



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

***SOUS VIDE* DE PIRARUCU (*Arapaima gigas*): PROCESSOS
TÉRMICOS E EMBALAGEM EM ATMOSFERA MODIFICADA**

BELÉM - PARÁ
2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

ENRIQUE JOSÉ GREGORIO PINO HERNÁNDEZ

***SOUS VIDE* DE PIRARUCU (*Arapaima gigas*): PROCESSOS
TÉRMICOS E EMBALAGEM EM ATMOSFERA MODIFICADA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lúcia de Fátima Henriques Lourenço

Co-Orientador: Prof. Dr. Raul Nunes de Carvalho Junior

BELÉM - PARÁ
2016

ENRIQUE JOSÉ GREGORIO PINO HERNÁNDEZ

**SOUS VIDE DE PIRARUCU (*Arapaima gigas*): PROCESSOS
TÉRMICOS E EMBALAGEM EM ATMOSFERA MODIFICADA**

Data de Avaliação: ____/____/____
Conceito: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Lúcia de Fátima Henriques Lourenço
(PPGCTA /ITEC/UFPA – Orientadora)

Prof. Dr. Raul Nunes de Carvalho Junior
(PPGCTA /ITEC/UFPA – Co-Orientador)

Prof. Dr. Éder Augusto Furtado Araújo
(FEA/ITEC/UFPA - Membro)

Prof. Dr. Rosinelson da Silva Pena
(PPGCTA /ITEC/UFPA - Membro)

Prof. Dr. Antonio Manoel da Cruz Rodrigues
(PPGCTA/ITEC/UFPA - Suplente)

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Pino Hernández , Enrique José Gregorio, 1990-
Sous vide de pirarucu (*Arapaima gigas*): processos
térmicos e embalagem em atmosfera modificada / Enrique
José Gregorio Pino Hernández. - 2016.

Orientadora: Lúcia de Fátima Henriques
Lourenço;

Coorientador: Raul Nunes de Carvalho
Junior.

Dissertação (Mestrado) - Universidade
Federal do Pará, Instituto de Tecnologia,
Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, Belém, 2016.

1. Alimentos- Conservação. 2. Pirarucu
(Peixe). 3. Alimentos- Microbiologia. I. Título.

CDD 22. ed. 664.9442

DEDICATORIA



A DEUS que sempre está presente em todos os momentos da minha vida; dedico com AMOR.

LUIS MARIANO RIVERA –

“Sin Amor No Hay Vida, Ni Luz, Ni Esperanza“

“Amar A Venezuela No Es Un Sentimiento, Es Una OBLIGACIÓN...”

AGRADECIMENTO

A DEUS,

A todos que de alguma forma fizeram possível o início e a finalização desta pesquisa:

Aos professores da Venezuela, a minha família e amigos.

À Organização de Estados Americanos (OEA) pelo seu Programa de Alianças pela Educação e a Capacitação (PAEC) e Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras, que me deu a possibilidade de fazer os estudos de Mestrado no Brasil.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela ajuda financeira, através de seu programa de bolsas.

A Universidade Federal do Pará que foi minha casa de estudo, à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESP), especialmente à Dra. Maria Iracilda Sampaio da Cunha por todo seu apoio. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), à coordenadora do programa do ano 2014, a minha Orientadora e meu Co-orientador, aos membros da banca examinadora, professores em geral, amigos, aos colegas dos laboratórios, e aos membros do Laboratório de produtos de origem animal (LAPOA) que foram uma grande família durante os dois anos de meu mestrado. Finalmente à família LABEX (supercrítico) excelente equipe.

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi avaliar o processo térmico no processamento de *sous vide*. Analisar os parâmetros de qualidade microbiológica, físico-química e sensoriais e determinar o tempo de vida útil em embalagens em atmosfera modificada do *sous vide* elaborado com a porção dorsal do pirarucu (*Arapaima gigas*). Os resultados das análises microbiológicas e físico-químicas da matéria-prima encontravam-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira. Também, Obteve-se que o pré-tratamento térmico a ser utilizado foi de 200°C durante 60s para cada lado do filé. Este processo foi modelado e os resultados das simulações estavam de acordo com os resultados dos testes experimentais. As melhores condições de pasteurização foram 60°C durante 568,8s e os controles das análises microbiológicas evidenciam ausência de *Salmonella spp.* Os valores dos parâmetros de qualidade como o pH, N-BVT e TBARS do filé e *sous vide* encontravam-se dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira. O perfil de ácidos graxos identificou altas proporções de C16:0 e DHA C 22:6 n-3 no filé, mas no *sous vide* o C18:0 apresentou-se mais elevado. As razões n-6/n-3 encontradas no filé e no *sous vide* encontravam-se dentro do valor recomendado. O filé não registrou teores (mg/kg) de Na, Cu, Ni, Pb e Hg superiores aos máximos permitidos pela legislação brasileira. Apesar de ter registrado a presença de algumas aminas no filé, no *sous vide* o índice de qualidade química que correlaciona às aminas, resultou em 0,49, o que indica que não há risco de toxicidade ao organismo humano. A vida útil do *sous vide* armazenado à 1°C em embalagem com atmosfera modificada, sendo a) vácuo, b) 70% CO₂ e 30% N₂, c) 60% CO₂ e 40% N₂ foi de 49, 35 e 28 dias, respectivamente. Este tempo foi determinado através das análises de componentes principais e análise múltipla de fatores os quais sugerem que os parâmetros de BVT-N e TBARS, parâmetros de cor (b* e C) e análise sensorial (aceitação, textura, sabor e aroma), estabeleceram a vida útil do *sous vide*.

Palavras-chave: pirarucu, processos térmicos, *sous vide*, atmosfera modificada.

ABSTRACT

The goal of the research was to evaluate the thermal process in the processing of sous vide. The parameters of microbiological quality, physical-chemical and sensory to determine the shelf-life in modified atmosphere packaging of sous vide prepared with the tenderloin portion of pirarucu (*Arapaima gigas*) were analyzed. The results of microbiological and physical-chemical analysis of the raw material were within the limits established by Brazilian law. Also, it was obtained that the thermal pre-treatment to be used was 200°C for 60s on each side of the fish fillet. This process was modeled the results from the study of and simulations according to the results of the experimental test. Best pasteurization conditions were 60°C for 568,8s and controls of microbiological analyzes show the absence of *Salmonella spp.* The values of the quality parameters such as pH, TVB-N and TBARS in the fish fillet and in the sous vide were within the limit established by Brazilian law. The fatty acid profile showed high proportions of C16: 0 and DHA C22: 6 n-3 in the fish fillet, but the sous vide C18: 0 showed up higher. The n-6 / n-3 ratios found in fish fillet and sous vide were within the recommended amount. The fish fillet did not register levels (mg / kg) of Na, Cu, Ni, Pb and Hg higher than the maximum allowed by Brazilian law. Despite having registered the presence of some amines in the fish fillet, in the sous vide the chemical quality index that correlates to the amines resulted low (0.49), which indicates that there is no risk of toxicity to the human body. The shelf-life of the sous vide stored at 1°C in modified atmosphere packaging, with a) a vacuum, b) 70% CO₂ and 30% N₂, c) 60% CO₂ and 40% N₂ were 49, 35 and 28 days, respectively. This time was determined by the principal component analysis and multiple factor analysis which suggest that the parameters TVB and TBARS, color parameter (b* and C) and sensory analysis (acceptance, texture, taste and aroma), determined the shelf-life of the sous vide.

Keywords: arapaima, thermal processes, *sous vide*, modified atmosphere.

INTRODUÇÃO

No mundo existe grande diversidade de espécies de peixes provenientes da aquicultura. A piscicultura de água doce, subtipo da aquicultura, é um dos sistemas de produção de alimentos que está crescendo constantemente, ajudando a diminuir os impactos da exploração sobre os estoques naturais de peixes. Por outro lado, o consumo de peixes provenientes da piscicultura reflete diferenças quanto ao hábito alimentar da população, quantidade e qualidade ofertada e método de conservação.

O Brasil possui grande potencial pesqueiro, sendo referência na América Latina pois sua piscicultura tornou-se um novo nicho mercado na economia e opção de consumo à população. Entre as espécies mais cultivadas e comercializadas especificamente na Amazônia, podem-se destacar a tilápia, o tambaqui, o pacu e o pirarucu. Algumas destas espécies ainda têm que ser estudadas no desenvolvimento de produtos com novas tecnologias.

Especificamente o pirarucu (*Arapaima gigas*) tem sido comumente comercializado em mantas salgadas e secas nos diversos mercados do Pará, mas o método de conservação é realizado artesanalmente, em condições higiênicas sanitárias não apropriadas, em peixes com indícios de deterioração, sendo sua comercialização sem embalagem. Além disso, os atributos sensoriais no músculo são totalmente modificados quando comparado com o peixe *in natura*.

As modificações na qualidade do peixe processado pela tecnologia da salga, as atuais exigências dos consumidores, juntamente com a necessidade da preservação dos pescados, mantendo as suas propriedades físico-químicas e qualidade microbiológica, tem motivado o interesse crescente no desenvolvimento de combinações e ou modificações de tecnologias de conservação.

A importância por desenvolver pesquisas que considerem várias tecnologias de conservação, visando a praticidade e mostrando a versatilidade dos produtos a base de peixe, tem combinado a pré-cozimento, a embalagem a vácuo, a pasteurização e a refrigeração, dando origem ao método *sous vide*.

O *sous vide* é objeto de vários estudos relacionados à conservação de produtos a base de peixe sob refrigeração, mantendo a suas características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas.

Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho foi elaborar *sous vide* de pirarucu (*Arapaima gigas*), estudar os efeitos dos processos térmicos e atmosfera modificada.

O escopo do trabalho apresenta a seguinte estrutura:

- **Capítulo I** Este capítulo teve como finalidade realizar revisão da literatura em quanto ao PEIXE, PARÂMETROS DE QUALIDADE E MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO;
- **Capítulo II** O objetivo deste capítulo foi analisar a SIMULAÇÃO, OTIMIZAÇÃO E CONTROLE DO PROCESSO TÉRMICO NO PROCESSAMENTO DE *SOUS VIDE* DE PIRARUCU (*Arapaima gigas*);
- **Capítulo III** A finalidade deste capítulo foi estudar a AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA, FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE *SOUS VIDE* DE PIRARUCU (*Arapaima gigas*) COM MOLHO DE TUCUPI E RESÍDUO DE CAMARÃO
- **Capítulo VI** Este capítulo teve como objetivo avaliar o EFEITO DA EMBALAGEM EM ATMOSFERA MODIFICADA EM *SOUS VIDE* DE PIRARUCU (*Arapaima gigas*) DURANTE O ARMAZENAMENTO SOB REFRIGERAÇÃO

SUMÁRIO

RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
INTRODUÇÃO	VIII
LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE TABELAS	XV
CAPITULO I: PEIXE, PARAMETROS DE QUALIDADE E PROCESO DE CONSERVAÇÃO	1-1
1 INTRODUÇÃO	1-3
2 REVISÃO DA LITERATURA	1-5
2.1 A SITUAÇÃO DA PESCA NO MUNDO	1-5
2.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O PIRARUCU	1-5
2.3 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL	1-6
2.4 DETERIORAÇÃO DE PESCADO.....	1-7
2.5 MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO DO PEIXE	1-9
2.6 <i>SOUS VIDE</i>	1-9
2.7 PROCESSOS TÉRMICOS	1-11
2.8 VIDA ÚTIL	1-13
2.9 EMBALAGENS EM ATMOSFERA MODIFICADA	1-15
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	1-18
CAPITULO II: SIMULAÇÃO, OTIMIZAÇÃO E CONTROLE DO PROCESO TÉRMICO NO PROCESSAMENTO DE <i>SOUS VIDE</i> DE PIRARUCU (<i>ARAPAIMA GIGAS</i>)	2-22
1 INTRODUÇÃO	2-24
2 MATERIAL E MÉTODOS	2-26
2.1 MATÉRIA PRIMA	2-26
2.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	2-26
2.4 ANÁLISES TÉRMICA E FÍSICO-QUÍMICAS	2-26
2.5 PRÉ-TRATAMENTO TÉRMICO DO FILÉ DE PIRARUCU	2-27
2.5.1 Simulação transferência de calor.....	2-28
2.6 ELABORAÇÃO DO <i>SOUS VIDE</i> DE PIRARUCU <i>IN NATURA</i>	2-29

2.7 OTIMIZAÇÃO DA PASTEURIZAÇÃO DE <i>SOUS VIDE</i> DE PIRARUCU.....	2-30
2.8 EFEITO DA TEMPERATURA NO PROCESSO DE PASTEURIZAÇÃO.....	2-31
2.9 ANÁLISE SENSORIAL	2-31
2.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	2-32
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	2-33
3.1 QUALIDADE MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DO FILÉ <i>IN NATURA</i>	2-33
3.2 MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS APÓS PRÉ-TRATAMENTO TÉRMICO.....	2-33
3.3 SIMULAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO NO FILÉ	2-35
3.4 OTIMIZAÇÃO DA PASTEURIZAÇÃO NO <i>SOUS VIDE</i> DE PIRARUCU.....	2-38
3.5 EFEITO DA MELHOR CONDIÇÃO TEMPERATURA E TEMPO DE PASTEURIZAÇÃO	2-44
3.5.1 Perfil de temperatura.....	2-44
3.5.2 Controle microbiológico.....	2-45
3.6 Análise sensorial	2-46
4 CONCLUSÃO	2-48
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	2-49

CAPÍTULO III: AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA, FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE *SOUS VIDE* DE PIRARUCU (*ARAPAIMA GIGAS*) COM MOLHO DE TUCUPI E RESÍDUO DE CAMARÃO.....

1 INTRODUÇÃO	3-55
2 MATERIAL E MÉTODOS	3-57
2.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA	3-57
2.4 CONTROLE MICROBIOLÓGICA.....	3-57
2.3 ELABORAÇÃO DO <i>SOUS VIDE</i> DE PIRARUCU <i>IN NATURA</i>	3-58
2.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	3-58
2.6 ANÁLISE SENSORIAL	3-59
2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	3-60
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	3-61
3.1 CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA	3-61
3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA	3-62
3.2.1 Composição centesimal	3-62
3.2.2 Físico-químicas	3-63
3.2.3 Perfil de ácidos graxos.....	3-66

3.2.4 Composição dos minerais do filé	3-68
3.2.5 Análises de aminos biogênicas.....	3-69
3.3 ANÁLISE SENSORIAL.....	3-70
4 CONCLUSÃO	3-71
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3-72
CAPÍTULO IV: EFEITO DA EMBALAGEM EM ATMOSFERA MODIFICADA EM SOUS VIDE DE PIRARUCU (ARAPAIMA GIGAS) ARMAZENADO EM REFRIGERAÇÃO	4-76_Toc447722949
1 INTRODUÇÃO	4-78
2 MATERIAL E MÉTODOS	4-81
2.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA	4-81
2.3 CONTROLE MICROBIOLÓGICO	4-81
2.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	4-81
2.5 ELABORAÇÃO DO MOLHO DO SOUS VIDE.....	4-82
2.6 ELABORAÇÃO DO SOUS VIDE DE PIRARUCU IN NATURA.....	4-83
2.8 VIDA ÚTIL DOS SOUS VIDE	4-84
2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	4-85
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	4-86
3.1 QUALIDADE MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DA MATÉRIA PRIMA	4-86
3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO MOLHO	4-86
3.3 VIDA ÚTIL DOS PRODUTOS EMBALADOS EM ATMOSFERA MODIFICADA.....	4-87
3.3.1 Mudança dos gases	4-87
3.3.2 Análises Microbiológicas.....	4-88
3.3.3 Análise de Componentes Principais (ACPs) físico-químicas e da cor ..	4-89
3.3.3 ACPs sensoriais	4-91
3.4 CORRELAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, COR INSTRUMENTAL E ATRIBUTOS SENSORIAIS.....	4-92
4 CONCLUSÃO	4-95
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4-96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Exemplar de pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>).....	1-5
Figura 1.2 - Localização geográfica do pirarucu.....	1-6
Figura 1.3 - Parâmetro sensorial da aparência global do <i>sous vide</i> de salmão processado <i>in natura</i> grelhado (a), grelhado com óleo (b), <i>in natura</i> (c) e <i>in natura</i> com óleo (d).	1-11
Figura 1.4 - Cor da superfície do músculo do peixe, mudanças de temperatura das amostras durante a grelhagem, em intervalos de tempo definidos.....	1-13
Figura 1.5 - Alterações de cor e aparência global em <i>sous vide</i> de peixe.....	1-14
Figura 1.6 - Embalagens utilizadas em <i>sous vide</i> e MAP a) Almofada, b) Saco, c) Barqueta.	1-16
Figura 2.1 - Filé do lombo de pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>).	2-26
Figura 2.2 - Modelo geométrico da amostra para modelagem computacional	2-29
Figura 2.3 - Termômetro no centro do produto para registro da temperatura.....	2-31
Figura 2.4 - A) escala de cor parâmetro L*, B) imagens digitais da superfície do filé de pirarucu, C) simulações do efeito da transferência de calor, D) escala de temperatura.	2-36
Figura 2.5 - Curva de nível e superfície de resposta mostrando o efeito da variação de cor.	2-41
Figura 2.6 - Curva de nível e superfície de resposta mostrando o efeito da textura.....	2-41
Figura 2.7 - Perfil dos valores preditos/otimizados e da desejabilidade das variáveis, aplicado ao processo de pasteurização do <i>sous vide</i>	2-43
Figura 2.8 - Perfil de temperatura para o melhor tratamento 60°C/568,8s	2-44
Figura 2.9 - Análises microbiológicas antes e após a pasteurização e do <i>sous vide</i>	2-45
Figura 2.10 - Avaliação dos atributos sensoriais no <i>sous vide</i> de pirarucu.	2-47

