87,5% afirmaram não ter consumido este tipo de produto.

6.3.8.2 Resultados dos testes sensoriais

As médias das notas dos atributos avaliados no teste de aceitação dos produtos estão na Tabela 31. Não houve diferença significativa entre as amostras MTGase das amostras Gal, em todos os atributos avaliados. Para os atributos aroma e cor, as médias obtidas nos produtos situaram entre o 6 (gostei ligeiramente) e 7 (gostei moderadamente) na escala hedônica. Quanto a aceitação dos atributos sabor, textura e impressão global, os provadores indicaram médias superiores a 7 (gostei moderadamente), demonstrando aceitação dos produtos. Em relação a textura, os hambúrgueres de tapiro apresentaram médias ligeiramente superiores aos valores relatados por Fay *et al.* (2015) cujas médias variaram de 6,2 a 7,0 em *fishburger* de biquara utilizando como extensores comerciais a proteína texturizada de soja e amido de milho. As médias obtidas nesta pesquisa estão de acordo com os valores obtidos por Maia *et al.* (2015) que apresentaram valores variando de 7,17-7,22 (sabor) e valores de 7,22-7,37 (impressão global) em *fishburger* de surimi de tilápia adicionados de galactomanana nas concentrações de 0,3% e 0,5%.

Tabela 31 - Médias das notas hedônicas dos atributos aroma, cor, sabor, textura e aceitação global (AG) dos hambúrgueres de peixe.

Atributos	MTGase	Gal
Aroma	7,07 ^a ± 1,63	6,94 ^a ± 1,64
Cor	6,90 ^a ± 1,49	6,87 ^a ± 1,48
Sabor	7,34 ^a ± 1,47	7,03 ^a ± 1,64
Textura	7,35 ^a ± 1,62	7,37 ^a ± 1,67
Impressão global	7,39 ^a ± 1,19	7,27 ^a ± 1,31

Resultados são expressos como médias ± desvio-padrão. Médias seguidas por mesma letra minúscula na mesma linha não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey.

Reestruturado de tibi-ro com transglutaminase (MTGase), reestruturado de tibi-ro com galactomanana (Gal F).

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Em relação ao teste de ordenação preferência aplicado aos hambúrgueres de tibi-ro observou-se que as amostras MTGase e Gal foram citadas como preferidas por 46 e 34 provadores, respectivamente. Baseado na tabela de teste bilateral ($p=1/2$), o número tabelado de 50 corresponde ao mínimo de julgamentos corretos para estabelecer significância em nível de probabilidade de 5%. Como o número de julgamentos foi menor que o tabelado, não foi verificado dessa forma, preferência definida pelos consumidores em relação aos hambúrgueres MTGase e Gal.

No teste de intenção de compra, os participantes escolheram uma opção de 1 a 5, na qual 1 refere-se a “certamente não compraria” e o 5 refere-se ao “certamente compraria”. Na Tabela 32 estão as médias atribuídas pelos provadores para este teste, na qual foi observado que não houve diferença estatística entre as amostras MTGase e Gal para a intenção de compra, sendo as médias situadas entre a opção 3 (tenho dúvidas se compraria ou não compraria) e a opção 4 (provavelmente compraria).

Tabela 32 – Médias das notas para a intenção de compra dos hambúrgueres de tibi-ro com transglutaminase (MTGase) e com galactomanana (Gal)

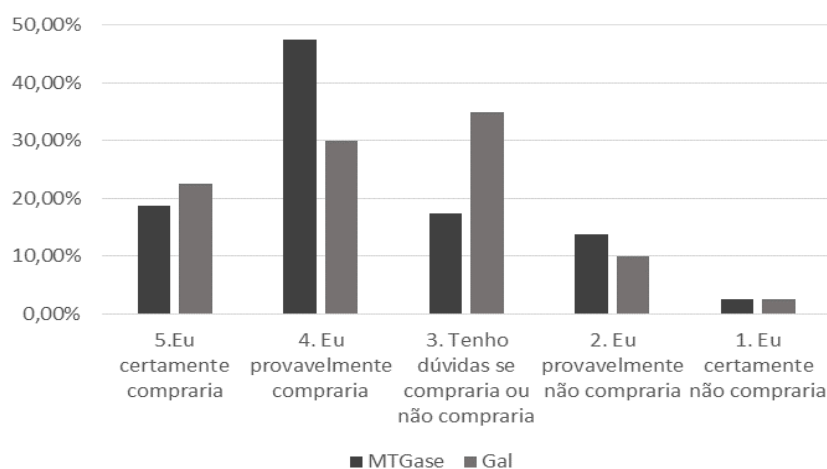
Atributo	MTGase	Gal
Intenção de compra	3,66 ^a ± 1,02	3,60 ^a ± 1,03

Resultados são expressos como médias ± desvio-padrão. Médias seguidas por mesma letra minúscula na mesma linha não diferem entre si ($p \geq 0,05$), pelo teste de Tukey.

Fonte: própria autora (2021).

Na Figura 15 estão os percentuais de respostas dos provadores para a intenção de compra, observa-se que cerca de 48% dos provadores marcaram a opção 4 (Eu provavelmente compraria) para amostra MTGase enquanto para o hambúrguer Gal apenas 30% optaram por essa escolha. Cerca de 35% dos participantes manifestaram maior dúvida se compraria ou não compraria assinalando o número 3 para o hambúrguer com Gal, já no item 5 (Eu certamente compraria) esta amostra apresentou maior percentual (22,5%) em relação ao hambúrguer com MTGase com 18,75%. No estudo de Maia *et al.* (2015) em *fishburger* de surimi de tilápia elaborado com galactomanana, os percentuais dos itens “Eu certamente compraria” e “Eu provavelmente compraria” foram de 35% e 45%, respectivamente, ou seja, superiores aos obtidos neste trabalho, entretanto essas diferenças podem ser atribuídas às diferentes matérias primas empregadas nas duas pesquisas.

Figura 15 – Distribuição dos percentuais de respostas dos provadores para intenção de compra



Fonte: própria autora (2021).

6.4 Conclusão

A aplicação da galactomanana na reestruturação do pescado promoveu uma menor resistência a tensão e deformação, isto ocorre, devido ao componente viscoso no sistema resultando em um produto menos rígido e elástico. A galactomanana atuou formando uma rede principal interconectada, incorporando os componentes do músculo alcançando uma estrutura densa e homogênea. E mesmo com algumas descontinuidades internas

evidenciadas pela presença de alguns poros microscópicos, estas não afetaram a sua capacidade de retenção de água, observadas pelas menores reduções de peso e espessura avaliados nos métodos de cocção testados. Na análise sensorial, o reestruturado elaborado com galactomanana obteve a mesma aceitação que o reestruturado elaborado com transglutaminase com intenção de compra e preferência semelhantes.