Figura 3.1- Representação dos cortes realizados no músculo do pirarucu: (L) lombo; (Ve) ventrecha; (V) barriga e (C) cauda.....	3-57
Figura 4.1- Ingredientes utilizados na elaboração do molho.....	4-82
Figura 4.2- Sistema de embalagem em atmosfera modificada.	4-84
Figura 4.3 - Cabinas de análises sensorial, julgadores e apresentação das amostras.....	4-84
Figura 4.4- Mudança dos gases CO ₂ e N ₂ das atmosfera modificadas.	4-87
Figura 4.5 - a) Projeção dos parâmetros físico-químicas nas diferentes condições de atmosfera modificada durante armazenamento. b) Projeção dos parâmetros de cor nas diferentes condições de atmosfera modificada durante armazenamento.	4-90
Figura 4.6 – Projeção dos atributos sensoriais sob tempo de armazenamento	4-92
Figura 4.7 – Projeção dos CPs 1 x CPs 2 dos parâmetros físico-químicos, cor e atributos sensoriais nas diferentes condições de atmosfera modificada durante armazenamento.	4-93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Composição centesimal do dorso e ventre do pirarucu.	1-7
Tabela 1.2 - Efeitos da temperatura de armazenamento e concentrações de lactato de sódio em <i>sous vide</i> de salmão sobre o tempo de desenvolvimento da toxicidade.	1-10
Tabela 1.3 – Temperatura/tempo de pasteurização em <i>sous vide</i> de peixes.	1-12
Tabela 1.4 - Concentrações gasosas e temperaturas de armazenamento para diferentes espécies de peixes em MAP.	1-17
Tabela 2.1 - Níveis das variáveis do processo utilizadas no desenho fatorial completo (2 ²) composto de pontos centrais e axiais.	2-30
Tabela 2.2 - Resultados experimentais obtidos para as diferentes condições de pré-tratamento térmico do filé de pirarucu.	2-33
Tabela 2.4 - Tempos experimentais e modelados para o aquecimento até 80°C no ponto central do filé.	2-35
Tabela 2.5 - Resultados experimentais para a CRA, ΔE e TI obtidos sob diferentes condições de pasteurização do <i>sous vide</i> de pirarucu.	2-39
Tabela 2.6 - Efeito estimado e grau de significância estatística tanto para o erro residual quanto para erro puro, para cada fator de CRA, ΔE e TI referente à otimização do processo.	2-40
Tabela 3.1 - Análises microbiológicas do filé e do <i>sous vide</i>	3-61
Tabela 3.2 - Análises físico-químicas do filé e do <i>sous vide</i>	3-63
Tabela 3.3 - Perfil de ácidos graxos do filé e do <i>sous vide</i>	3-67
Tabela 4.1 - Tratamentos utilizados nas embalagens em atmosfera modificada	4-83
Tabela 4.2 - Escala de qualidade usada na avaliação sensorial da vida útil dos produtos processados pela técnica <i>sous vide</i>	4-85
Tabela 4.3 - Características físico-química do molho utilizado no <i>sous vide</i>	4-86

CAPITULO I: PEIXE, PARÂMETROS DE QUALIDADE E PROCESSO DE CONSERVAÇÃO

RESUMO

O objetivo deste capítulo foi realizar uma revisão de literatura sobre os peixes, parâmetros de qualidade e processo de conservação. A espécie *Arapaima gigas* utilizada nesta pesquisa, é de origem amazônica, carnívora, sendo considerada como o maior peixe de escamas da água doce do planeta com excelente composição nutricional *in natura*. Por outro lado, foi abordada a deterioração do peixe, identificando-o como alimento altamente perecível, devido a suas características de elevada atividade de água (a_w) e pH próximo da neutralidade. Neste sentido, a deterioração do músculo do peixe pode provocar alterações dos compostos nitrogenados, do perfil de ácidos graxos e das aminas biogênicas, ocasionando a rejeição da matéria-prima ou do produto. Diante isto, as tendências da conservação dos peixes, visa a modificação e a combinação de técnicas de conservação como: a embalagem a vácuo, processo térmico e refrigeração, dando origem a métodos que garantem a qualidade microbiológica e físico-química dos produtos. O *sous vide* (do francês sob vácuo) é um dos métodos que combina as técnicas acima citadas, utilizado em peixes, mas sempre com o desafio da utilização de barreiras na elaboração do produto para evitar alterações tanto microbiológicas quanto físico-químicas indesejáveis. Os molhos com concentração de sal, ácidos orgânicos, lactato de cálcio ou sódio, e pH ácido, são utilizados como inibidores do crescimento microbiano, ajudando na conservação dos produtos.

Palavras-chave: *peixe*, qualidade, conservação, barreiras.

ABSTRACT

The goal of this chapter was to conduct a literature review on the fish, quality parameters and conservation process. The *Arapaima gigas* species used in this study originates from Amazon, carnivorous, considered as the largest squamous species of the planet's freshwater and of excellent nutritional composition in nature. On the other hand, the deterioration of fish was approached, identifying it as highly perishable food, due to its high water activity characteristics (a_w) and pH near to neutrality. In this sense, the deterioration of fish muscle can cause changes in nitrogenous compounds, the fatty acids profile and biogenic amines, causing the rejection of the raw material or product. Thus, the trends in conservation of fish aim to change and combine conservation techniques such as vacuum packaging, thermal processing and cooling, leading to methods that ensure the microbiological and physical-chemical quality in the products. The *sous vide* (french for under vacuum) is one of the methods that combines the techniques mentioned above, used in fish, but always with the challenge of using barriers in the development of the product to prevent both microbiological and physical-chemical undesirable changes. The sauces with salt concentration, organic acids, calcium or sodium lactate and acid pH were used as inhibitors of microbial growth, aiding in the preservation of the product.

Keywords: fish, quality, conservation, barriers.

1 INTRODUÇÃO

A pesca a nível mundial é caracterizada por serem de tipo extrativo ou proveniente da aquicultura. Nos últimos anos, a aquicultura melhorou sua produção contribuindo na conservação dos recursos aquáticos e no sustento alimentar desde os pequenos pescadores até os que trabalham nos grandes sistemas de cultivos (MPA; DEMOC; CGMIP, 2011).

Brasil, possui um grande potencial pesqueiro, com enorme diversidade de espécies de água doce (aquicultura), dentre essas espécies mais cultivadas destaca-se a tilápia e o tambaqui embora a produção de carpa, tambacu, pacu e pirarucu também tenha crescido (IBGE, 2013).

O pirarucu (*Arapaima gigas*) tem motivado o interesse crescente de piscicultores para sua exploração comercial, devido à carne de coloração naturalmente rósea e desprovida de espinhas, além de outras vantagens. A espécie *Arapaima gigas* é de água doce, encontra-se na natureza, mas pode ser criado em cativeiro. Possui excelente composição nutricional, de minerais, de ácidos graxos *in natura* e grande aceitação pela população (OLIVEIRA et al., 2014). Segundo OLIVEIRA, (2013) as instituições nacionais e internacionais recomendam a ingestão de peixes, ao menos duas vezes por semana, devido à superioridade nutricional dos peixes em comparação a outros produtos de origem animal, especialmente por ser fonte de proteínas de alto valor biológico.

Os peixes, classificam-se como alimento altamente perecível, devido a sua elevada atividade de água (aw) e pH próximo da neutralidade (SOUSA et al., 2014).

Os indicadores mais utilizados para verificar a qualidade físico-química nos pescados são a análise das bases voláteis totais e o grau de oxidação lipídica, pois quanto mais elevados os valores indicam baixa qualidade (grau de conservação) ou estado de putrefação.

Um método de conservação deficiente aplicado nos peixes, pode gerar a aparição das aminas biogênicas, que se podem desenvolver devido a que os peixes são ricos em aminoácidos livres. À presença das aminas em elevadas concentrações pode colocar em resgo a saúde dos consumidores.

Por isso, os peixes exigem cuidados especiais durante a manipulação, desde a captura até a comercialização, para manter suas características

microbiológicas, físico-químicas e nutricionais. Embora o pescado apresente uma contaminação primária, a partir de ecossistemas aquáticos contaminados, o manuseio após a captura, representado pelas etapas de beneficiamento, conservação e armazenamento, é indicado como o fator determinante da qualidade microbiológica do produto final (SOUSA et al., 2014).

Diante disso, a utilização de métodos combinados ou modificados de conservação é importância e continua sendo um grande desafio. Neste sentido, o *sous vide* (do francês sob vácuo) é um método que aplica a combinação de técnicas que foi desenvolvida por Georges Pralus na década de 1970, que permite a conservação e a permanência das suas características físico-químicas e nutricionais, além de garantir a segurança microbiológica (BALDWIN, 2012)

O *sous vide* permite a mistura de alimentos crus ou cozidos (selados termicamente com óleo), com molhos de baixo pH, sendo embalados a vácuo, pasteurizados ($\leq 100^{\circ}\text{C}$) e, logo em seguida, diminuir a temperatura no centro do produto até 0°C , sendo sua conservação sob refrigeração, necessitando de aquecimento antes do consumo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A Situação da Pesca no Mundo

A produção mundial de peixe tem incrementado nas últimas cinco décadas, oferecendo aproximadamente 158.000.000 toneladas, somente no ano 2012; o maior produtor nesse ano foi a China com aproximadamente 13.869.604 toneladas (FAO, 2014). A produção depende tanto da pesca extrativa quanto da aquicultura; no caso do Brasil, nos últimos anos, a aquicultura melhorou na posição global de forma significativa, destacando-se entre os países da América Latina, com uma produção total em 2013, de 392.493 toneladas (IBGE, 2013).

A piscicultura contribui na conservação dos recursos aquáticos e no sustento alimentar desde os pequenos pescadores até os que trabalham nos grandes sistemas de cultivos (MPA; DEMOC; CGMIP, 2011).

No Brasil, a região com maior produção de peixe é a Centro-Oeste seguida das regiões Sul, Nordeste, Norte e Sudeste. As espécies mais cultivadas a tilápia e o tambaqui embora a produção de carpa, tambacu, pacu e pirarucu também tenha crescido (IBGE, 2013).

2.2 Considerações Gerais Sobre o Pirarucu

O pirarucu é o maior peixe de escamas da água doce do planeta (Figura 1.1), existem exemplares que tem mais de 200 kg de peso e alcançam até 3,0 m de comprimento (FARIAS et al. 2015; ORTIZ et al. 2007). Pertence à família *Arapaimatidae*, ordem *Osteoglossiformes*, classe *Acnopterygii*, gênero e espécie (*Arapaima gigas*) (CASTELLO, 2008; CURREY, 2010; MPA; DEMOC; CGMIP, 2011).



Figura 1.1 - Exemplar de pirarucu (*Arapaima gigas*).
Fonte: (CLARK, 2013).

No Brasil, o nome comum é pirarucu (pira = peixe; urucu = vermelha - cor característica da semente da planta do urucum – *Bixa orellana*) e bodecos (filhotes – região amazônica); na Guiana, é arapaima e paiche no Perú e Equador e pacu em Colômbia (NAVA et al., 2010).

A localização geográfica do pirarucu (Figura 1.2) é na América do Sul; especificamente no Brasil, na bacia Amazônica, em lagos e rios de pouca correnteza, águas escuras, quentes e sem variadas elevações climáticas e tranquilas. Sua ocorrência dá-se nos cursos do rio Amazonas, desde o Orinoco (Guianas) até o Ucayali, encontram-se nas ilhas do Marajó, estado do Pará, e nas bacias do Médio e Baixo Araguaia e Tocantins (ORTIZ et al., 2007).



Figura 1.2 - Localização geográfica do pirarucu.

Fonte: (SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE BIODIVERSIDAD DE COLOMBIA, 2012).

2.3 Composição Nutricional

Segundo FAO (2014), o peixe é um alimento de excelente valor nutricional, com proteínas de alto valor biológico, rico em micronutrientes essenciais tais como: minerais e vitaminas, aceitáveis níveis de gorduras saturadas, ácidos graxos poli-insaturados e monoinsaturados, dentre os quais destacam-se os ácidos eicosapentaenóico e docosaexaenóico. Neste sentido, alimentos de origem aquática, advindos da pesca e aquicultura, são muito importantes para a alimentação humana, pois 150g de peixe proporcionam cerca do 50% a 60% das proteínas indispensáveis para uma pessoa adulta.

O pirarucu (*Arapaima gigas*) é um exemplo de peixe de água doce, que possui excelente composição nutricional *in natura*. O conhecimento desta

composição é importante no que se refere à aplicação de processos tecnológicos após da captura, para que sejam suficientemente seguros e se mantenha a qualidade físico-química e nutricional do peixe.

Na Tabela 1.1 encontram-se os valores da composição centesimal de duas regiões corpóreas, dorso e ventre; sendo que nesta última os níveis de lipídios são maiores, o que pode provocar o desenvolvimento de compostos orgânicos indesejáveis pela oxidação de lipídios. Segundo IMBIRIBA (2001), o músculo desse peixe amazônico apresenta um teor de proteína superior às dos peixes salmão, sardinha e músculo bovino.

Tabela 1.1 - Composição centesimal do dorso e ventre do pirarucu.

Determinações (%)	Dorso	Ventre
Umidade	79,51 ^a ± 0,52	77,88 ^a ± 0,53
Proteína	17,56 ^a ± 0,12	16,10 ^a ± 0,37
Lipídios	0,62 ^b ± 0,02	2,49 ^a ± 0,03
Cinza	0,87 ^a ± 0,06	0,84 ^a ± 0,05
Carboidratos ⁽²⁾	1,44	2,69

*Média ± desvio padrão (n=3), *Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$); mesma letra na linha indica que não há diferença estatística ($p < 0,05$). ⁽²⁾ Calculado por diferença em relação a 100%.

Fonte: OLIVEIRA et al. (2014).

2.4 Deterioração de Pescado

Os peixes, classificam-se como alimento altamente perecível, devido as características intrínsecas, como sua elevada atividade de água (aw) e pH próximo da neutralidade (HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2013; SANTOS; OLIVEIRA, 2012; SOUSA et al., 2014). Portanto, devem ser aplicados cuidados adequados durante a captura e aplicar métodos de conservação nos produtos marinhos, para retardar todas as reações de deterioração, até chegar ao consumidor (SOUSA et al, 2014), que vão influenciar na qualidade físico-químico e microbiológica, proporcionando alterações indesejáveis no peixe.

Uns dos indicadores mais utilizados para verificar a qualidade físico-química nos pescados é a análises das bases voláteis totais, que são compostos nitrogenados, caracterizados pela presença de amoníaco, a trimetilamina, a dimetilamina e a metilamina. De acordo com a legislação

(BRASIL, 1997), estabelece 30mg de BVT/100g de músculo de pescado como valor limite para comercialização no Brasil.