7 CONCLUSÃO GERAL

O trabalho sob relato alcançou seu objetivo principal de obtenção de um reestruturado de pescado, utilizando sal e solução de galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima*. Com base no planejamento experimental, definiram-se as concentrações otimizadas desses componentes com uma menor perda de peso por cocção (PPC) no produto. A galactomanana foi eficiente na reestruturação a quente e a frio, exprimindo algumas características de textura semelhantes às obtidas com o padrão comercial. No estudo de estabilidade, os reestruturados com galactomanana exibiram maior CRA, menor PPC além de menores quantidades de bases voláteis totais (N-BVT) e índices de oxidação lipídica (TBARS), enquanto as propriedades mecânicas indicaram produtos menos firmes, elásticos e pegajosos em relação à transglutaminase. Esses resultados são consistentes com o estudo reológico do reestruturado com galactomanana que demonstrou a formação de um gel verdadeiro com menor resistência a tensão e deformação, cuja firmeza aumenta à medida que é submetido a temperaturas mais elevadas.

Esses dados são reflexo da capacidade da galactomanana em criar uma rede intermolecular coesiva, o que foi observado na microestrutura, formando um gel que se liga à água mais facilmente, retendo maior umidade no produto, explicando as menores reduções de peso, altura e espessura obtidas nos métodos de cocção testados, por outro lado, reduzindo a firmeza e a elasticidade. De modo geral, na análise sensorial com consumidores não treinados, o reestruturado elaborado com galactomanana obteve a mesma aceitação do reestruturado com transglutaminase. Não houve diferença significativa nos atributos avaliados e também não foi possível determinar pela análise estatística qual amostra foi a preferida. Apesar de o reestruturado com galactomanana conter algumas características inferiores ao padrão adotado nesta pesquisa, em relação às gomas comerciais já empregadas em pescados reestruturados, o uso da galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima* no processo de reestruturação é bastante prático, por dispensar neutralizantes, bem como a necessidade de estabilização térmica do produto. Assim sendo, o uso da galactomanana em produtos reestruturados constitui uma possibilidade interessante, executável e vantajosa, por explorar este polissacarídeo bastante disponível regionalmente.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 13088**: teste de comparação pareada em análise sensorial de alimentos e bebidas. São Paulo: ABNT, 1994.
- ANDRADE, C. T. *et al.* Solution properties of the galactomannans extracted from the seeds of *Caesalpinea pulcherrima* and *Cassia javanica*: comparison with locust bean gum. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 26, p. 181-185, 1999. Disponível em: <https://ac.els-cdn.com>. Acesso em: 27 dez. 2018.
- ANDRADE, G. Q.; BISPO, E. S.; DRUZIAN, J. I. Avaliação da qualidade nutricional em espécies de pescado mais produzidas no Estado da Bahia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 721-726, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v29n4/04.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2020.
- ANDRÉS, S. C. *et al.* Storage stability of low-fat chicken sausages. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 72, n. 4, p. 311–319, 2006. Disponível em: <https://ac.els-cdn.com>. Acesso em: 28 dez. 2018.
- ANDRÉS-BELLO, A. *et al.* Effect of Konjac Glucomannan (KGM) and Carboxymethylcellulose (CMC) on some Physico-Chemical and Mechanical Properties of Restructured Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*) Products. **Food and Bioprocess Technology**, [s. l.], v. 6, p. 133–145, 2013. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 11 fev. 2018.
- ANDRÉS-BELLO, A. *et al.* Production of cold-setting restructured fish products from gilthead sea bream (*Sparus aurata*) using microbial transglutaminase and regular and low-salt level. **Journal of Food**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 121–125, 2011. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/>. Acesso em: 13 fev. 2018.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18. ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2005.
- APHA. Committee on Microbiological for Foods. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4th ed. Washington: American Public Health Association, 2001.
- ARAÚJO, D. H. P. **Determinação de histamina e outras aminas bioativas e perfil de ácidos graxos de peixes da região amazônica**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2013. Disponível em: <http://ppgcta.propesp.ufpa.br/>. Acesso em: 12 out. 2018.
- ARAÚJO, G. S.; ARAÚJO, A. S.; CHELLAPPA, S. Tipo de crescimento e aspectos reprodutivos do peixe marinho *Oligoplites palometa* (Osteichthyes: Carangidae), na costa do Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 2, n. 2, p. 25-30, 2012. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/biota/article/view/475/v2n2p25-30.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2018.

ARAÚJO, S. A.; VASCONCELOS FILHO, A. L. Aspectos gerais sobre a alimentação do tibi-ro *Oligoplites palometa*, Cuvier, 1831, (Pisces-Carangidae), no canal de Santa Cruz – Pernambuco. **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa, v. 2, n. 1/2, p. 119-126, 1979. Disponível em: <http://www.periodicos.ufpb.br>. Acesso em: 26 dez. 2018.

ARAÚJO NETO, J. C. *et al.* Caracterização morfométrica, germinação e conservação de sementes de *Caesalpineia pulcherrima* (L.) SW. (Fabaceae: *Caesalpinioidea*). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 2287-2300, 2014. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/download/12101/15500>. Acesso em: 26 dez. 2018.

AZERO, E. G.; ANDRADE, C. T. Extração e Caracterização da Galactomanana de Sementes de Sementes de *Caesalpineia*. **Polímeros**, São Carlos, v. 8, n. 2, p. 54-59, 1999. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14281999000200013&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 26 dez. 2018.

BAINY, E. M. *et al.* Effect of grilling and baking on physicochemical and textural properties of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish burger. **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 52, n. 8, p. 5111–5119, 2015. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 11 fev. 2018.

BANERJEE, S.; BHATTACHARYA, B. Food gels: gelling process and new applications. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 52, p. 334–346, 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. Acesso em: 19 jan. 2018.

BARAK, S.; MUDGIL, D. Locust bean gum: processing, properties and food applications: a review. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 66, p. 74–80, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813014001019>. Acesso em: 28 dez. 2018.

BERNARDINO FILHO, R. *et al.* Elaboração de hambúrguer formulado com filé de peixe tucunaré (*cichla ssp.*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 9, n. 3, p.75-80, 2014. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2878>. Acesso em: 07 jan. 2020.