Por outro lado, o grau de oxidação lipídica é outro dos indicadores de qualidade físico-química. É determinado pelo índice da reação ao ácido tiobarbitúrico (TBA) que quantifica o malonaldeído, um dos principais produtos formados durante o processo oxidativo. Não entanto, não há na legislação brasileira um valor máximo permitido de TBA para pescado, sendo preocupante industrialmente, pois quanto mais elevados os valores indicam baixa qualidade (grau de conservação) ou estado de putrefação.

As aminas biogênicas são assim chamadas devido a sua origem biológica. Podem-se desenvolver nos alimentos de origem animal devido serem ricos em aminoácidos livres e suscetíveis a deterioração. O seu teor aumenta post-mortem, devido à elevada quantidade de enzimas proteolíticas presentes no trato intestinal, combinada com o rápido processo autolítico (CARDOZO et al., 2013).

A qualidade dos produtos da aquicultura é em grande parte determinada pelas características microbiológicas. Além da microbiota autóctone dos peixes, após da morte, eles também podem ser contaminados por deterioração e bactérias patogénicas provenientes não só do ambiente aquático, mas também do processamento inadequado e armazenamento (SOUSA et al., 2014).

Os micro-organismos Estaf.coag.positiva/g, *Salmonella spp*/25g e Coliformes a 45°C/g sobre os quais a legislação brasileira (BRASIL, 2001) estabelece limites em peixes, quase sempre não alteram a aparência do mesmo, mas a limitação decorre da patogenicidade ao homem.

Quanto às características microbiológicas para o *sous vide*, segundo JUNEJA E SNYDER, (2007), a contagem dos mesófilos e psicotróficos devem ser eliminados pela etapa de pasteurização. De outro lado, segundo SOARES e GONÇALVES, (2012), recomendam-se a análises de *Salmonella spp*, pois é um micro-organismo potencialmente capaz de causar doenças transmitidas pelo consumo de pescado. Além disso, segundo Espinosa et al. (2015) a utilização de produtos vegetais frescos e ervas para preparar o molho influenciam negativamente nas contagens microbianas, é por isso, que deve-se cuidar e controlar o peixe, desde a aquisição da matéria-prima até a manipulação e o processamento.

Quando se produz alteração ou deterioração do peixe fresco, as mudanças nos fatores intrínsecos e extrínsecos estão relacionadas entre si. Segundo SIKORSKI (1994), as alterações mais perceptíveis são observadas nas características sensoriais como a cor, textura e o odor: nos peixes a cor varia de branco-amarelo a cinza tornando-se opaco; na textura, diminui a elasticidade e a dureza, passando de gelatinosa a pastosa; o odor de neutro a intenso com matizes estranhos, evidenciando decomposição.

2.5 Métodos de Conservação do Peixe

Um dos métodos mais comuns e rápidos são os baseados na aplicação de baixas temperaturas; ainda assim, são utilizados outros processos de conservação como a desidratação, a salga, a defumação, o calor, o ultrassom, a fermentação, a irradiação, a liofilização e a atmosfera modificada (MANTILLA et al., 2010).

O pirarucu é tradicionalmente distribuído na forma de mantas salgada e seca, obtidas através de processo artesanal. Segundo NUNES et al. (2012), este produto é armazenado inadequadamente e comercializado em condições higiênico-sanitárias insatisfatórias, o que torna-se de risco à saúde do consumidor, quando comparado aos padrões microbiológicos requeridos para peixes salgados e secos, previsto na legislação brasileira (BRASIL, 2001).

Na atualidade a sociedade exige continuamente produtos semi-acabados ou acabados, de qualidade sensorial, nutricional e custos compatíveis (IGLESIAS; CABEZAS; NUEVO, 2006). Segundo FDA (2013), o emprego e a combinação das seguintes técnicas: embalagem a vácuo, processo térmico e refrigeração, oferecem benefícios para: criar ambientes anaeróbicos, prevenir a degradação ou processo de oxidação e redução da perda da água dos alimentos.

2.6 *Sous Vide*

O *sous vide* (do francês sob vácuo) é uma combinação de técnicas que foi desenvolvida por Georges Pralus na década de 1970 para o Restaurante Troisgros, em Roanne, na França (BALDWIN, 2012). A técnica pode ser empregada nos alimentos crus ou parcialmente cozidos (chapa aquecida, *grill* ou assado), embalados em atmosfera modificada, hermeticamente selados,

pasteurizados, controlando o binômio tempo/temperatura (<100°C), para preservar as características sensoriais e nutricionais (FDA, 2013). Finalmente, o produto deve ser armazenado a temperaturas entre 0-3°C e aquecido antes do consumo (SZERMAN et al., 2007).

Segundo BALDWIN (2012), os peixes como matéria prima, podem ser empregados para o desenvolvimento de produtos com a técnica *sous vide*, podendo serem utilizados frescos, sem escamas ou espinhas (filés).

Na elaboração de *sous vide* pode ser empregado molhos com concentração de sal, ácidos orgânicos, lactato de cálcio ou sódio e pH ácido, que em certas concentrações inibem o crescimento microbiano (FDA 2013). O emprego de molhos com pH ≤ 2 é recomendado para atingir um pH de equilíbrio peixe/molho <4,6 e garantir a segurança microbiológica (PDA 2009; PARZANESE, 2014).

Os molhos com diferentes concentrações de lactato de sódio especificamente e temperatura de armazenamento atuam para influenciar o tempo de vida útil do produto (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 - Efeitos da temperatura de armazenamento e concentrações de lactato de sódio em *sous vide* de salmão sobre o tempo de desenvolvimento da toxicidade.

Produto	Lactato de Sódio (%, w/w)	Produção da toxina do <i>Clostridium botulinum</i> (dias)			
		4°C	8°C	12°C	30°C
Salmão	0	60	8	4	1
	2,4	90	12	6	2
	4,8	>90	>90	>40	4

Fonte: (MENG; GENIGEORGIS, 1994; SCHELLEKENS, 1996).

O *sous vide* de salmão (Figura 1.3) é processado *in natura* grelhado, grelhado com óleo, *in natura* e *in natura* com óleo, nos quatro casos evidenciam-se as características sensoriais de aparência global e a separação das proteínas. O precipitado de cor branco na embalagem além do músculo do peixe, é resultado da coagulação das proteínas durante a pasteurização. Quando o músculo de salmão processado com óleo oferece melhor aparência

global, a textura e o sabor (RAMOS, 2004). A adição de óleo no peixe antes da pasteurização do *sous vide*, permite que a proteína permaneça fora da porção do músculo e se desloque para o fundo da embalagem, mantendo o filé com a cor mais aceitável.



Figura 1.3 - Parâmetro sensorial da aparência global do *sous vide* de salmão processado *in natura* grelhado (a), grelhado com óleo (b), *in natura* (c) e *in natura* com óleo (d).

Fonte: CHEFSTPS (2015).

O tucupi é o subproduto vegetal da obtido da raiz da mandioca, parcialmente fermentado da manipueira. A sua cor varia de amarelo claro ao amarelo intenso quando é homogeneizado, e seu sabor é levemente ácido com aroma característico (AZEVEDO, 2012). O tucupi é um produto tradicional da culinária paraense, empregado como ingrediente principal em diferentes formulações (BRASIL, 2008; IBGE, 2010). O produto é utilizado em molhos, melhorando as características sensoriais como a suculência no músculo do peixe, que é importante para a aceitação do consumidor.

2.7 Processos Térmicos

O desafio de desenvolver processos térmicos favoráveis que garantam a conservação e assegurem a qualidade final do produto, pois altas temperaturas são as responsáveis por algumas alterações no músculo, tais como a textura, o sabor e a cor (MATSUDA et al., 2013), portanto, o estabelecimento do binômio tempo/temperatura para cada produto é indispensável. A Tabela 1.3 mostra

binômios tempo/temperatura de algumas espécies de peixes processadas pela técnica de *sous vide*.

Tabela 1.3 – Temperatura/tempo de pasteurização em *sous vide* de peixes

Espécies de peixes	Binômio tempo/temperatura
Salmão	50°C/ 1h
Trucha	90°C/ 10 min
Atum	20°C/ 20 min
Mero	90 °C/ 20 min

Fonte: recopilación de (DÍAZ, 2009).

Durante o aquecimento as fibras e as proteínas do músculo sofrem algumas mudanças que vão incidir na perda água (<suculência/seco) e na cor. A ação do calor resulta na coagulação, desnaturalização e solubilização proteica, iniciado a partir de 65°C e acima de 75°C endurecem (COENDERS, 1996). As proteínas miofibrilares (principalmente actina e miosina) e as proteínas do tecido conjuntivo (principalmente colágeno) se contraem ao serem aquecidas, enquanto as proteínas sarcoplasmáticas se expandem (BALDWIN, 2008), evidenciando-se em processos de cocção dos produtos.

Segundo MATSUDA et al. (2013), métodos como grelhar (Figura 1.4), são utilizados na indústria de alimentos, pois apresentam produtos mais suculentos, com cor na superfície e, com tempos de cozimentos mais curtos. Segundo COENDERS, (1996), a crosta externa típica dos alimentos assados é conseguida quando a grill/chapa se encontra em temperaturas que oscilam entre 175 e 200°C.

Para o *sous vide* o processo térmico, está condicionado significativamente à carga microbiana; considere-se a *Salmonella spp.*, um patógeno alimentar que não morre instantaneamente e que apresenta uma redução decimal a cada 5,48 minutos a 60°C (SILVA; GIBBS, 2012). Segundo BALDWIN (2008) para porções de 5, 10 e 15 mm pasteurizados a 65°C devem permanecer 17, 27, 38 minutos, respectivamente; no caso do emprego de temperatura a 66°C os tempos são de 14, 24 e 35 minutos, respectivamente, no banho de Maria, para reduzir os micro-organismos não formadores de esporas a níveis seguros.

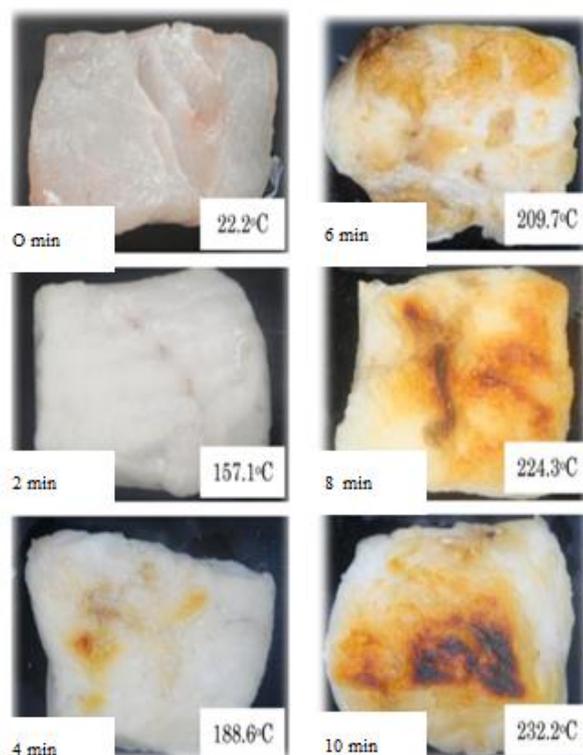


Figura 1.4 - Cor da superfície do músculo do peixe, mudanças de temperatura das amostras durante a grelhagem, em intervalos de tempo definidos. Fonte: (MATSUDA et al., 2013).

Segundo PECK; STRINGER (2005), se recomenda o emprego de temperaturas entre 65 e 95°C, por um tempo entre 10 à 60 min, com um resfriamento rápido, até diminuir a temperatura no centro do produto a 0°C. As recomendações segundo (ACMSF, 2001) são: pasteurização em produtos sob vácuo equivalentes a 90°C por 10 minutos, devido à resistência do *Clostridium botulinum*; além disso, tem probabilidade da proliferação de *Listeria monocytogenes*, pelo que recomendam temperatura de 70°C durante 2 minutos e seu posterior armazenamento $\leq 3^{\circ}\text{C}$.

De outro lado, micro-organismos mesófilos e psicotróficos devem ser eliminados do peixe pela etapa de pasteurização (JUNEJA; SNYDE, 2009), No entanto, é indispensável contar com qualidade microbiológica nas diferentes matérias-primas utilizadas no processo de elaboração do *sous vide*.

2.8 Vida Útil

A vida útil tem sido definida como o tempo no qual o produto alimentício irá permanecer seguro, manter as características microbiológicas, físico-

químicas e sensoriais; além, de cumprir com as especificações do prazo de validade declaradas na rotulagem (FIB, 2011a).

Para desenvolver corretamente o estudo de vida de prateleira dos produtos alimentícios é preciso conhecer: fatores internos e externos que influenciam na velocidade das reações de deterioração; entre tais fatores devem-se considerar: a formulação, o processamento, a embalagem e as condições de estocagem. Em relação, com a velocidade das reações microbiológicas, químicas e sensoriais no produto, estabelecem-se relações quantitativas entre causa e efeito (reações/tempo), permitindo assim, comparar e determinar as mudanças da qualidade e estabelecer o tempo de vida de prateleira (FIB, 2011b).

Para analisar a vida útil dos produtos pode-se empregar o estudo de Teste Acelerados de Vida de Prateleira (TAVP), o qual fornece informação estratégica para o armazenamento e conseqüentemente gerenciar melhoras na sua distribuição e informar as condições ideais de sua conservação aos consumidores (FIB, 2011b).

Segundo THEYS et al. (2008), a vida útil do *sous vide* apresenta estabilidade de 4 a 9 semanas. O armazenamento do *sous vide* em temperatura $\leq 3^{\circ}\text{C}$, controlada de forma estrita, pode prevenir o crescimento de bactérias psicotróficas formadoras de esporos (PECK; STRINGER, 2005), não sendo decisivas para deter a vida de prateleira. Embora, os aspectos sensoriais (Figura 1.5) produzidos por atividade enzimática e química, podem ser significativos para deter a vida útil do *sous vide* (NYATI, 2000), pois evidenciam-se alterações globais no produto, com rejeição do consumidor.



Figura 1.5 - Alterações de cor e aparência global em *sous vide* de peixe.
Fonte: (ALMEIDA, 2009).

A análise sensorial é mais eficaz para avaliar a deterioração em produtos *sous vide*, em comparação aos parâmetros físico-químicos. A informação obtida pela perda da aceitação nem sempre é acompanhada de notáveis elevações nos índices de oxidação lipídica, mudanças evidentes de cor ou informações obtidas do texturômetro (ALMEIDA, 2009). Os estudos sensoriais com consumidores são mais interessantes pelo fato de serem estes os que, na realidade, decidem pela aceitação do produto depois de certo tempo de estocagem (HOUGH et al., 2003).

A metodologia estatística composta por técnicas de Análise Multivariada têm sido amplamente utilizadas em diversas áreas do conhecimento, motivadas por variadas aplicações. Na área de alimentos, pode ser empregada pela avaliação da vida útil de produtos em função de suas características microbiológicas, físico-químicas e atributos sensoriais é recomendada, pois são métodos de análises de dados que visam à redução, eliminação de sobreposição e escolha das formas mais representativas, de maneira a identificar com maior facilidade a relação entre características extraídas de dados (MOITA NETO; MOITA, 1998; ROSSINI; ANZANELLO; FOGLIATTO, 2012).

A vida útil dos alimentos perecíveis conservados em atmosferas ricas em oxigênio é limitada e o crescimento de micro-organismos aeróbios produtores de alterações é exponencial, promovendo mudanças de odor, sabor, cor e textura, conduzindo à perda da qualidade. A modificação da atmosfera que rodeia o alimento na embalagem prolonga significativamente a vida útil dos alimentos, quando comparados à refrigeração, podendo chegar a um aumento de três a quatro vezes (TEODORO; BRANCO; MANO, 2007).

2.9 Embalagens em Atmosfera Modificada

O método de embalagem em atmosfera modificada (EAM) ou *Modified Atmosphere Packaging* por suas siglas em inglês (MAP), consiste em modificar a atmosfera composta principalmente de nitrogênio (78% N₂), dióxido de carbono (0,03% CO₂), e oxigênio (21% O₂), no momento da embalagem com a introdução de gás (SANTOS; OLIVEIRA, 2012); é especialmente preparada para cada tipo de alimento e atua como barreira que permite controlar, as

reações químicas, enzimáticas e inibe o crescimento dos micro-organismos, além manter as características de cada produto (MANTILLA et al., 2010).

As embaladoras de vácuo geram uma atmosfera modificada mediante as técnicas de vácuo; para isso, utilizam-se recipientes pré-fabricados flexíveis segundo se apresentam na Figura 1.6.

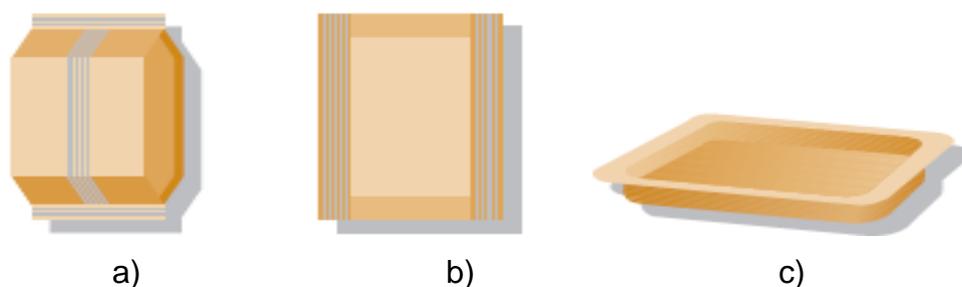


Figura 1.6 - Embalagens utilizadas em *sous vide* e MAP. a) Almofada, b) Saco, c) Barqueta.

Fonte: (IGLESIAS; CABEZAS; NUEVO, 2006).

Os sistemas de embalagem selecionados devem ter espaço livre aceitável para proporcionar gás suficiente para interagir com o produto inteiro. Parte do CO_2 é absorvido pelo produto e outra é perdida através do material de embalagem, ou seja, no interior da embalagem, a atmosfera gasosa muda continuamente durante o período de armazenamento em refrigeração (BLAKISTONE, 1999); portanto, é recomendável levar em consideração o estudo destas mudanças durante o tempo de *vide de prateleira*.

O dióxido de carbono (CO_2) é o principal gás utilizado nas embalagens com atmosfera modificada, pelos efeitos bacteriostático e fungistático; pois, diminui o pH intra/extracelular dos tecidos (GOPAL e SHANKAR, 2011), inibe o desenvolvimento de bactérias responsáveis pela degradação do produto pronto. A inibição do crescimento microbiano aumenta à medida que a temperatura decresce devido a maior solubilidade do CO_2 presente na embalagem na fase aquosa do alimento; sendo possível que alguma parte do CO_2 se dissolva na fase lipídica do alimento ((SIVERTSVIK; ROSNES; JEKSRUD, 2004). O nitrogênio, apresenta baixa solubilidade em água e gordura; preenche o espaço livre da embalagem e não é absorvido pelo produto, prevenindo assim o colapso da embalagem devido à dissolução do CO_2 (ÖZOGUL; POLAT; ÖZOGUL, 2004).

A utilização de elevadas concentrações de CO₂ em pescado não é recomendada, pois têm sido referidas algumas alterações sensoriais, como na textura e da cor associadas a este fato, pelo que é frequente a utilização de misturas (Tabela 1.4) que contenham 40% a 70 % CO₂, em combinação com N₂ (GONÇALVES, 2011).

Tabela 1.4 - Concentrações gasosas e temperaturas de armazenamento para diferentes espécies de peixes em MAP.

Produto	Composição da atmosfera modificada (CO ₂ /N ₂ %)	Temperatura de armazenamento (°C)
Salmão	40/60	2-4
Sardinha	60/40	4
Cabala	40/60	2-4

Fonte: (SIVERTSVIK; JEKSRUD; ROSNES, 2002).

As técnicas de MAP são usadas em uma ampla diversidade de alimentos frescos ou refrigerados; no caso específico dos peixes e outros produtos do mar, que comercializam-se com qualidade quase igual al produto fresco, embora, esta e outras vantagens dependem de cada espécie, da mistura de gases da atmosfera e da temperatura de armazenamento (SANTOS; OLIVEIRA, 2012).

Pesquisa desenvolvida com bacalhau, tilápia e salmão não detectaram a toxina do *Clostridium botulinum* em embalagens em MAP (a vácuo, 75% CO₂ e 25% N₂) a 4°C, (SANTOS; OLIVEIRA, 2012). Filé de salmão fresco com atmosfera composta de CO₂ com a adição de salmoura de diferentes compostos, apresentou maior conservação da qualidade microbiológica, durante 14 dias de armazenamento a 4°C (SANTOS; OLIVEIRA, 2012).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADVISORY COMMITTEE ON THE MICROBIOLOGICAL SAFETY OF FOOD - ACMSF. Guidance on the Safety and Shelf-Life of Vacuum and Modified Atmosphere Packed Chilled Foods With Respect To Psychrotrophic *C. Botulinum*. **Food Standars Agency**, v. ACM/548, p. 1–10, 2001.

ALMEIDA, H. C. G. DE. Elaboração de *sous vide* com espécies de peixes de cultivo da Amazônia Belém. **Universidade Federal do Pará. Dissertação de Mestrado, Programa de Pos-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Belém, 2009.**

BALDWIN, D. A Practical Guide to *Sous vide* cooking. Disponível em: <<http://www.saberdosabor.com.br/sous-vide.pdf>>. Acesso em: 5/6/2015.

BALDWIN, D. E. *Sous vide* cooking: A review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 1, n. 1, p. 15–30, 2012. Elsevier.

BLAKISTONE, B. A. Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods. **Editorial .T. Parry, Glasgow, UK, Blackie.**, p. 293, 1999.

BRASIL. Resolução RDC nº 185, de 13 de maio de 1997. **/aprovacao de Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Peixe Fresco. Ministerio de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. D.O.U. - Diário Oficial da União, de 22 de Outubro de 2001. Legislação Federal, 1997.**

BRASIL. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. **Aprova o Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. Diário Oficial da União, de 02 de janeiro de 2001. Legislação Federal, 2001.**

CARDOZO, M.; LIMA, K. S. C.; FRANÇA, T. C. C.; LIMA, A. L. S. Biogenic Amines: A Public Health Problem. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 2, p. 149–168, 2013.

CASTELLO, L. Nesting habitat of *Arapaima gigas* (Schinz) in Amazonian floodplains. **Journal of Fish Biology**, v. 72, n. 6, p. 1520–1528, 2008.

CHEFSTEPS. Level Up: *Sous vide*. Disponível em: <<https://www.chefsteps.com>>. Acesso em: 5/7/2015.

CLARK, B. H. (Newly Re-described) *Arapaima*: Freshwater Species of the Week. **National Geographic Voices: Ideas and Insight From Explorers**, 2013.

COENDERS, A. Química Culinaria: Estudio de lo que Sucede a los Alimentos. **Zaragoza, España. Editorial Acribia**, p. 304, 1996.

CURREY, J. D. Mechanical properties and adaptations of some less familiar bony tissues. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 3, n. 5, p. 357–372, 2010.

DÍAZ, P. M. Calidad y deterioro de platos "sous vide" preparados a base de carne y pescados y almacenados en refrigeración. **Universidad de Murcia. Tesis Doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos, Nutrición y Bromatología**, 2009.

ESPINOSA, M.; LOPEZ, G.; DIAZ, P.; LINARES, M.; GARRIDO, M. Development of a convenience and safety chilled *sous vide* fish dish: Diversification of aquacultural products. **Food Science and Technology International**, n. 1, p. 1–11, 2015.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges. **Food & Agriculture Organisation, Fisheries and Aquaculture Department**. 2014.

FDA. Food Code: Recommendations of the United States Public Health Service Food and Drug Administration. **Department of Health and Human Service, USA**, p. 768 p, 2013.

FIB. Dossiê conservantes. **Revista FI: Food Ingredients Brasil**, v. 18, p. 28–51, 2011a. Disponível em: <ww.revista-fi.com>. Acesso em: 5/7/2015.

FIB. Shelf Life: Uma Pequena Introdução. **Revista FI: Food Ingredients Brasil**, v. 18, p. 67–73, 2011b.

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

HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, M.; GALLARDO-VELÁZQUEZ, T.; OSORIO-REVILLA, G.; et al. Prediction of total fat, fatty acid composition and nutritional parameters in fish fillets using MID-FTIR spectroscopy and chemometrics. **LWT - Food Science and Technology**, v. 52, n. 1, p. 12–20, 2013.

HOUGH, G.; LANGOHR, K.; GÓMEZ, G.; CURIA, A. Survival Analysis Applied To Female Fertility. **JFS: Sensory and Nutritive Qualities of Food**, v. 68, n. 1, p. 359–362, 2003.

IBGE. Produção da Pecuária Municipal. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro**, p. 108, 2013.

IGLESIAS, E. G.; CABEZAS, L. G.; NUEVO, J. L. F. Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. **Madrid: CIBT; CEIM; ASEACAM. Informe de Vigilancia Tecnológica**, p. 143, 2006.

IMBIRIBA, E. P. Potencial de criação de pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. **Acta Amazônica**, v. 2, n. 31, p. 299–316, 2001.

JUNEJA, V. K.; SNYDE, O. P. *Sous vide* and cook-chill processing of foods: concept development and microbiological safety. **In advances in Thermal and Non Thermal Food Preservation**, v. 8, p. 145–163, 2009.

MANTILLA, S. S.; SANTOS, É. B.; VITAL, H. DE C.; MANO, S. B.; FRANCO, R. M. Atmosfera Modificada e Irradiação: Métodos Combinados de Conservação e

Inocuidade Alimentar. **Revista Científica Electrónica de Medicina Veterinária**, v. 8, n. 15, 2010.

MATSUDA, H.; LLAVE, Y.; FUKUOKA, M.; SAKAI, N. Color changes in fish during grilling – Influences of heat transfer and heating medium on browning color. **Journal of Food Engineering**, v. 116, n. 1, p. 130–137, 2013.

MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, v. 21, n. 4, p. 467–469, 1998.

MPA; DEMOC; CGMIP. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura. **Ministério da Pesca e Aquicultura**, p. 60, 2011.

NAVA, A. F.; PAULINA, A.; BROWN, A.; et al. Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. **FAO, Serie Acuicultura en Latinoamérica**, v. 1, p. 204, 2010.

NUNES, E. S. C. L.; FRANCO, R. M.; MARSICO, E. T.; NEVES, M. DA S. Qualidade do pirarucu (*Arapaima gigas* Schinz, 1822) salgado seco comercializado em mercados varejistas. **Rev Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 3, p. 520–529, 2012.

OLIVEIRA, J. M. DE. O peixe e a saúde: das recomendações para o consumo às possibilidades ambientais de atendê-lo. , v. 20, n. 19, p. 141–146, 2013.

OLIVEIRA, P. R. DE; JESUS, R. S. DE; BATISTA, G. M.; LESSI, E. Avaliação sensorial , físico-química e microbiológica do pirarucu (*Arapaima gigas* , Schinz 1822) durante estocagem em gelo Sensorial , physicochemical and microbiological assessment of pirarucu. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 1, p. 67–74, 2014.

ORTIZ, W. S.; DAYANA, R.; SALCEDO, L.;RUÍZ, C.; NELSON, J.; MACÍAS, L. Potencial acuicola de pirarucú (*Arapaima gigas*) en la cuenca amazónica. **Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola**, v. 2, p. 75–83, 2007.

ÖZOGUL, F.; POLAT, A.; ÖZOGUL, Y. The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*). **Food Chemistry**, v. 85, n. 1, p. 49–57, 2004.

PARZANESE, M. Tecnologías para la Industria Alimentaria: Tecnología *SOUS-VIDE*. **Alimentos Argentinos, Misnisterio de Agricultura**, n. 22, p. 1–14, 2014.

PECK, M. W.; STRINGER, S. C. The safety of pasteurised in-pack chilled meat products with respect to the foodborne botulism hazard. **Meat Science**, v. 70, p. 461–475, 2005.

PENNSYLVANIA DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Reduced Oxygen Packaging (ROP) Policy and Procedures. **Bureau of Food Safety and Laboratory Services**, 2009.

RAMOS, A. E. A. O Sistema *Sous Vide*. **Universidade de Brasília. Monografia de Especialização. Qualidade em Alimentos. Brasília**, 2004.

ROSSINI, K.; ANZANELLO, M. J.; FOGLIATTO, F. S. Seleção de atributos em avaliações sensoriais descritivas. **Produção**, v. 22, p. 380–390, 2012.

SANTOS, J. S.; OLIVEIRA, M. B. Alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 1–14, 2012.

SIKORSKI, Z. Tecnología de los Productos del Mar. **Zaragoza, España. Editorial Acribia**, 1994.

SILVA, F. V. M.; GIBBS, P. A. Thermal pasteurization requirements for the inactivation of *Salmonella* in foods. **Food Research International**, v. 45, n. 2, p. 695–699, 2012.

SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE BIODIVERSIDAD DE COLOMBIA. *Arapaima gigas*. Disponível em: <<http://www.sibcolombia.net/web/sib/home>>. Acesso em: 4/3/2015.

SIVERTSVIK, M.; JEKSRUD, W. K.; ROSNES, J. T. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products - Significance of microbial growth, activities and safety. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, n. 2, p. 107–127, 2002.

SIVERTSVIK, M.; ROSNES, J. T.; JEKSRUD, W. K. Solubility and absorption rate of carbon dioxide into non-respiring foods. Part 2: Raw fish fillets. **Journal of Food Engineering**, v. 63, n. 4, p. 451–458, 2004.

SOARES, K. M. DE P.; GONÇALVES, A. A. Qualidade e segurança do pescado. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v. 71, n. 1, p. 1–10, 2012.

SOUSA, C. L.; FREITAS, J. A.; LOURENO, LÚ. F. H.; ARAUJO, E. A. F.; JOELE, M. R. S. P. Microbiological contamination of surfaces in fish industry. **African Journal of Microbiology Research**, v. 8, n. 5, p. 425–431, 2014.

SZERMAN, N.; GONZALEZ, C. B.; SANCHO, A. M.; et al. Effect of whey protein concentrate and sodium chloride addition plus tumbling procedures on technological parameters, physical properties and visual appearance of *sous vide* cooked beef. **Meat Science**, v. 76, n. 3, p. 463–473, 2007.

TEODORO, A. J.; BRANCO, C.; MANO, B. Avaliação da utilização de embalagem em atmosfera modificada sobre a conservação de sardinhas (*Sardinella brasiliensis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 158–161, 2007.

THEYS, T. E.; GEERAERD, A. H.; VERHULST, A.; et al. Effect of pH, water activity and gel micro-structure, including oxygen profiles and rheological characterization, on the growth kinetics of *Salmonella Typhimurium*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 128, n. 1, p. 67–77, 2008.

**CAPITULO II: SIMULAÇÃO, OTIMIZAÇÃO E CONTROLE DO PROCESSO
TÉRMICO NO PROCESSAMENTO DE *SOUS VIDE* DE PIRARUCU
(*Arapaima gigas*)**

RESUMO

O pirarucu é o maior peixe de escama de água doce do planeta, encontrado na América do Sul, especificamente no Brasil, na bacia amazônica, mas pode ser também criado em cativeiro; possui excelente composição nutricional *in natura* e tem motivado o interesse de pesquisadores, devido possuir carne de coloração naturalmente rósea e desprovida de espinhas. O objetivo da presente pesquisa foi avaliar simulação, otimização e controle do processo térmico no processamento de *sous vide* de pirarucu (*Arapaima gigas*). Foi utilizado 150 gramas de filé da região dorsal do pirarucu com dimensões 15 x 8 x 2,5 cm (comprimento x largura x espessura) que foi submetido a pré-tratamento térmico até ponto central do peixe alcançar 80°C. Após o pré-tratamento térmico, foram avaliados os parâmetros capacidade de retenção de água (CRA), resistência ao corte e variação de cor. Foi realizada análise sensorial com painel semi-treinados, com uma escala de 3 – 10 pontos para filés cozidos onde (3) é deteriorado e (10) é alta qualidade. Os resultados experimentais do binômio tempo/temperatura foram simulados pelo software MATLAB R2012a empregando a equação de Fourier em regime transiente. O processo de pasteurização foi determinado de acordo com o planejamento fatorial completo 2² pela metodologia de superfície de resposta e função desejabilidade. Resultados obtidos demonstraram boa qualidade microbiológica e físico-química do filé. O pré-tratamento térmico de 200°C durante 120s apresentou melhorias na aparência do filé, formação da cor *browning*, suculência e textura mais firme. Os processos modelados se ajustaram as condições experimentais do processo térmico na chapa aquecida. As condições ótimas de pasteurização foram obtidas na temperatura de 60°C durante 568,8s. O perfil térmico determinou um tempo de 270s para que o centro do filé atingisse a temperatura do processo, 568,8s durante a etapa do processamento, 390s para atingir 0°C durante o resfriamento e finalmente, após o armazenamento, o *sous vide* necessita de reaquecimento durante 480s contados a partir da imersão na água a 60°C. Os controles das análises microbiológicas evidenciam ausência de *Salmonella spp* e confirma os resultados dos outros micro-organismos indicando que o processo térmico e os procedimentos higiênico-sanitários foram corretamente aplicados durante a elaboração e armazenamento do *sous vide* de pirarucu com molho de tucupi e resíduo de camarão. Os resultados evidenciam que o produto apresentou atributos sensoriais aceitáveis até 21 dias sendo apropriado para o consumo.