BIASSI, D. C. *et al.* Effect of ginger and rosemary extracts as antioxidant and antibacterial agents in tilapia fish fingers. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 36, n. 1, p. 14-27, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/download/55635/38541>. Acesso em: 26 dez. 2018.

BONFIM, R. C. *et al.* Aplicação de transglutaminase microbiana em produtos cárneos processados com teor reduzido de sódio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 6, p. 1133-1138, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 19 mar. 2020.

BORDERÍAS, A. J. *et al.* Characterization of healthier mixed surimi gels obtained through partial substitution of myofibrillar proteins by pea protein isolates. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 107, p. 1-10, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 22 out. 2020.

BORDERÍAS, A. J.; SÁNCHEZ-ALONSO, I.; PÉREZ-MATEOS, M. New applications of fibres in foods: addition to fishery products. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 16, n. 10, p. 458–465, 2005. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224405000750>. Acesso em: 13 fev. 2018.

BORGES, A. *et al.* Aceitação sensorial e perfil de textura instrumental da carne cozida do pacu (*Piaractus mesopotamicus*), do tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do seu híbrido tambacu eviscerados e estocados em gelo. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, Niterói, v. 20, n. 3, p. 160-165, 2013. Disponível em:

<https://periodicos.uff.br/rbcv/article/view/7013>. Acesso em: 04 out. 2019.

BORGHESI, R. *et al.* **Caracterização de resíduos gerados no beneficiamento industrial do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do Surubim (*Pseudoplatystoma sp.*)**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1076351/1/BP7820171.pdf>. Acesso em: 25 dez. 2018.

BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, [s. l.], v. 32, n. 72, p. 62-66, 1978. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 04 out. 2019.

BOX, G. E. P.; WETZ, J. **Criteria for judging adequacy of estimation by an approximate response function**. Madison: University of Wisconsin Technical Report, 1973.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Manual de inspeção para identificação de espécies de peixe e valores indicativos de substituições em produtos de pesca e aquicultura**. Brasília, DF: MAPA, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/arquivos-publicacoes-dipoa/pescadoweb.pdf>. Acesso em: 12 de out. de 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 33, de 13 de janeiro de 1998**. [Brasília, DF]: Secretaria de Vigilância Sanitária, 1998. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs/1/1998/prt0033_13_01_1998.html. Acesso em: 01 jan. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução-RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001**. [Brasília, DF]: Anvisa, 2001. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012_02_01_2001.html. Acesso em: 03 abril 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº 329, de 19 de dezembro de 2019. Estabelece os aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em pescado e produtos de pescado. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**: seção 1, Brasília, DF, ed. 249, p. 83, 26 dez. 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-329-de-19-de-dezembro-de-2019-235414834>. Acesso em 21 jan. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. [Brasília, DF]: Conselho Nacional de Saúde, 2012. Disponível em:

https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html. Acesso em: 03 abril 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretária de Comércio Exterior. **Dados do Comércio Exterior**. Brasília, DF: SECEX, 2020. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/>. Acesso em: 25 jan. 2020.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017**. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Brasília, DF: Presidência da República, 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9013.htm. Acesso em: 07 jan. 2020.

BURITI, F. C. *et al.* Effects of tropical fruit pulps and partially hydrolysed galactomannan from *Caesalpinia pulcherrima* seeds on the dietary fibre content, probiotic viability, texture and sensory features of goat dairy beverages. **Food Science and Technology**, [s. l.], v. 59, n. 1, p. 196-203, 2014. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643814002278. Acesso em: 11 out. 2018.

CAMPO, L.; TOVAR, C. Influence of starch content in the viscoelastic properties of surimi gels. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 84, n. 1, p. 140-147, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877407002828>. Acesso em: 23 jan. 2020.

CAMPO-DEAÑO, L.; TOVAR, C. The effect of egg albumen on the viscoelasticity of crabsticks made from Alaska Pollock and Pacific Whiting surimi. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 23, n. 7, p. 1641-1646, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X09000654>. Acesso em: 23 jan. 2020.

CANDO, D. *et al.* Different additives to enhance the gelation of surimi gel with reduces sodium content. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 196, p. 791-799, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814615300224>. Acesso em: 23 jan. 2020.

CANDO, D. *et al.* Effect of high pressure and/or temperature over gelation of isolated hake myofibrils. **Food and Bioprocess Technology**, [s. l.], n. 7, p. 3197-3207, 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-014-1279-9>. Acesso em: 22 out. 2020.

CAO, L. *et al.* Effects of freshness on the cook loss and shrinkage of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets following pasteurization. **International Journal of Food Properties**, [s. l.], v. 19, n. 10, p. 2297-2306, 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/>. Acesso em: 04 jan. 2020.

CARDOSO, C. A. *et al.* Effect of salt and MTGase on the production of high-quality gels from farmed sea bass. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 101, n. 1, p. 98-105, 2010. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 11 fev. 2018.

CARDOSO, C.; MENDES, R.; NUNES, M. L. Effect of transglutaminase and carrageenan on restructured fish products containing dietary fibres. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 42, n. 11, p. 1257–1264, 2007. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/>. Acesso em: 14 fev. 2018.

CARDOSO, C.; NUNES, M. L. Improved utilization of fish waste, discards, and by-products and low-value fish towards food and health products. *In*: GÁLVEZ; BERGÉ (ed.) **Utilization of fish waste**. Boca Raton: CRC Press. 2013. p. 26-58. Disponível em: <http://booksc.xyz/>. Acesso em: 25 dez. 2018.

CARDOSO, C.; RIBEIRO, B.; MENDES, R. Improvement of the gelling ability in restructured fish products: effect of 1-ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl) carbodiimide level and pH. **European Food Research and Technology**, [s. l.], v. 234, n. 6, p. 935-946, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-012-1713-z>. Acesso em: 29 set. 2019.

CARTONILHO, M. M.; JESUS, R. S. Qualidade de cortes congelados de tambaqui cultivado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 4, p. 344-350, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v46n4/02.pdf>. Acesso em: 11 out. 2019.

CARUSO, G. Fishery wastes and by-products: a resource to be valorised. **Journal of Fisheries Sciences.com**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 80-83, 2015. Disponível em: <http://www.fisheriessciences.com>. Acesso em: 25 dez. 2018.