Palavras-chave: pirarucu, *sous vide*, processos térmicos, *Salmonella spp*.

ABSTRACT

The pirarucu is the largest freshwater fish around the world found in South America, specifically in Brazil, in the Amazon basin, but it also can be bred in captivity. It has excellent nutritional composition in nature that has motivated the interest of researchers due to have naturally pinkish meat and devoid of pimples. The goal of the research was to evaluate the simulation, optimization and control of the thermal process in the processing of sous vide of pirarucu (*Arapaima gigas*). 150 grams tenderloin of pirarucu fillet with dimensions 15 x 8 x 2.5 cm (length x width x thickness) was used and subjected to heat pretreatment to the central point of the fillet reaching 80°C. After the thermal pre-treatment, parameters for water retention capacity (WRC), shear force and color variation, were evaluate. Sensory analysis with semi-trained panel evaluated the samples in a range of 3 - 10, where (10) is high quality and (3) is deteriorated, was made. The experimental results of the binomial time / temperature have been simulated in MATLAB software R2012a using the Fourier equation for transient. The pasteurization process was determined in accordance with full factorial design 2² for the methodology of response surface and desirability function. Results obtained showed good microbiological quality and physical-chemical by the pirarucu fillet. The thermal pre-treatment of 200°C for 120s showed improvement in the appearance on formation browning color, juiciness and stronger texture, in the fillet. The modeled processes were consistent with the experimental conditions of the heating process in the heated plate. The best pasteurization condition was obtain for 60°C for 568,8s. The thermal profile reflected that needs 270s to reach the process temperature in the center of the fillet, 568,8s the processing step and 390s to reach 0°C during the cooling and finally, after storage, the sous vide needs reheating for 480s at 60°C under condition of immersion in water. The controls of the microbiological analyzes show the absence of *Salmonella spp* and confirms the results of other micro-organisms indicating that the thermal process and the hygienic and sanitary procedures were correctly applied during the preparation and storage of sous vide of pirarucu with tucupi sauce and shrimp residue. The results show that the product had acceptable sensory attributes for consumption until for 21 days.

Keywords: arapaima, *sous vide*, thermal processes, *Salmonella spp*.

1 INTRODUÇÃO

Os processos térmicos estão sempre associados à inibição dos microorganismos e a conservação dos produtos (SILVA; GIBBS, 2012), no entanto, muitas vezes, é necessária a combinação de técnicas de conservação como a embalagem a vácuo e refrigeração, para garantir um alimento seguro (BALDWIN, 2012). Um produto com boa apresentação (cortes adequados) e embalagem de qualidade, pode ser alvo de estratégias de “marketing” e ser capaz de atingir mercados que procuram alimentos de qualidade e de fácil preparo (GALIMPIN-JOHAN et al., 2007).

Uma alternativa de produto que atende os requisitos de qualidade sensoriais e nutricionais, a aplicação da técnica *sous vide*, que consiste em promover o vácuo e combiná-lo à cocção controlada resultando em produto pronto, que pode ter consumo imediato, ou ser resfriado/congelado, para consumo posterior, após aquecimento. Inúmeras pesquisas têm sido realizadas e indicam a viabilidade da utilização do processo de *sous vide* com diferentes tipos de carnes e pescados (GALIMPIN-JOHAN et al. 2007; JEYA SHAKILA et al. 2009).

Tratamentos térmicos não controlados podem ocasionar degradações indesejáveis nos atributos de qualidade sensíveis ao calor (AWUAH; RAMASWAMY; ECONOMIDES, 2007), apresentando escurecimento, perda de água, textura fibrosa e desidratada. A degradação da qualidade como resultado de aquecimento excessivo e a sua prevenção requerem atenção a fim de minimizar as alterações e as reações indesejadas.

Neste sentido, simulações computacionais estão, indubitavelmente, destinadas a se tornarem uma ferramenta cada vez mais importantes para entender muitos processos, incluindo a transferência de calor em filés de peixe durante a elaboração de *sous vide*, que pode ser observado através das diferenças de cor (escurecimento), textura (resistência ao corte) e da capacidade de retenção de água, em relação ao produto *in natura* (Matsuda et al., 2013).

As propriedades termofísicas, condutividade térmica (k) e difusividade térmica (D), são parâmetros característicos de cada alimento e ao mesmo tempo determinantes para estabelecer a rapidez com que o alimento é

aquecido ou resfriado, durante o processo térmico (GHAZALA et al. 1995; BALDWIN 2012). O controle da intensidade e duração do tratamento térmico, temperatura de resfriamento e controle de armazenamento do *sous vide* é determinante para a segurança microbiológica (GONZÁLEZ-FANDOS et al., 2005).

Durante o aquecimento as fibras e as proteínas do músculo sofrem algumas mudanças que vão incidir na perda água (<suculência/seco) e na cor. A ação do calor resulta na coagulação, desnaturalização e solubilização proteica, iniciado a partir de 65°C e acima de 75°C endurecem (COENDERS, 1996). As proteínas miofibrilares (principalmente actina e miosina) e as proteínas do tecido conjuntivo (principalmente colágeno) se contraem ao serem aquecidas, enquanto as proteínas sarcoplasmáticas se expandem (BALDWIN, 2008), evidenciando-se em processos de cocção dos produtos.

Segundo MATSUDA et al. (2013), métodos como grelhar, são utilizados na indústria de alimentos, pois apresentam produtos mais suculentos, com cor na superfície e tempos de cozimentos mais curtos. Segundo COENDERS, (1996), a crosta externa típica dos alimentos assados é conseguida quando a grill/chapa se encontra em temperaturas que oscilam entre 175 e 200°C.

Para o *sous vide* o processo térmico, está condicionado significativamente à carga microbiana; considere-se a *Salmonella spp*, um patógeno alimentar que não morre instantaneamente e que apresenta uma redução decimal a cada 5,48 minutos a 60°C (SILVA; GIBBS, 2012).

Por outro lado, micro-organismos mesófilos e psicotróficos devem ser eliminados do peixe na etapa de pasteurização (JUNEJA; SNYDE, 2009), No entanto, é indispensável contar com qualidade microbiológica nas diferentes matérias-primas utilizadas no processo de elaboração do *sous vide*.

A tecnologia *sous vide* reduz a contaminação inicial do alimento, mas não garante a esterilização do produto (NYATI, 2000). Portanto, deve ser realizado um rigoroso controle da qualidade da matéria-prima e de todo o processo para evitar crescimentos de patógenos.

O objetivo da presente pesquisa foi analisar simulação, otimização e controle do processo térmico no processamento de *sous vide* de pirarucu (*Arapaima gigas*).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria prima

O pirarucu (*Arapaima gigas*) utilizado neste trabalho foi obtido na cidade São João de Pirabas do Pará (Brasil) onde peixe foi criado em tanques no sistema de piscicultura. O pirarucu foi colocado em um tanque por um período de 24h em jejum, antes do abate. Em seguida, foi imerso em água gelada sob a temperatura de $1 \pm 1^\circ\text{C}$ por 20min até a morte. Após este procedimento, o peixe foi lavado e sanitizado com solução de hipoclorito de sódio a 5ppm durante 15min. Posteriormente, foi realizado o corte e a filetagem da região dorsal (Figura 2.1), embalado a vácuo e armazenado a -22°C , até sua utilização.



Figura 2.1 - Filé do lombo de pirarucu (*Arapaima gigas*).

O tucupi utilizado na preparação do molho foi oriundo da comunidade de Nova Esperança, município de Acará, o resíduo de camarão utilizado foi adquirido de uma empresa processadora de pesca do Pará e as especiarias foram adquiridos no mercado Ver-o-Peso/Belém/Pará.

2.3 Análises microbiológicas

A pesquisa de *Salmonella* spp e as contagens de *Estafilococcus coagulase positiva* e coliformes a 45°C foram feitas conforme exigido pela legislação vigente (BRASIL, 2001). As análises de bactérias mesófilas e psicotróficas, *Clostridium sulfito redutor* e coliforme a 35°C seguiram metodologia descrita por DOWNES E ITO (2001).

2.4 Análises térmica e físico-químicas

Para a determinação da condutividade térmica ($\text{W}/(\text{m}^\circ\text{C})$) foi utilizado o filé da região dorsal do pirarucu in natura, com dimensões de $5,0 \times 5,0 \times 2,0$ cm

(comprimento x largura x espessura). O equipamento utilizado foi um analisador de propriedades térmicas (modelo: KD2, marca: Decagon Devices, INC, U.S.A).

Para as análises de textura (resistência ao corte) foi utilizado o filé da região dorsal do pirarucu e processado (*sous vide*), com dimensões de 5,0x5,0x2,0 cm. O equipamento utilizado foi um Analisador de Textura (modelo: QTS 25, marca Brookfield, Alemanha). O parâmetro de resistência ao corte foi aplicado perpendicularmente às fibras musculares com uma lâmina de Warner-Bratzler, de acordo com metodologia descrita por SIGURGISLADOTTIR et al. (1999).

A cor foi determinada utilizando colorímetro portátil (modelo CR 310, marca Minolta, U.S.A), no espaço CIE (Comission Internationale de L'Eclairage) L*, a*, b*, com fonte de luz D65, onde: os parâmetros L*: luminosidade; a* varia do vermelho (+a*) ao verde (-a*), e a coordenada b* do amarelo (+b*) ao azul (-b*). Sendo a diferença total de cor (ΔE) calculado de acordo com a Equação 2.1.

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (\text{Eq. 2.1})$$

A capacidade de retenção de água de água no músculo do filé foi determinada de acordo com a metodologia descrita por GOMEZ-GUILLEN et al. (2000). O equipamento utilizado foi centrífuga (modelo: Multifuge X1R, marca: Thermo Fisher scientific, Alemanha) e os resultados foram expressos em porcentagem.

A determinação do teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (Thiobarbituric Acid Reactive Substances - TBARS) foi realizada de acordo com a metodologia proposta por VYNCKE (1970) e os resultados expressos em mg malonaldeído (MDA)/ kg de amostra. As análises de pH e Bases Voláteis Totais (N- BVT) foram efetuadas de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

1.5 Pré-tratamento térmico do filé de pirarucu

Para o pré-tratamento do filé foram utilizados os seguintes equipamentos: chapa de aquecimento de aço inox (modelo: PR-650 G, marca: Progás, Brasil),

termômetro digital (modelo: tipo espeto marca: Incoterm, Brasil) e cronômetro (modelo: PRO-1, marca: Nautika, Brasil). Os ensaios foram realizados na chapa nas temperaturas de 100, 130, 170 e 200°C, conforme metodologia proposta por DÍAZ et al. (2009) e o tempo de aquecimento foi determinado quando a temperatura no centro do filé atingiu 80°C. Este procedimento foi realizado para cada lado do filé de pirarucu com área (largura x comprimento) Em seguida, foram determinadas a capacidade de retenção de água, textura e a cor na superfície do filé, para cada um dos tratamentos térmicos.

Para a visualização das mudanças da cor no filé como consequência do aquecimento, imagens digitais foram obtidas após o processo térmico utilizando câmara digital (Canon, SX40 HS, Japon) e escala de cor, especificamente do parâmetro L^* (luminosidade), empregando o software CorelDRAW (X6-16, Creative Suite, Cowpland Research Labs, Canadá).

2.5.1 Simulação transferência de calor: para a análise de transferência de calor, foi utilizada a Equação 2.2 de condução de calor tridimensional (3-D) em regime transiente com base na lei de Fourier.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (\text{Eq. 2.2})$$

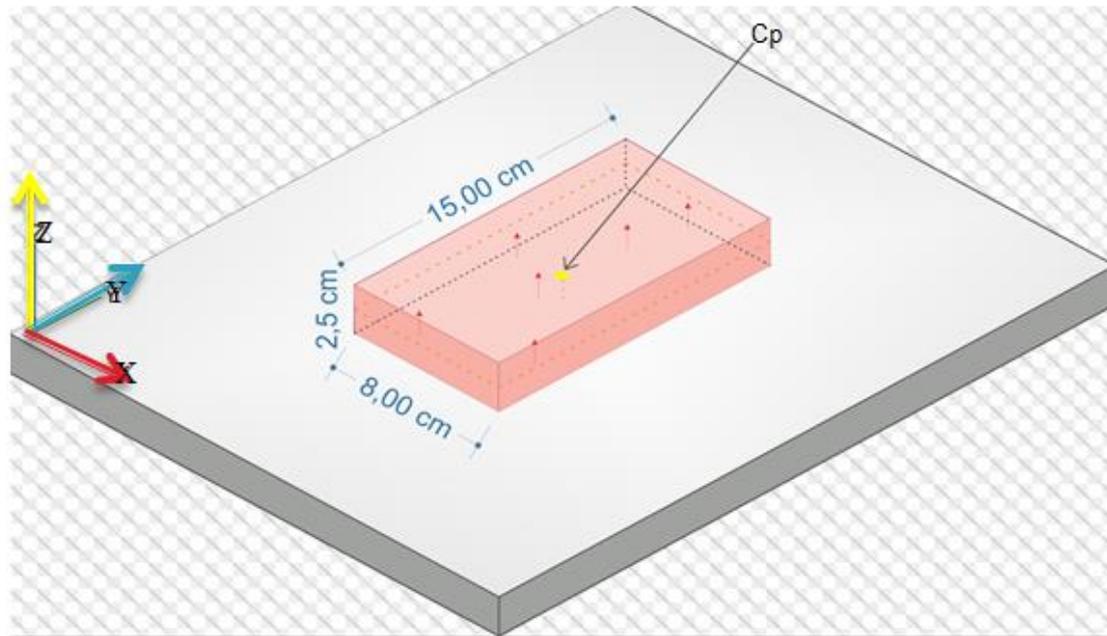
Onde: T é a temperatura, t é o tempo, x, y e z são as coordenadas cartesianas.

Para a solução da Eq 2.2, foi utilizando o método de diferenças finitas (3-D) baseada na metodologia apresentada por GEANKOPLIS (1998) considerando que as propriedades térmicas do peixe são constantes em todas suas dimensões, a difusividade térmica foi dada pela Equação 2.3:

$$\alpha = \frac{K}{\rho C_p} \quad (\text{Eq. 2.3})$$

Onde: K é a condutividade térmica, ρ é a densidade e C_p é o calor específico.

As amostras de filé de pirarucu apresentavam formato retangular com as seguintes dimensões: 15 x 8 x 2,5 cm (comprimento x largura x espessura). A condutividade térmica estabelecida para o filé foi de $K = 1,07 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. O calor específico foi o utilizado por ORREGO (2003) para peixe, de $3598 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$, e a densidade empregada foi de 1067 kg/m^3 conforme indicado por BALDWIN (2008). A Figura 2 representa o esquema do processo.



Cp: ponto controle, onde $x = 4 \text{ cm}$, $y = 7 \text{ cm}$ e $z = 1,25 \text{ cm}$.

Figura 2.2 - Modelo geométrico da amostra para modelagem computacional.

A modelagem matemática para os cálculos dos tempos de aquecimento até a temperatura no ponto de controle atingir 80°C foi realizada no software MATLAB (R2012a, MathWorks Company, USA). Para cada temperatura experimental da chapa de aquecimento (100 , 130 , 170 e 200°C) foi realizado o seguinte procedimento: a cada três segundos e para cada coordenada de eixo $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0,005$, foram determinadas suas respectivas temperaturas até o ponto de controle.