CERQUEIRA, M. A. *et al.* Galactomannans use in the development of edible films/ coatings for food applications. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 22, p. 662-671, 2011a. Disponível em: <https://ac.els-cdn.com>. Acesso em: 27 dez. 2018.

CERQUEIRA, M. A. *et al.* Extraction, purification and characterization of galactomannans from non-traditional sources. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 75, p. 408–414, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861708003482>. Acesso em: 11 out. 2018.

CERQUEIRA, M. A. *et al.* Structural and thermal characterization of galactomannans from non-conventional sources. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 83, n. 1, p. 179-185, 2011b. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 11 out. 2018.

CONWAY, E. J.; BYRNE, A. An absorption apparatus for the micro-determination of certain volatile substances: the micro-determination of ammonia. **Biochemical Journal**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 419-429, 1993. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 06 jan. 2019.

COSTA, C. M. S. *et al.* Avaliação das propriedades nutricionais da carne das espécies oligoplites palometa e micropogonias furnieri de acordo com o número de lavagens, **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 42-54, 2015. Disponível em: <https://ppg.revistas.uema.br/index.php/REPESCA/article/view/1101>. Acesso em: 11 out. 2018.

DREELING, N.; ALLEN, P.; BUTLER, F. Effect of Cooking Method on Sensory and Instrumental Texture Attributes of Low-fat Beefburgers. **LWT - Food Science and**

Technology, [s. l.], v. 33, n. 3, p. 234-238, 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/>. Acesso em 28 mar. 2020.

EFSA. Scientific Opinion on the safety and efficacy of cassia gum for dogs and cats based on a dossier submitted by Glycomer GmbH. **EFSA Journal**, [s. l.], v. 12, n. 11, p. 1-16, 2014. Disponível em: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com>. Acesso em: 28 dez. 2018.

FAN, M. *et al.* Gel characteristics and microstructure of fish myofibrillar protein/cassava starch composites. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 218, p. 221–230, 2017. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 23 out. 2020.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture: meeting the sustainable development goals**. Roma: FAO, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2020.

FAY, J. F. A. *et al.* Fishburger de biquara (*Haemulon Plumierii* - Lacepède, 1801) com adição de diferentes extensores. **Acta tecnológica**, São Luis, v. 10, n. 2, p. 91-105, 2015. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.ifma.edu.br/>. Acesso em: 13 fev. 2018.

FERRY, J. D. Experimental methods for soft viscoelastic solids and liquids of high viscosity. *In*: FERRY, J. D. (ed.). **Viscoelastic properties of polymers**. 3rd. ed. New York: John Wiley & Sons, 1980. p. 130- 153. Disponível em: <http://books.google.com.br/books/>. Acesso em: 31 mar. 2020.

FILLERÍA, S. F. G; TIRONI, V. A. Application of amaranth protein isolate and hydrolysate on a reduced salt fish restructured product: antioxidant properties, textural and microbiological effects. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 50, p. 1452–1460, 2015. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.12777>. Acesso em: 14 fev. 2018.

FONTAN, R. C. I. *et al.* Influência do tipo de carne, adição de fosfato e proteína texturizada de soja na perda de peso por cocção e redução do tamanho de hambúrgueres. **Alimentação e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 3, p. 429-434, 2011. Disponível em: <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/1752/1148>. Acesso em: 29 set. 2019.

FREIRE, B. C. F. *et al.* Aspectos da qualidade físico-química em filé de Carapeba (*Diapterus rhombeus*) minimamente processada. **Pubvet**, Maringá, v. 11, n. 6, p. 561-565, 2017. Disponível em: www.pubvet.com.br. Acesso em: 03 jan. 2019.

FRUTUOSO, A. E. **Revestimento comestível elaborado com galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima* e óleo essencial de *cymbopogon citratus* aplicado em queijo coalho**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Limoeiro do Norte, 2014. Disponível em: https://ifce.edu.br/limoeirodonorte/arquivos_pgta/dissertacoes/frutuoso_a_e_2014_mta_ifce.pdf. Acesso em: 27 dez. 2018.

GOMES, A. C. O. *et al.* Comportamento sob fluência em elastômeros termoplásticos vulcanizados baseados em poliamida 6 e borracha nitrílica. **Polímeros**, São Carlos, v. 19, n.

3, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282009000300007. Acesso em: 16 mar. 2020.

HERRANZ, B. *et al.* Influence of measurement temperature on the rheological and microstructural properties of glucomannan gels with different thermal histories. **Food Research International**, [s. l.], v. 48, n. 2, p. 885–892, 2012a. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996912002451>. Acesso em: 28 mar. 2020.

HERRANZ, B.; SOLO-DE-ZALDÍVAR, B.; BORDERÍAS, J. Obtaining a restructured seafood product from non-functional fish muscle by glucomannan addition: first steps. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 201–208, 2013. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10498850.2011.632114?casa_token=7Z0TU42yjkwAAAAA:jpdKhSX582ITvv3OxWkOMIoytCC_UCvGIhfzqvYEEKXxun7Ed0IHqQbwc5m2_gxF7PpUW_y1ix9mI4rQ. Acesso em: 21 jan. 2018.

HERRANZ, B. *et al.* Effect of alkalis on konjac glucomannan gels for use as potential gelling agents in restructured seafood products. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 145-153, 2012b. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X1100227X>. Acesso em: 11 fev. 2018.

HERRERO, A. M. *et al.* Raman spectroscopy study of the structural effect of microbial transglutaminase on meat systems and its relationship with textural characteristics. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 109, n. 1, p. 25-32, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/>. Acesso em: 29 set. 2019.

HONORATO, C. A. *et al.* Caracterização física de filés de surubim (*Pseudoplatystoma* sp.), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e pirarucu (*Arapaimas gigas*). **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, Umuarama, v. 17, n. 4, p. 237-242, 2014. Disponível em: <https://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/5023>. Acesso em: 05 jan. 2019.

HU, Y. *et al.* Enhancement of the gelation properties of hairtail (*Trichiurus haumela*) muscle protein with curdlan and transglutaminase. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 176, n. 1, p. 115-122, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814614019086>. Acesso em: 28 mar. 2020.

HUANG, H.; CLARKE, A. D. Performances of cold-set binders, food hydrocolloids, and commercial meat binder on the physical and chemical characteristics of tilapia fish balls. **International Journal of Animal Science**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1-9, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/>. Acesso em: 29 set. 2019.