2.6 Elaboração do *sous vide* de pirarucu *in natura*

Para a preparação do *sous vide* de pirarucu inicialmente foi realizado o descongelamento do filé sob refrigeração 5°C , em seguida a filetagem da

região lombar do peixe, na dimensão de 15 x 8 x 2,5 cm (comprimento x largura x espessura) e preparo do molho contendo tucupi e resíduo de camarão, cloreto de sódio refinado iodado (marca: Mariza, sódio 390mg, iodo 25µg , Brasil), lactato de sódio (marca: Dinâmica, 90% grau de pureza, 50% concentração, 0,05% cloretos max, 0,001% metais pesados) e especiarias.

Foi elaborada uma salmoura com 100mL de água, NaCl (1,5%), 1 g de alho e ajustado o pH com ácido acético a 30% até pH2 o filé ficou imerso durante 3min e drenado. Em seguida, o filé foi submetido a pré-tratamento na chapa aquecida nas condições definidas anteriormente, embalados a vácuo em embaladora (modelo: F200 Flash, marca: Fastvac, Brasil), na proporção 1:4 (peixe/molho). Após a embalagem o produto foi pasteurizado em banho-Maria (modelo: TE - 057, marca: Tecnal, Brasil) à pressão atmosférica, usando o tempo e a temperatura definidos pelo delineamento experimental (Tabela 1). Após a pasteurização foi resfriado em água com gelo, com agitação manual, até 0°C, no ponto central do filé e armazenado sob refrigeração (1±1°C) em incubadora DBO (modelo: Q315M16, marca: Quimis, Brasil). Para realizar todas as análises foi feito o aquecimento do *sous vide*.

2.7 Otimização da pasteurização de *sous vide* de pirarucu

Os parâmetros do binômio tempo/temperatura de pasteurização do *sous vide* foram estabelecidos por teste preliminares e definidos de acordo com o planejamento fatorial completo 2², constituído por quatro ensaios lineares nos níveis -1 e +1, quatro ensaios com pontos axiais (-α e α, definidos em -1,41 e 1,41) e três ensaios no ponto central (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Níveis das variáveis do processo utilizadas no desenho fatorial completo (2²) composto de pontos centrais e axiais.

Variáveis do processo	-1,41	-1	0	1	1,41
Temperatura (T) °C	60	65	75	85	89
Tempo (t) segundos	568,8	600	675	750	780,6

As variáveis independentes do planejamento fatorial foram: tempo e temperatura e as variáveis dependentes: capacidade de retenção da água (CRA - suculência), textura (TI - firmeza) e variação de cor (Tabela 2.4), visando à obtenção de valores de CRA, TI e ΔE elevados para que o produto

mantenha a suculência, firmeza e cor de acordo com a Equação 2.4. Os modelos foram desenvolvidos ignorando os efeitos que não apresentaram significância e a equação resultante foi encontrada quando os níveis significância (p) CRA, cor e textura observados foram iguais ou menores que 5% ($p \leq 0,05$).

$$Y = f(X_1, 2) = \beta_0 + \beta_1(A) + \beta_{11}(A)^2 + \beta_2(B) + \beta_{22}(B)^2 + \beta_{12}(AB) \quad (\text{Eq. 2.4})$$

Onde: A= Temperatura, B= tempo.

2.8 Efeito da temperatura no processo de pasteurização

O controle do processo de pasteurização no melhor tratamento estabelecido através do planejamento fatorial foi realizado em duas etapas: a) medida da temperatura a cada 5 segundos no centro do filé (Figura 2.3), registrando o início e final de todas as fases aquecimento, processamento, resfriamento e reaquecimento; b) análises microbiológicas, antes e depois da pasteurização e *sous vide* após 21 dias de armazenamento, sob-refrigeração.



Figura 2.3 - Termômetro no centro do produto para registro da temperatura.

2.9 Análise sensorial

A avaliação sensorial foi realizada no melhor tratamento estabelecido através do planejamento fatorial. Para isso, foi utilizada a metodologia descrita por SANTAELLA et al. (2012). Participaram 10 provadores semi-treinados, os quais tinham conhecimentos prévios dos princípios básicos da técnica utilizada e eram conhecedores do produto sob análise.

A análise foi realizada no produto no 1°, 8° e 22° dia de armazenamento sob refrigeração. A qualidade de cada amostra foi avaliada quanto aos atributos: aceitação, odor, flavor (cor e sabor) e textura, com uma escala de 3 – 10 pontos para filés cozidos onde alta qualidade (10) deteriorado (3). Cada um dos julgadores recebeu uma amostra de 25g de *sous vide*, aquecida em banho-maria a 60°C durante 5min.

2.10 Análise Estatística

Os resultados das análises microbiológicas e físico-químicas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey. No processamento dos dados para determinar o binômio tempo/temperatura de pasteurização, foi feita a verificação dos efeitos significativos ($p \leq 0.05$ ou valores próximos), análise de variância (ANOVA), gráficos de superfície de resposta e desejabilidade. Todas as análises utilizaram o software Statistica version 5.0 (Statsoft Inc. 10 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Qualidade microbiológica e físico-química do filé *in natura*

Os resultados das análises microbiológicas de coliformes a 45°C, *Salmonella spp* e *Estafilococcus coagulasse* positiva, foram: 2,52 log NMP/g, ausência/25g e 1 log UFC/g, respectivamente. Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2001), estes valores encontram-se dentro dos limites recomendados.

As análises físico químicas como o pH, TVB-N e TBARS foram 5,90 ± 0,03; 2,09 ± 0,03 mg /100g; e 0,25 ± 0,05 mg MDA/kg, respectivamente. Através dos resultados das análises microbiológicas e físico químicas pode-se assegurar a qualidade da matéria-prima (BRASIL, 2001; BRASIL, 1997; SOUSA et al., 2014; SCHORMULLER, 1968; OSAWA et al., 2005).

3.2 Mudanças físico-químicas após pré-tratamento térmico

A influência do binômio tempo/temperatura foi baseada no critério de atingir 80°C no centro do filé e avaliada através das análises de capacidade de retenção de água, textura e cor (Tabela 2.2). Segundo BRAECKMAN et al. (2009), o objetivo de fazer a selagem em chapa aquecida dos filés é somente para obter maior retenção de água, mudança na cor e melhor textura, e não para a cocção do produto.

Tabela 2.2 - Resultados experimentais obtidos para as diferentes condições de pré-tratamento térmico do filé de pirarucu.

Parâmetros	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
	100°C/330s	130°C/240s	170°C/150s	200°C/120s
CRA (%)	72,04 ^b ± 0,35	74,41 ^{ab} ± 0,42	76,46 ^{ab} ± 0,23	79,40 ^a ± 0,31
Textura (N)	2,26 ^a ± 0,41	1,41 ^b ± 0,08	1,93 ^{ab} ± 0,45	1,91 ^{ab} ± 0,10
Cor				
L*	83,57 ^a ± 0,23	82,04 ^{ab} ± 0,22	81,58 ^b ± 0,44	74,44 ^c ± 0,48
a*	-4,35 ^c ± 0,19	-3,51 ^b ± 0,16	-3,94 ^{bc} ± 0,26	-1,55 ^a ± 0,19
b*	14,58 ^b ± 0,65	14,88 ^b ± 0,31	14,32 ^b ± 0,58	22,24 ^a ± 0,27

*Media ± desvio padrão. * Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa entre as amostras (p ≤ 0,05). CRA: capacidade de retenção de água, L*: Luminosidade, a*: verde-vermelho, b*: azul-amarelo.

A análise de variância (ANOVA) dos resultados do pré-tratamento térmico, indicou que existe diferença ($p \leq 0,05$), entre os tratamentos, nos parâmetros CRA, textura e cor (L^* , a^* e b^*).

No tratamento (T1) observou-se que ocorreu transferência de massa de água do interior do filé até a fonte de aquecimento, devido à temperatura, provocando a liberação da água livre presente no filé, possivelmente pela desnaturação das proteínas. Segundo SÁNCHEZ DEL PULGAR; GÁZQUEZ; RUIZ-CARRASCAL (2012), a perda de retenção de água ocorre pela redução no volume interfibrilar, que ocasiona diminuição dos miofilamentos.

Nos tratamentos que utilizaram tempos mais curtos foram utilizadas temperaturas mais elevadas, produzindo aumento da CRA, resultados o maior valor no T4. As modificações observadas na superfície do filé, como menor homogeneidade, ocorreu possivelmente devido à temperatura, que produz desnaturação das proteínas. O complexo actomiosina é o responsável pela capacidade dos peixes em reter água do músculo (SAMPELS, 2015), e o valor elevado de CRA, desta pesquisa, indica boa qualidade do músculo (HUSS, 1999).

Os resultados da textura (resistência ao corte) mostraram (Tabela 2.2) que o tratamento T1 apresentou o valor máximo e T2 o mínimo, mantendo valores mais estáveis nos T3 e T4, sendo estes os mais adequados para o desenvolvimento do produto. As mudanças na textura dos filés de pirarucu resultaram semelhantes ao trabalho de KONG et al. (2007), desenvolvido com salmão, causadas por desnaturação das proteínas miofibrilares e amaciamento do tecido causado por gelificação e a solubilização do colágeno.

No tratamento T1 o parâmetro L^* apresentou-se mais luminoso e mais brilhante quando comparado ao T4, resultado da reação de escurecimento mais evidente na temperatura mais elevada. Os parâmetros a^* e b^* indicaram que o filé manteve tendência à cor vermelha e amarela, respectivamente, relacionadas com o aumento da temperatura do pré-tratamento. No entanto, de acordo com BRAECKMAN et al. (2009), apenas valores de luminosidade (L^*) da crosta são necessários para observar a mudança de cor.

Os resultados de cor desta pesquisa foram semelhantes aos encontrados por HOSSEINPOUR et al. (2013) e LLAVE et al. (2014) quando ocorre a diminuição da luminosidade L^* da cor da amostra e os parâmetros a^* e b^* ,

umentam. A superfície externa típica dos alimentos grelhados é conseguida quando o alimento se encontra em temperaturas que oscilam entre 175 e 200°C (COENDERS, 1996). Diante o exposto, o tratamento T4 foi selecionado por apresentar a maior CRA, textura mais firme e cor mais atraente.

3.3 Simulação do pré-tratamento no filé

Na Tabela 2.3 observa-se que não existe diferença significativa ($p \leq 0,05$) ao comparar os tempos totais de aquecimento experimentais e os obtidos pelo modelamento matemático. Os processos modelados no software MATLAB que mediram as temperaturas no centro do filé, se ajustam às condições reais do processo experimental.

Tabela 2.3 - Tempos experimentais e modelados para o aquecimento até 80°C no ponto central do filé.

Temperatura (°C) da chapa	Temperatura (°C) do ponto controle	Tempo de aquecimento total (s)	
		T1	T2
100	80	330,0 ^a	382,8 ^a
130		240,0 ^a	273,0 ^a
170		150,0 ^a	172,2 ^a
200		120,0 ^a	168,0 ^a

*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$); T1: tempo experimental; T2: tempo pela equação de Fourier.

As simulações matemáticas revelaram que ocorre uma rápida condução térmica nas amostras de peixe nas dimensões definidas. Considera-se inicialmente que todos os pontos internos do peixe estão na temperatura de 25°C, enquanto que a superfície do peixe em contato com a fonte de aquecimento, atinge a temperatura da chapa instantaneamente.

Os sistemas de imagens tanto digitais quanto simulados computacionalmente (Figura 4 B, C) utilizados nesta pesquisa, permitem observar o comportamento e as mudanças tanto externo como interior no filé durante o aquecimento por condução térmica.

As imagens digitais (Figura 4 B) para cada tratamento (100°C, 130°C, 170°C, 200°C) apresentam diferenças visuais no final do processo, influenciadas pela temperatura e tempo do processo, temperatura ambiente, corrente de ar e a heterogeneidade do músculo do peixe.

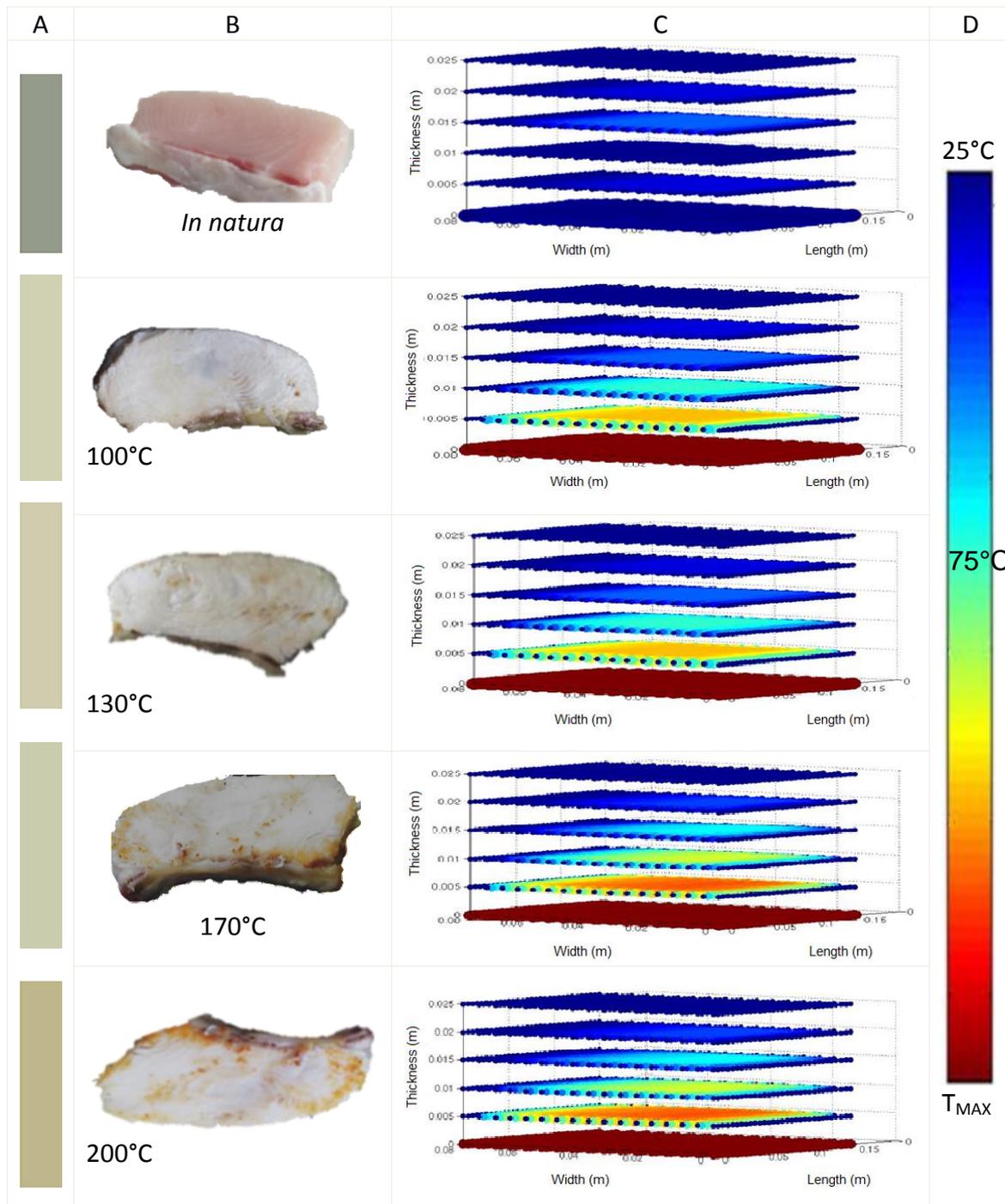


Figura 2.4 - A) escala de cor parâmetro L^* , B) imagens digitais da superfície do filé de pirarucu, C) simulações do efeito da transferência de calor, D) escala de temperatura.

As mudanças na cor do filé são confirmadas quando comparadas com a escala de cor obtida pelo software Corel para o parâmetro L^* (Figura 2.4, A). Estes resultados se mostraram semelhantes aos descritos por LLAVE et al. (2014) quando compararam imagens digitais e escala de cor L^* em filés de peixe de musculatura branca, após o aquecimento.