JEYAKUMARI, A. *et al.* Effect of chitosan on shelf life of restructured fish products from pangasius (*pangasianodon hypophthalmus*) surimi during chilled storage. **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 53, n. 4, p. 2099–2107, 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. Acesso em: 15 jan. 2018.

KAEWUDON, P.; BENJAKUL, S.; KIJROONGROJANA, K. Properties of surimi gel as influenced by fish gelatin and microbial transglutaminase. **Food Bioscience**, [s. l.], v. 1, p. 39-47, 2013. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212429213000072>. Acesso em: 28 mar. 2020.

KAUR, L. *et al.* Starch–cassia gum interactions: a microstructure: rheology study. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 111, p. 1–10, 2008. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814608003130>. Acesso em: 28 dez. 2018.

KIRCHNER, R. M. *et al.* Análise da produção e comercialização do pescado no Brasil.

Revista Agroambiente, Boa Vista, v. 10, n. 2, p. 168 - 177, 2016. Disponível em:

<https://revista.ufr.br/agroambiente/article/download/2783/1995>. Acesso em: 25 dez. 2018.

KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil: Principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores

limitantes e desafios. **Panorama da Aquicultura**, Laranjeiras, v. 25, n. 150, p. 10-23, 2015.

Disponível em: www.caunesp.unesp.br. Acesso em: 25 dez. 2018.

KUNNATH, S. *et al.* Textural quality and oxidative stability of restructured pangasius mince: effect of protein substrates mediated by transglutaminase. **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 52, n. 1, p. 351–358, 2015. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-013-1000-4>. Acesso em: 15 jan. 2018.

LAWRIE, R. A.; LEDWARD, D. A. **Lawrie's meat Science**. 8th. ed. New York: Woodhead Published, 2006.

LAZO, O. *et al.* Sensory characterization, physico-chemical properties and somatic yields of five emerging fish species. **Food Research International**, [s. l.], v. 100, p. 396–406, 2017.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 06 jan. 2019.

LEITE, S. B. P.; SUCASAS, L. F. A.; OETTERER, M. Resíduos da comercialização de

pescado marinho: volume de descarte e aspectos microbiológicos. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 10, n. 1, p. 2112-2125, 2016. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/view/2692/3148>. Acesso em: 25 dez. 2018.

LESSA, R.; NÓBREGA, M. F. **Guia de identificação de peixes marinhos da região**

Nordeste. Recife: REVIZEE/SCORE-NE, 2000. Disponível em:

http://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/_arquivos/guiaiden.pdf. Acesso em: 02 jul. 2019.

LIMA JÚNIOR, D. M. *et al.* Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina. **Acta Veterinária Brasileira**, Mossoró, v. 7, n. 1, p. 14-28, 2013. Disponível em:

<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/acta/article/download/3119/5191/0>. Acesso em: 11 fev. 2020.

LIMA, M. M.; MUJICA, P. I. C., LIMA, A. M. Caracterização química e avaliação do

rendimento em filés de caranha (*Piaractus mesopotamicus*). **Brazilian Journal Food Technology**, [s. l.], v. 15, p. 41-46, 2012. Disponível em: www.scielo.br/.pdf. Acesso em: 07

jan. 2020.

- LIU, Y. *et al.* Principal component analysis of physical, color and sensory characteristics of chicken breasts deboned at two, four, six and twenty-four hours postmortem. **Poltry Science**, [s. l.], v. 83, n. 1, p. 101-108, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119425662>. Acesso em: 11 fev. 2018.
- MACEDO, J. A.; SATO, H. H. Propriedades e aplicações da transglutaminase microbiana em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 4, p. 413-419, 2005. Disponível em: <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/502/465>. Acesso em: 14 fev. 2018.
- MAIA, M. O. *et al.* Natural thickener in raw and cooked fish-derived: microbiological, physicochemical and sensorial acceptance. **Científica**, Jaboticabal, v. 43, n. 3, p. 215-220, 2015. Disponível em: <http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/673>. Acesso em: 12 out. 2018.
- MARINHO, L. S. *et al.* Parâmetros físico-químicos e sensoriais na avaliação da qualidade da piramutaba (*brachyplatystoma vaillantii, valenciennes*, 1840) inteira estocada em gelo. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, Niterói, v. 21, n. 4, p. 273-277, 2014. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/rbcv/article/view/7315#>. Acesso em: 12 jan. 2020.
- MARTELO-VIDAL, M. J. *et al.* Obtaining reduced-salt restructured white tuna (*Thunnus alalunga*) mediated by microbial transglutaminase. **Food Science and Technology**, [s. l.], v. 65, p. 341-348, 2016a. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643815301262>. Acesso em: 11 fev. 2018.
- MARTELO-VIDAL, M. J. *et al.* Reduced-salt restructured European hake (*Merluccius merluccius*) obtained using microbial transglutaminase. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [s. l.], v. 38, p. 182–188, 2016b. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1466856416304350>. Acesso em: 11 fev. 2018.
- MARTELO-VIDAL, M. J.; MESAS, J. M.; VAZQUEZ, M. Low-salt restructured fish products from Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) with texture resembling turkey breast. **Food Science and Technology International**, [s. l.], v. 18, n.3, p. 251-259, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22701058/>. Acesso em: 11 fev. 2018.
- MARTÍN-SANCHEZ, A. M. *et al.* Alternatives for efficient and sustainable production of surimi: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s. l.], v. 8, p. 359-374, 2009. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1541-4337.2009.00087.x>. Acesso em: 19 jan. 2018.
- MATHUR, N. K. Galactomannan polysaccharides. In: MATHUR, N. K. (ed.) **Industrial galactomannan polysaccharides**. Boca Raton: CRC Press, 2012. p. 5-13.
- MATOS, M. R. T. **Galactomanana de *Caesalpine pulcherrima* como fonte de fibra solúvel e substituta de gordura em produtos cárneos**. 2013. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2013.

MEDEIROS, S. R. A. *et al.* Caesalpinea pulcherrima seed galactomannan on rheological properties of dairy desserts. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 50, n. 6, p. 1-13, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cr/v50n6/1678-4596-cr-50-06-e20190176.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2020.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 1999.

MENDES, F. R. S. *et al.* Preparation and evaluation of hemicellulosefilms and their blends. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 70, p. 181-190, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X17300139>. Acesso em: 16 jan. 2020.

MENEZES, M. E. S. *et al.* Valor nutritivo de peixes da costa marítima de Alagoas, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 1, p. 21-28, 2009. Disponível em: <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v68n1/v68n1a03.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2020.

MOHANTY, B. P. *et al.* Nutritional composition of food fishes and their importance in providing food and nutritional security. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 293, p. 561-570, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814617318526>. Acesso em: 25 dez. 2018.

MONTEIRO, A. A. S. **Síntese e caracterização de géis de galactomanana de Fava danta (*Dimorphandra gardneriana*) para aplicação biológica**. 2009. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/9608>. Acesso em: 15 jan. 2018.

MONTEIRO, M. L. G. *et al.* Validade comercial de filés de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) resfriados embalados em atmosfera modificada e irradiados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 4, p. 737-743, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/>. Acesso em: 14 jan. 2020.

MONTEIRO, M. L. *et al.* Effect of transglutaminase on quality characteristics of a value-added product tilapia wastes. **Journal of Food and Science Technology**, [s. l.], v. 52, n. 5, p. 2598–2609, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-014-1327-5>. Acesso em: 14 fev. 2018.

MONTGOMERY, D. Introduction. *In*: MONTGOMERY, D. (ed.) **Design and analysis of experiments**. Arizona: John Wiley & Sons, 2012. p. 5-13.

MORENO, H. M.; BORDERÍAS, A. J.; BARON, C. Evaluation of some physico-chemical properties of restructured trout and hake mince during cold gelation and chilled storage. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 120, n. 2, p. 410-417, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 15 jan. 2020.

MORENO, H. M.; CARBALLO, J.; BORDERÍAS, A. J. Application of Response Surface Methodology to study the effect of different calcium sources in fish muscle-alginate restructured products. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 1, p. 209-216, 2011. Disponível em: www.scielo.br/pdf/cta/v31n1/32.pdf. Acesso em: 15 jan. 2018.

- MORENO, H. M.; CARBALLO, J.; BORDERÍAS, A. J. Influence of alginate and microbial transglutaminase as binding ingredients on restructured fish muscle processed at low temperature. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 88, n. 9, p. 1529–1536, 2008. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.3245>. Acesso em: 15 jan. 2018.
- MORENO, H.; CARBALLO, J.; BORDERÍAS, A. J. Raw-appearing restructured fish models made with sodium alginate or microbial transglutaminase and effect of chilled storage. **Food Science Technology**, Campinas, v. 33, n. 1, p. 137-145, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/cta/v33n1/aop_cta_5221.pdf. Acesso em: 15 jan. 2018.
- MORENO, H. M. *et al.* High pressure applied to frozen flying fish (*Parexocoetus brachyterus*) surimi: effect on physicochemical and rheological properties of gels. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 48, p. 127-134, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 28 out. 2020.
- MORENO, H. M. *et al.* Effect of high-pressure treatment on the structural, mechanical and rheological properties of glucomannan gels. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 60, p. 437-444, 2016. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X16301515. Acesso em: 11 fev. 2018.
- NIJENHUIS, K. Introduction. In: NIJENHUIS, K. (ed.). **Thermoreversible networks: viscoelastic properties and structure of gels**. Berlin: Springer, 1997. p. 1-11. Disponível em: <http://books.google.com.br/books/>. Acesso em: 31 mar. 2020.
- NJINKOUE, J. M. *et al.* Proximate composition, mineral content and fatty acid profile of two marine fishes from Cameroonian coast: *Pseudotolithus typus* (Bleeker, 1863) and *Pseudotolithus elongatus* (Bowdich, 1825). **NFS Journal**, [s. l.], v. 4, p. 27-31, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352364616300074>. Acesso em: 19 fev. 2021.
- OECD/FAO. Fish and seafood. In: OECD/FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028: special focus: Latin America**. Paris: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. p. 190-203. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca4076en/ca4076en.pdf/>. Acesso em: 09 mar. 2020.
- PARDI, M. C. *et al.* (ed.). **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 1.ed. Goiana: UFG. 1995.
- PASSOS, A. A. C. *et al.* Avaliação da incorporação de galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima* em sorvetes e comparação com estabilizantes comerciais. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 2, p. 275-282, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em: 11 out. 2018.
- PEIXEBR. Associação Brasileira de Piscicultura. **Anuário PeixeBr de Piscicultura 2019**. São Paulo, SP: Associação Brasileira de Piscicultura, 2019. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br>. Acesso em: 30 jan. 2020.
- PERYAM, D. R.; PILGRIM, F. J. Hedonic scale method of measuring food preferences. **Food Technology**, [s. l.], v. 11, p. 9–14, 1957.

POLLARD, M. A. *et al.* Characterization of galactomannans isolated from legume endosperms of Caesalpinioideae and Faboideae subfamilies by multidetection aqueous SEC. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 79, n. 1, p. 70-84, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861709003944>. Acesso em: 11 out. 2018.

PRAJAPATI, V. D. *et al.* Galactomannan: a versatile biodegradable seed polysaccharide. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 60, p. 83–92, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813013002808>. Acesso em: 11 out. 2018.

RAHARJO, S.; SOFOS, J. N.; SCHMIDT, G. R. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in beef. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 40, n. 11, p. 2182-2185, 1992. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf00023a027>. Acesso em: 11 jun. 2019.

RAMÍREZ, J. A. A. *et al.* Low-salt restructured products from striped mullet (*Mugil cephalus*) using microbial transglutaminase or whey protein concentrate as additives. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 102, n. 1, p. 243–249, 2007. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814606004031. Acesso em: 15 jan. 2018.

RAMÍREZ, J. A. *et al.* Food hydrocolloids as additives to improve the mechanical and functional properties of fish products: a review. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 25, n. 8, p. 1842-1852, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X11001676>. Acesso em: 23 jan. 2018.

RODRÍGUEZ, N. R. *et al.* Effects of amidated low methoxyl pectin on healthy restructured fish food from mexican flounder (*Cyclopssetta chittendeni*). **Journal of Food Process Engineering**, [s. l.], v. 31, p. 229–246, 2008. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1745-4530.2007.00149.x>. Acesso em: 14 fev. 2018.

SÁNCHEZ-ALONSO, I. *et al.* Antioxidant protection of white grape pomace on restructured fish products during frozen storage. **LWT- Food Science and Technology**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 42–50, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643807000813>. Acesso em: 14 fev. 2018.

SÁNCHEZ-ALONSO, I. *et al.* Testing caffeic acid as a natural antioxidant in functional fish-fibre restructured products. **LWT- Food Science and Technology**, [s. l.], v. 44, n. 4, p. 1149-1155, 2011. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643810003956. Acesso em: 14 fev. 2018.