Os resultados experimentais registraram na amostra do filé *in natura*, a temperatura de 25°C (Figura 2.4 B, C, D), apresentando tendência à cor rosa brilhante. Por outro lado, quando a temperatura da superfície no filé é de aproximadamente de 100°C (Figura 2.4 B, C, D), a cor muda para branco brilhante, ou seja, o parâmetro L^* atinge seu valor máximo, devido possivelmente à coagulação das proteínas. Segundo DIMA, BARÓN E ZARITZKY (2012) por meio de imagens digitais, a desnaturação da proteína faz com que a cor do músculo de peixe torne-se mais branca no início do processo de aquecimento, similar ao encontrado nesta pesquisa.

Posteriormente, nos tratamentos 130, 170 e 200°C (Figuras 2.4 B) observou-se tendência a cores moderadamente mais escuras, o que se traduz em redução gradual de L^* , obtendo este parâmetro o seu valor mínimo no tratamento de 200°C durante 120seg, devido a temperatura do ensaio que facilita a evaporação da água rapidamente.

A reação de escurecimento ocorre durante a evaporação rápida da água que traz consigo o aumento da temperatura e combinação da transferência de calor por condução e vapor de água. Foi determinado, nesta pesquisa que a mudança da cor na superfície do filé inicia a 120°C, aproximadamente. Por outro lado, estima-se que a 200°C/240seg, ocorrerá a reação de carbonização na superfície, resultando em características indesejáveis ao produto. Segundo YU et al. (2014), a desnaturação da proteína faz com que o músculo do peixe apresente cor branca no início do tratamento e mais escura no final.

Segundo LLAVE et al. (2014), a cor da superfície do peixe grelhado varia devido ao teor de gordura, de umidade, à forma da superfície e outros fatores. Resultados semelhantes foram encontrados nesta pesquisa, podendo-se observar nas imagens (Figura 2.4 B) pontos brancos e outros mais escuros no mesmo filé.

Observa-se que os processos baseados na modelagem pelo software MATLAB de transferência de calor são explícitos quanto à descrição da perda de calor que é apresentada com um mapa de cores, simulando as condições experimentais de processo (Figura 2.4 C). Resultados semelhantes foram encontrados por LLAVE et al. (2014), utilizando abordagem matemática para prever a distribuição da temperatura no músculo de peixe.

Na Figura 2.4 C pode-se observar o perfil de temperatura (espessura versus a área do filé) simulado para um lado do peixe. A escala de cores simulada (Figura 2.4 D) representa uma temperatura definida (azul escuro: 25°C, vermelho escuro: temperatura máxima de cada processo e verde 80°C).

No início de cada processo até cerca de 40 segundos, observa-se a maior perda de água livre do músculo quando o filé é processado sob condições $\leq 100^\circ\text{C}$. Na metade do tempo de cada processo, as amostras foram giradas, registrando o mesmo comportamento que se apresenta nas simulações, o que garantiu a formação da crosta nas superfícies dos filés, atingindo a temperatura do processo, o que pelas simulações é observado pela cor vermelha.

Conforme o processo de aquecimento acontece, as cores no perfil vão mudando durante o tempo, apresentando dois principais fluxos de calor, sendo o maior, na superfície em contato com a chapa e com comportamento ascendente no centro do filé; e um menor gradiente nas extremidades, possivelmente pelas condições de contorno, mantidas em temperaturas mais baixas. Este comportamento pode ser observado na Figura 2.4 C.

Os resultados do pré-tratamento térmico demonstraram que a mudança de cor na superfície do filé de pirarucu causada pelo pré-tratamento pode ser prevista com base na evaporação da água conjuntamente com o aumento da temperatura da superfície e o tempo de processo.

3.4 Otimização da pasteurização no *sous vide* de pirarucu

A matriz codificada e seus respectivos níveis juntamente com os valores experimentais dos parâmetros capacidade de retenção de água, variação de cor e textura instrumental, obtidos em escala laboratorial após o processo de pasteurização do *sous vide* de pirarucu são apresentados na Tabela 2.4.

Observa-se na Tabela 2.4, que tanto a máxima retenção de água (93,59%), quanto a maior variação de cor (9,61) e a textura com mais resistência ao corte (7,65N), foram obtidas quando os experimentos se encontravam a 65, 75 e 60°C, respectivamente.

Os resultados da análise estatística para a CRA, ΔE e TI, são mostrados na Tabela 2.5. Os efeitos lineares, quadráticos e fatores de interação com valores são considerados significativos ($p \leq 0,05$) para a CRA e variação de cor.

No parâmetro textura, optou-se em definir como variável significativa os efeitos lineares, quadráticos e fatores de interação em função da significância a 94%.

Tabela 2.4 - Resultados experimentais para a CRA, ΔE e TI obtidos sob diferentes condições de pasteurização do *sous vide* de pirarucu.

Ensaio	Valores codificados		CRA (%)	ΔE	TI (N)
	Tempo (t)	Temperatura (T)			
01	-1	-1	93,59	4,17	7,45
02	1	-1	92,52	5,71	7,29
03	-1	1	92,44	5,81	7,40
04	1	1	92,28	4,39	7,00
05	-1,41	0	84,33	7,68	7,41
06	1,41	0	85,46	9,61	7,47
07	0	-1,41	89,97	7,35	7,65
08	0	1,41	92,08	6,79	6,89
09	0	0	92,19	4,61	7,50
10	0	0	91,68	2,30	7,20
11	0	0	92,01	2,80	7,30

*Média; CRA: Capacidade de Retenção de Água (%); ΔE : variação de cor; TI: Textura– Resistência ao corte (N).

Os resultados das análises de variância revelaram que para a capacidade de retenção de água, a falta de ajuste (Tabela 2.5) é significativa ($F_{cal} > F_{tab}$). Em função disto, não foi gerado modelo para descrever a resposta. No entanto, para a variação da cor e para a textura, o modelo matemático ajustado foi significativo com 95% de confiança, e a falta de ajuste não foi significativa. Diante disto, foi possível determinar a melhor condição do binômio tempo/temperatura do processo de pasteurização do *sous vide*. Os modelos dos parâmetros com falta de ajuste, não foi significativa e são apresentados nas Equações (2.5) e (2.6).

$$\Delta E = 3,74 + 1,78(A)^2 - 1,69(B) + 0,73(B)^2 \quad (\text{Eq. 2.5})$$

$$TI = 7,32 - 0,27(A) \quad (\text{Eq. 2.6})$$

Tabela 2.5 - Efeito estimado e grau de significância estatística tanto para o erro residual quanto para erro puro, para cada fator de CRA, ΔE e TI referente à otimização do processo.

Resposta	Fator	Efeito	Erro Padrão	P-Valor	F-Valor		R ²
					Reg	F. A	
C R A	b ₀	91,010	1,018				
	Linear (L)						
	b ₁	-4,593	1,201	0,001			
	b ₂	1,428	1,887	0,029			
	Quadrática (Q)				218,26	96,405	0,80
	b ₁	-1,158	0,747	0,007			
	b ₂	-0,191	1,779	0,499			
	Interação						
	b ₁₂	1,317	1,685	0,027			
ΔE	b ₀	3,741	0,666				
	Linear (L)						
	b ₁	3,389	0,786	0,044			
	b ₂	-0,761	1,235	0,580			
	Quadrática (Q)				5,39	1,217*	0,83
	b ₁	1,456	0,489	0,087			
	b ₂	3,568	1,165	0,082			
	Interação						
	b ₁₂	-0,788	1,103	0,526			
TI	b ₀	7,317	0,059				
	Linear (L)						
	b ₁	0,064	0,070	0,563			
	b ₂	-0,548	0,110	0,064			
	Quadrática (Q)				6,53	0,279*	0,87
	b ₁	0,060	0,044	0,087			
	b ₂	-0,072	0,104	0,654			
	Interação						
	b ₁₂	-0,185	0,098	0,526			

CRA: Capacidade de Retenção de Água; ΔE : variação de cor; TI: textura; *: não significativo; Reg: Regressão; F.A: falta de ajuste.

A superfície de resposta e suas respectivas curvas de nível geradas pelo modelo proposto para ΔE (Eq. 2.5) são apresentadas na Figura 2.5. Através das superfícies de resposta e curvas de níveis, fica evidente que a variação de cor do *sous vide* depende diretamente do tempo linear, enquanto que a textura depende diretamente da temperatura linear.

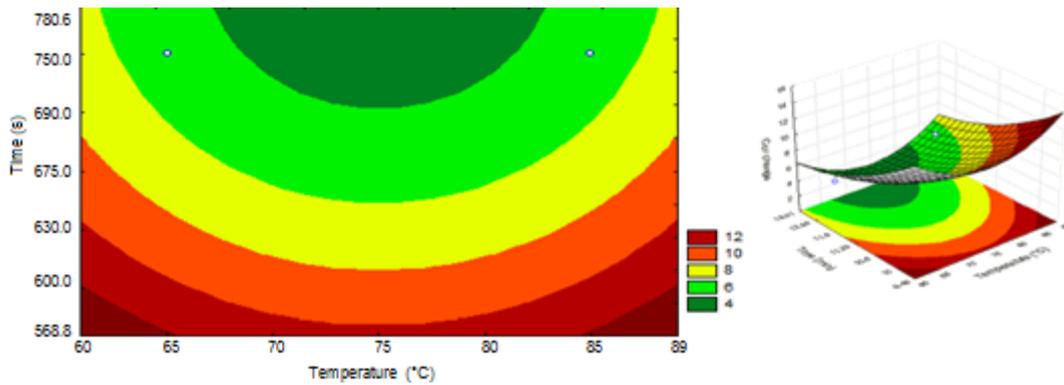


Figura 2.5 - Curva de nível e superfície de resposta mostrando o efeito da variação de cor.

Na Figura 2.6, são apresentadas a superfície de resposta e curva de nível para a resposta TI geradas pelo modelo proposto (Eq. 2.6).

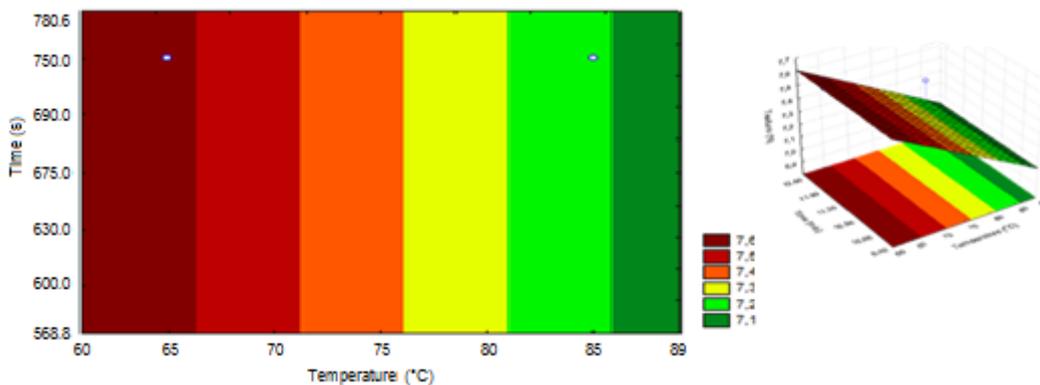


Figura 2.6 - Curva de nível e superfície de resposta mostrando o efeito da textura.

Verifica-se (Tabela 2.5) que com exceção da temperatura (L), todos os outros parâmetros tiveram um efeito negativo, apresentando o tempo (L) maior influência sobre a capacidade de retenção de água no músculo do filé, ou seja, um aumento nesse fator acarreta uma diminuição do parâmetro tornando o produto menos suculento. O método de pasteurização a vácuo propicia maior retenção de água, pois esta não é perdida por exsudação e/ou evaporação. Segundo HUGHES et al. (2014), a água atua como um plastificante das proteínas musculares, e a perda desta é a partir da estrutura miofibrilar, como resultado da desnaturação das proteínas e conseqüentes reduções no volume da fibra muscular com o aumento da temperatura de cozimento. As mudanças

no arranjo dos miofilamentos estruturais também afetam as propriedades de dispersão de luz e a palidez percebida da carne.

O fator que teve maior efeito positivo na variação da cor foi o tempo (L), ou seja, um aumento neste ocasiona uma maior tendência à cor marrom, sendo importante para o produto elaborado. Segundo LLAVE et al. (2014), as mudanças da cor durante os processos térmicos envolvem quatro etapas: (1) desnaturação de proteínas, (2) evaporação da água, (3) reação de escurecimento e (4) reação de carbonização.

A partir dos resultados colorimétricos, as alterações mais evidentes na superfície do filé foram observadas pelo parâmetro L^* , quando se compara com a^* e b^* . Estas mudanças da cor são observadas especificamente com o aumento da temperatura, onde existe maior desnaturação da miosina (KONDJOYAN et al., 2014)

A temperatura (L e Q) afeta negativamente a resistência ao corte do músculo no filé de pirarucu, não sendo favorável para o produto. Segundo KATO et al. (2016), a diminuição linear na textura do músculo de peixe inicia a partir de 60°C, comportamento semelhante ao obtido nesta pesquisa.

A partir dos resultados obtidos com o delineamento composto central rotacional e através da função desejabilidade foi possível definir as condições de pasteurização de *sous vide* de pirarucu, no domínio experimental avaliado.

Os perfis de desejabilidade são apresentados na Figura 2.7, os quais registram a descrição da condição otimizada do processo de pasteurização no *sous vide* de pirarucu.

As tendências reveladas pelos fatores tempo/temperatura são representadas pela linha horizontal tracejada da cor azul (nos primeiros três gráficos), que registram o valor médio de cada variável dependente. Os gráficos correspondentes indicam que no caso das variáveis CRA, T e VC, a interseção da linha traçada da cor vermelha registra o máximo do gráfico demonstrando claramente seus valores ótimos, os quais correspondem aos valores de 93,60; 6,24 e 7,43, respectivamente.

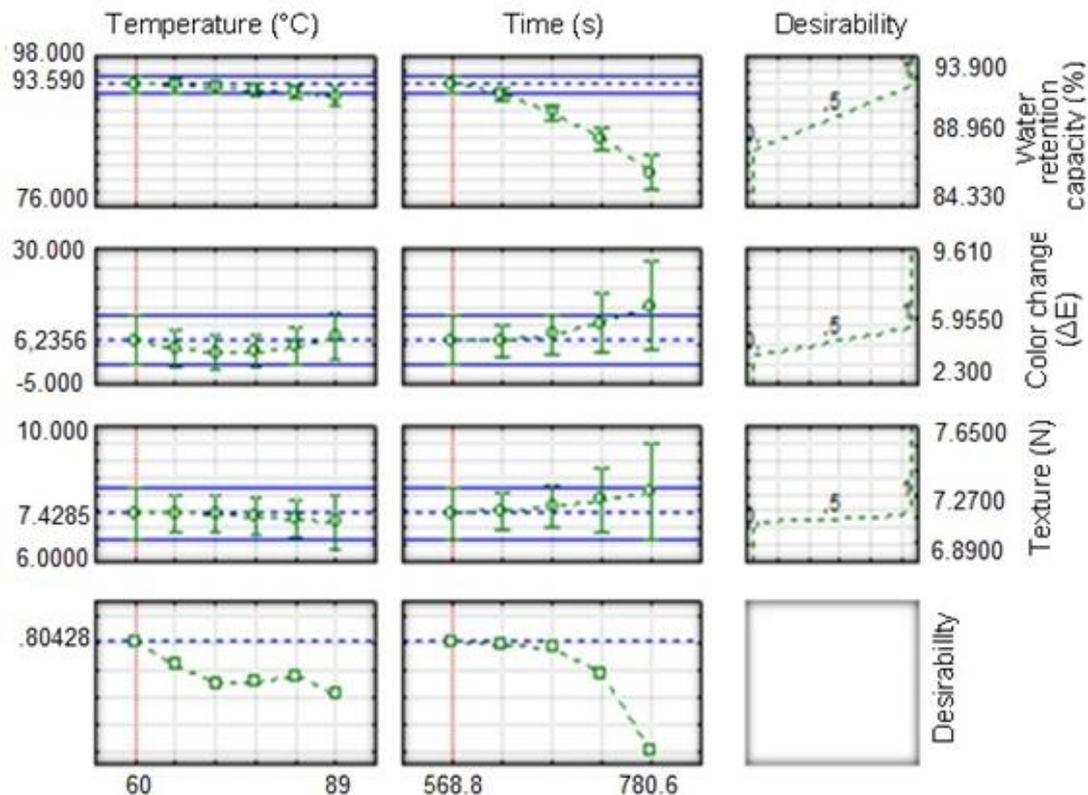


Figura 2.7 - Perfil dos valores preditos/otimizados e da desejabilidade das variáveis, aplicado ao processo de pasteurização do *sous vide*.