SÁNCHEZ-ALONSO, I.; HAJI-MALEKI, R.; BORDERÍAS, A. J. Wheat fiber as a functional ingredient in restructured fish products. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 100, n. 3, p. 1037–1043, 2007. Disponível em:

www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814605009738. Acesso em: 15 jan. 2018.

SANTOS, J. S. L. *et al.* Physicochemical and sensory characterization of three different portions from commercial pirarucu (*Arapaima gigas*) fillets. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, p. 1-8, 2018. Disponível em: www.scielo.br/pdf/bjft/v21/1981-6723-bjft-21-e2017178.pdf. Acesso em: 08 out. 2019.

SANTOS, P. V. C. J. *et al.* Alimentação do tibi-ro, *oligoplites palometa*, (Perciformes, carangidae) capturado no litoral ocidental do Maranhão e desembarcado no município da Raposa, ilha de São Luis-MA, Brasil. **Boletim do laboratório de hidrobiologia**, Bacanga, v. 22, n. 1, p. 17-24, 2009. Disponível em: <http://www.periodicoeletronicos.ufma.br/index.php/blabohidro/article/view/1884/34>. Acesso em: 11 out. 2018.

SANTOS, V. B. Aspectos morfológicos da musculatura lateral dos peixes, **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 127-135, 2007. Disponível em: https://www.pesca.sp.gov.br/33_1_127-135.pdf. Acesso em: 30 dez. 2018.

SEBRAE. **Aquicultura no Brasil**. Brasília, DF: SEBRAE, 2015. (Série Estudos Mercadológicos). Disponível em: <http://www.bibliotecas.sebrae.com.br>. Acesso em: 25 dez. 2018.

SELIG, M. J. *et al.* Distribution of oil solubilized β -carotene in stabilized locust bean gum powders for the delivery of orange colorant to food products. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 84, p. 34-37, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X18303291>. Acesso em: 28 dez. 2018.

SHARMA, B. R.; KUMAR, V.; SONI, P. L. Carbamoylethylation of *Cassia tora* gum. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 54, n. 2, p. 143-147, 2003. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861703001322. Acesso em: 28 dez. 2018.

SHARMA, G. *et al.* Guar gum and its composites as potential materials for diverse applications: a review. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 199, p. 534-545, 2018. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861718308440. Acesso em: 28 dez. 2018.

SHLEIKIN, A. G.; DANILOV, N. P.; TERNOVSKOY, G. V. Modification of food products properties by use of transglutaminase. **Procedia Food Science**, [s. l.], v. 1, p. 1568-1572, 2011. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211601X11002331. Acesso em: 24 jan. 2018.

SOARES, K. M. P.; GONÇALVES, A. A. Qualidade e segurança do pescado. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71, n. 1, p. 1-10, 2012. Disponível em: <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v71n1/v71n1a01.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2018.

SOLO-DE-ZALDÍVAR, B. A. *et al.* Effect of freezing and frozen storage on restructured FISH prototypes made with glucomannan and FISH mince. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 41,

p. 233-240, 2014. Disponível em:

www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X14001507. Acesso em: 15 jan. 2018.

SOLO-DE-ZALDÍVAR, B. *et al.* Pasteurization and chilled storage of restructured fish muscle products based on glucomannan gelation. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 43, p. 418-426, 2015. Disponível em:

www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X14002422. Acesso em: 11 fev. 2018.

SOTO-VALDEZ, H. *et al.* Effect of previous chilling storage on quality loss in frozen (-20 °C) sierra (*Scomberomorus sierra*) muscle packed with a low-density polyethylene film containing butylated hydroxytoluene. **Food Science Technology**, Campinas, v. 35, n. 1, p. 202-206, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/>. Acesso em: 09 jan. 2020.

SOUSA, F. D. **Propriedades físico-químicas de hemiceluloses vegetais**. 2014. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/10821>. Acesso em: 10 jun. 2020.

SOUZA, C. F. **Galactomanana de sementes de *Caesalpinia ferrea* var. *ferrea***: estrutura, modificação química e caracterização de propriedades. 2009. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/18569/Dissertacao_ClaytonFSouza%282009%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 10 jun. 2020.

STANSBY, M. E. Proximate composition of fish. *In*: HEEN, E.; KREUZER, R. (ed.). **Fish in nutrition**. London: Fishing News, 1962. p. 55-60.

STATSOFT. **Statistica for Window 7.0**. Tulsa, OK: Statsoft, 2008.

SUKLIM, G. J. *et al.* Effect of cold-set binders: alginates and microbial Transglutaminase on the physical properties of Restructured scallops. **Journal of Texture Studies**, [s. l.], v. 35, n. 6, p. 634–642, 2004. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4603.2004.35514.x>. Acesso em: 15 fev. 2018.

TÉLLEZ-LUIS, S. J.; RAMÍREZ, J. A.; VÁZQUEZ, M. Application in restructured fish products of transglutaminase obtained by *Strepto verticillum ladakanaum* in media made from hydrolysates of sorghum straw. **Journal of Food Science**, [s. l.], v. 69, n. 1, p. 1-5, 2004. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. Acesso em: 15 jan. 2018.

THOMBRE, N. A.; GIDE, P. S. Rheological characterization of galactomannans extracted from seeds of *Caesalpinia pulcherrima*. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 94, p. 547–554, 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. Acesso em: 11 out. 2018.

TOTOSAUS, A. *et al.* A review of physical and chemical protein-gel induction. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 37, p. 589-601, 2002. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2621.2002.00623.x>. Acesso em: 21 jan. 2018.

TRUONGHUYNH, H. T. *et al.* Freezing methods affect the characteristics of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*): use of cryogenic freezing for long-term storage. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 18, p. 1-7, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612020000600429. Acesso em: 11 out. 2020.

TZIKAS, Z. *et al.* Production of low-salt restructured Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) using microbial transglutaminase/caseinate system. **Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society**, [s. l.], v. 66, n. 3, p. 147-160, 2018. Disponível em: <https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/>. Acesso em: 15 jan. 2020.

URESTI, R. M. *et al.* Use of amidated low methoxyl pectin to produce fish restructured products. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 17, p. 171–176, 2003. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 11 fev. 2018.

WANG, Z. C. *et al.* Influence of post-mortem treatment with nitric oxide on the muscle color and color stability of tilápia (*Oreochromis niloticus*) fillets. **Nitric Oxide**, [s. l.], v. 76, p. 122-128, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1089860317301167?via%3Dihub>. Acesso em: 15 jan. 2020.

WU, C. *et al.* The effect of curdlan on the rheological properties of restructured ribbonfish (*Trichiurus spp.*) meat gel. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 179, p. 222–231, 2015b. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308814615001491?via%3Dihub>. Acesso em: 11 fev. 2018.

WU, Y. *et al.* The rheological properties of tara gum (*Caesalpinea spinose*). **Food Chemistry**, [s. l.], v. 168, p. 366–371, 2015a. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 28 dez. 2018.

WU, Y.; DING, W.; HE, Q. The gelation properties of tara gum blended with k-carrageenan or xanthan. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 77, p. 764-771, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 28 dez. 2018.

ZHANG, X. *et al.* Fatty acid composition analyses of commercially important fish species from the Pearl River Estuary, China. **Journal Plos One**, [s. l.], v. 15, v. 1, 2020. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0228276>. Acesso em: 28 dez. 2020.

ZHU, Z.; LANIER, T. C.; FARKAS, B. E. High pressure effects on heat-induced gelation of threadfin bream (*Nemipterus spp.*) surimi. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 146, p. 23–27, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877414003598>. Acesso em: 23 jan. 2020.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TÍTULO DO PROJETO: Desenvolvimento e caracterização de reestruturado de pescado utilizando a galactomanana (*Caesalpineia pulcherrima*).

Orientador da pesquisa: Ph.D Elisabeth Mary Cunha da Silva

Pesquisador: Sanyelle Lima Sousa

Instituição/Departamento: Universidade Federal do Ceará - UFC /Departamento de Tecnologia de Alimentos.

Prezado (a) Participante:

Você está sendo convidado como participante de uma pesquisa. Você não deve participar contra a sua vontade. Lei atentamente as informações abaixo e faça qualquer pergunta que desejar, para que os procedimentos desta pesquisa sejam esclarecidos. Este estudo está sendo conduzido pelos Pesquisadores Prof^ª. Ph.D Elisabeth Mary Cunha da Silva e Sanyelle Lima Sousa (Aluna). Após ser **ESCLARECIDO** sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento. Em caso de recusa você não será penalizado de forma alguma.

Objetivo de estudo: Desenvolver um hambúrguer de peixe utilizando uma galactomanana e avaliar sua aceitabilidade pelos provadores.

Procedimentos: Sua participação nesta pesquisa consistirá em provar duas amostras de hambúrguer de peixe, possuindo cada amostra a quantidade aproximado de 20g, sendo um controle elaborada com o padrão comercial (transglutaminase) e uma elaborada com a galactomanana, servidos aleatoriamente. Entre a degustação de cada amostra será necessário consumir água para limpar o paladar. A avaliação dos produtos será realizada quanto aos critérios contidos na ficha de avaliação para os testes de aceitação, preferência e intenção de compra.

Benefícios: Esta pesquisa trará maior conhecimento sobre a utilização de ingrediente novo para a indústria de alimentos, sem benefício direto para o participante.

Riscos: A degustação e o preenchimento do formulário não representarão quaisquer riscos de ordem física ou psicológica, salvo se o senhor possuir qualquer tipo de **ALERGIA** a peixe, crustáceos e/ou frutos do mar. Sendo isto verdadeiro, o Senhor **NÃO PODERÁ PARTICIPAR** desta pesquisa. Caso venha a apresentar alguma reação adversa após o consumo das amostras, você será levado ao Frotinha de Antônio Bezerra, localizado na rua Cândido Maia, nº294, no Bairro Antônio Bezerra, o deslocamento será realizado em transporte providenciado pela pesquisadora para atendimento médico e será acompanhado até que os sintomas cessem.

Sigilo: As informações obtidas através de sua participação não permitirão a identificação de sua pessoa, exceto aos responsáveis pela pesquisa, tendo sua privacidade garantida pelos pesquisadores responsáveis. Você não receberá nenhum pagamento por participar da pesquisa e poderá se recusar a continuar participando da pesquisa e também poderá retirar o seu consentimento a qualquer momento, sem que isso lhe traga qualquer prejuízo.

Direito de recusar ou desistir do consentimento: O senhor não tem que participar desta pesquisa se não desejar ou, pode ainda escolher participar e depois desistir você pode, sem prejuízos para ambas as partes.

Endereço dos Responsáveis pela Pesquisa: Rua Francisco Galdino de Souza, nº 2645, Centro, Cascavel-CE

Instituição/Departamento: Universidade Federal do Ceará - UFC /Departamento de Tecnologia de Alimentos

Endereço Instituição: Av. Mister Hull, nº2977, Alagadiço, *Campus* do Pici, Bloco: 858 - DETAL

Telefones para contato: (85) 33669122 / (85) 99911-5286

ATENÇÃO: Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ - Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344/46. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira). O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

O abaixo assinado, _____, _____ anos, RG: _____, declara que é de livre e espontânea vontade que está como participante dessa pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. E declaro, ainda, estar recebendo uma via assinada deste termo.

Fortaleza, ____ de _____ de 20____.

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador Responsável

Assinatura da Testemunha (responsável não assina)

APÊNDICE B - FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DO HAMBÚRGUER DE PEIXE

Nome: _____

1. Teste de aceitação

Você está recebendo duas amostras de hambúrguer de peixe. Por favor, prove as amostras da esquerda para direita e avalie o quanto você gostou ou desgostou da amostra em relação a cada ATRIBUTO utilizando a escala a seguir:

- 9. Gostei extremamente
- 8. Gostei muito
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei ligeiramente
- 5. Nem gostei / nem desgostei
- 4. Desgostei ligeiramente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muito
- 1. Desgostei extremamente

Atributos	Amostras	
Aroma		
Cor		
Sabor		
Textura		
Impressão global		

Comentários: _____

2. Teste de preferência

Estamos fazendo uma pesquisa sobre a preferência do consumidor deste produto. Prove as duas amostras e indique a sua preferência.

MENOS preferida

MAIS preferida

3. Teste de intenção de compra

Por favor, agora indique qual o grau de certeza que você compraria ou não compraria este produto:

- 5. Eu certamente compraria este produto
- 4. Eu provavelmente compraria este produto
- 3. Tenho dúvidas se compraria ou não compraria este produto
- 2. Eu provavelmente não compraria este produto
- 1. Eu certamente não compraria este produto

Intenção de Compra	Amostras	

Comentários: _____

OBRIGADO PELA SUA PARTICIPAÇÃO!