Os gráficos da última coluna mostram os perfis de desejabilidade (faixa da resposta é $0 \leq d_i \leq 1$) das duas respostas definidas de acordo com os valores escolhidos para o binômio tempo/temperatura (Tabela 2.1). Os dois últimos perfis apresentados na última linha mostram a desejabilidade individual para cada fator. As linhas tracejadas verticais, em vermelho, sinalizam as condições de máxima desejabilidade global de 0,80428 dos fatores avaliados (Figura 2.7). Segundo AKHANAZAROVA; KAFAROV (1982), o valor numérico da desejabilidade global de 0,80 é definido com o conceito de qualidade excelente.

A partir dos resultados obtidos dos gráficos de superfície de resposta e da função desejabilidade foi possível definir as condições operacionais para o desenvolvimento do processo de pasteurização de *sous vide* do filé de pirarucu, no domínio experimental avaliado. Desta forma, a condição ótima de pasteurização utilizada na escala laboratorial é de 60°C e 568,8s.

O resultado da temperatura (60°C) de pasteurização desta pesquisa é semelhante à utilizada por ESPINOSA et al. (2015) em *sous vide* com molho

utilizando espécie de aquicultura e COSANSU et al. (2013) estabeleceram que tratamentos térmicos da ordem de 60-80°C, em peixes são adequados.

3.5 Efeito da melhor condição temperatura e tempo de pasteurização

3.5.1 Perfil de temperatura

O controle do processo de transferência de calor – pasteurização (Figura 2.8) registra as temperaturas e tempos de cada etapa de aquecimento, processamento e resfriamento no *sous vide* de pirarucu.

Na primeira etapa, observa-se a linha tracejada na cor azul (Figura 2.8), com registro de temperaturas no centro do filé, inicial 25°C e final 60°C atingidas em tempos de 0s e 270s, respectivamente. Esta etapa contribuiu pouco na redução total do micro-organismo *Salmonella spp*.

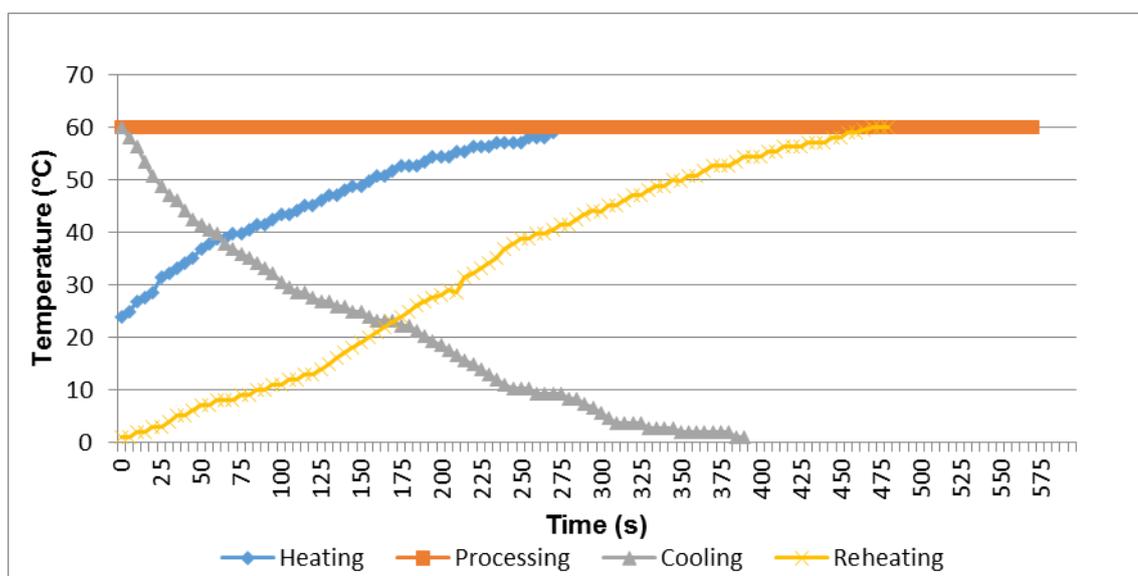


Figura 2.8 - Perfil de temperatura para o melhor tratamento 60°C/568,8s.

A maior influência na letalidade do micro-organismo patogênico de referência *Salmonella spp* ocorre na segunda etapa (linha tracejada na cor laranja), a partir do tempo 276s quando a temperatura de 60°C é constante no centro do produto por um tempo de 568,8s. Segundo Baldwin (2008), a temperatura de 60°C por 328,8s é suficiente para a redução de *Salmonella spp* para obter segurança e qualidade microbiológica. Quando se assegura a ausência da contagem de *Salmonella spp* no produto embalado a vácuo, fica implícita a redução dos coliformes a 45°C e *Estafilococcus coagulase positivo*.

A terceira etapa (linha tracejada na cor cinza) registrou uma rápida perda de calor de 60°C a 50°C em 60s. A temperatura de 0°C é alcançada em um tempo de 390s aproximadamente, no banho de gelo com agitação manual. Imediatamente após o resfriamento, o produto é armazenado sob refrigeração (1°C).

Finalmente, após o armazenamento, o *sous vide* necessita de reaquecimento (linha tracejada na cor amarelo) antes de realizar as análises ou seu consumo, sendo necessário estabelecer o tempo/temperatura o qual resultou em 480s contados a partir da imersão do filé na água do banho Maria a 60°C.

3.5.2 Controle microbiológico

O controle das análises microbiológicas antes e depois do processo de transferência de calor (pasteurização) otimizado, assim como no *sous vide* após 21 dias armazenado sob refrigeração, registram ausência de *Salmonella spp* e *Clostridium sulfito redutor* (Tabela 2.9). As contagens de *Estafilococcus coagulase positivo* e coliformes a 45°C, obtiveram valores menores que 2 Log UFC/g e 2,63 Log NMP/g, respectivamente, encontraram-se dentro dos padrões definidos pela legislação (BRASIL, 2001).

Figura 2.9 - Análises microbiológicas antes e após a pasteurização e do *sous vide*.

Análises	Antes da pasteurização	Depois da pasteurização	Produto Sous vide após 21 dias
<i>Salmonella spp</i>	Ausência/25g	Ausência/25g	Ausência/25g
Coliformes a 45°C	2,63 Log ^a NMP/g	0,32 Log ^b NMP/g	0,32 Log ^b NMP/g
<i>Estafilococcus coagulase positiva</i>	2,00 Log ^a UFC/g	0,41 Log ^b UFC/g	0,41 Log ^b UFC/g
Coliformes a 35°C	2,36 Log ^a NMP/g	-----	0,36 Log ^b NMP/ g
<i>Clostridium sulfito redutor</i>	Ausência	Ausência	Ausência
Mesófilos	3,40 Log ^a UFC/g	1,70 Log ^b UFC/g	1,70 Log ^b UFC/g
Psicrotróficos	2,40 Log ^a UFC/g	-----	1,70 Log ^b UFC/g

*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$); NMP: número mais provável; UFC: unidades formadoras de colônias;“---“, Não realizado.

Na aplicação da técnica *sous vide* a pasteurização do produto ocorre com a embalagem, não sendo mais manipulado até o consumo. Processos realizados com o alimento embalado são mais seguros por apresentarem menor probabilidade de contaminação (GONÇALVES, 2011).

Segundo COSANSU et al. (2013) é importante o controle de micro-organismos mesófilos antes da pasteurização e no produto refrigerado, porque eles podem sobreviver durante o processo térmico e crescer mesmo sob condições de refrigeração, sendo problema de segurança em *sous vide* de peixe.

Os valores da contagem de mesófilos e psicotróficos encontrados nas amostras antes da pasteurização foi de 3,40 Log UFC/g e 2,40 Log UFC/g, respectivamente. Foi observado um decréscimo nos valores registrados após o processamento de pasteurização (1,70 Log UFC/g) a 60°C e no *sous vide* após 21 dias de armazenamento sob refrigeração. Os resultados de coliformes a 35°C também mostraram decréscimo com valor inicial de 2,36 Log UFC/g na matéria-prima e após o processamento de pasteurização 0,36 Log UFC/g. A legislação brasileira não estabelece limites para esses micro-organismos em produto à base de peixe.

As análises microbiológicas confirmam que antes da pasteurização os procedimentos higiênicos e sanitários foram corretamente seguidos. Após a pasteurização, foi aplicado o melhor tempo/temperatura, o qual se mostrou adequado, pois a carga microbiana não alcançou os limites máximos estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2001). Finalmente, no produto refrigerado com 21 dias, se garantiu a qualidade e segurança microbiológica.

3.6 Análise sensorial

A Figura 2.10 mostra as mudanças dos atributos sensoriais durante o tempo. Observou-se que no 8º e 22º dia em comparação com o 1º dia de armazenamento, houve um aumento na pontuação em quantos os atributos avaliados, possivelmente por maior homogeneidade e concentração dos sabores e aromas entre amostra do peixe e o molho.

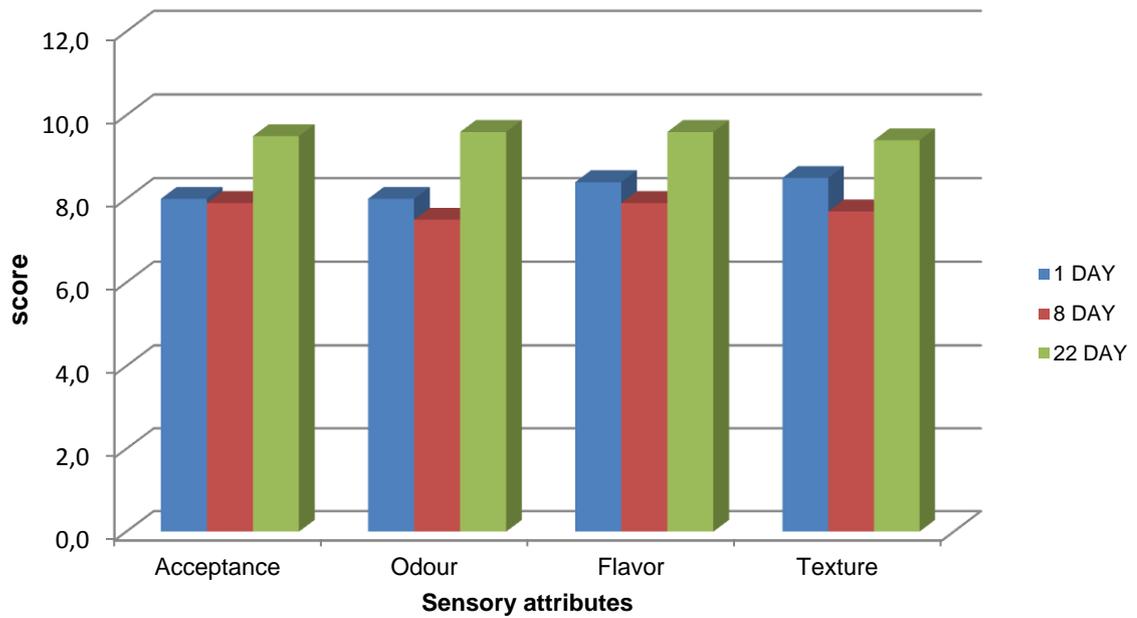


Figura 2.10 - Avaliação dos atributos sensoriais no *sous vide* de pirarucu.

No 22° dias de armazenamento foram registrados os atributos de aceitação, odor, flavor e textura com aproximadamente o valor máximo de 10, apresentado odor de peixe fresco, sabor de tucupi, textura firme e succulenta e cor atraente. Pelos resultados obtidos o produto *sous vide* mantém seus atributos sensoriais aceitáveis até 21 dias de armazenamento. Diante disto, conclui-se que a técnica *sous vide* mantém os atributos sensoriais por mais tempo.

4 CONCLUSÃO

Através dos resultados das análises microbiológicas e físico-químicas pode-se assegurar a qualidade da matéria-prima.

O filé de pirarucu obteve a melhor aparência, escurecimento, suculência e textura mais firme no pré-tratamento de 200°C durante 120s;

Os processos modelados se ajustam às condições experimentais do pré-tratamento térmico. As condições ótimas de pasteurização foram obtidas na temperatura de 60°C durante 568,8s;

Através do perfil térmico foram determinados os tempos e as temperaturas de início e fim de cada uma das etapas do processo de pasteurização. As análises microbiológicas indicaram que os procedimentos higiênicos e sanitários foram corretamente aplicados durante a elaboração e armazenamento do *sous vide*.

O *sous vide* de pirarucu com molho de tucupi e resíduo de camarão está apto para o consumo até 21^o dias de armazenamento, apresentando atributos sensoriais aceitáveis.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA. RDC nº216, de 15 de setembro de 2004. **Diário Oficial da União**, 2004.

AKHANAZAROVA S; KAFAROV V. Experiment Optimization in Chemistry and Chemical Engineering, **Mir Publishers**, Moscow. 1982.

AWUAH, G. B.; RAMASWAMY, H. S.; ECONOMIDES, A. Thermal processing and quality: Principles and overview. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 46, n. 6, p. 584–602, 2007.

BALDWIN, D. **A Practical Guide to Sous Vide Cooking**. Disponível em: <<http://www.saberdosabor.com.br/sous-vide.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2015.

BALDWIN, D. E. *Sous vide* cooking: A review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 1, n. 1, p. 15–30, 2012.

BRAECKMAN, L.; RONSSE, F.; HIDALGO, P. C.; PIETERS, J. Influence of combined IR-grilling and hot air cooking conditions on moisture and fat content, texture and colour attributes of meat patties. **Journal of Food Engineering**, v. 93, n. 4, p. 437–443, 2009.

BRASIL. Resolução RDC nº 185, de 13 de maio de 1997. **Aprovação de Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Peixe Fresco. Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. D.O.U. - Diário Oficial da União, de 22 de Outubro de 2001. Legislação Federal**, 1997.

BRASIL. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. **Aprova o Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. Diário Oficial da União, de 02 de janeiro de 2001. Legislação Federal**, 2001.

COENDERS, A. Química Culinaria: Estudio de lo que Sucede a los Alimentos. **Zaragoza, España. Editorial Acribia**, p. 304, 1996.

COSANSU, S.; MOL, S.; UCOK ALAKAVUK, D.; OZTURAN, S. The Effect of Lemon Juice on Shelf Life of *Sous Vide* Packaged Whiting (*Merlangius merlangus euxinus*, Nordmann, 1840). **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 1, p. 283–289, 2013.

DÍAZ, P.; NIETO, G.; BAÑÓN, S.; GARRIDO, M. D. Determination of shelf life of *sous vide* salmon (*Salmo salar*) based on sensory attributes. **Journal of food science**, v. 74, n. 8, p. S371–6, 2009.

DIMA, J. B.; BARÓN, P. J.; ZARITZKY, N. E. Mathematical modeling of the heat transfer process and protein denaturation during the thermal treatment of Patagonian marine crabs. **Journal of Food Engineering**, v. 113, n. 4, p. 623–634, 2012.

DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. Washington. APHA, 2001. 676 p.

ESPINOSA, M.; LOPEZ, G.; DIAZ, P.; LINARES, M.; GARRIDO, M. Development of a convenience and safety chilled *sous vide* fish dish: Diversification of aquacultural products. **Food Science and Technology International**, n. 1, p. 1–11, 2015.

GALIMPIN-JOHAN, S. M. C.; RAHMAN, R. a.; JAMILAH, B.; CHE MAN, Y. B.; RUSUL, G. Pasteurization, development and storage of *sous vide* rending (spicy beef stew). **Journal of Food Service**, v. 18, n, p. 251–263, 2007.

GEANKOPLIS, C. J. Procesos de transporte y operaciones unitarias. México: Compañía Editorial Continental. 3rd ed. 1998.

GHAZALA, S.; RAMASWAMY, H. S.; SMITHB, J. P.; SIMPSOD, M. V. Thermal process simulations for *sous vide* processing of fish and meat foods. v. 28, n. 2, p. 117–122, 1995.

GOMEZ-GUILLEN, M. C.; MONTERO, P.; HURTADO, O.; BORDERIAS, a J. Biological characteristics affect the quality of farmed Atlantic salmon and smoked muscle. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 1, p. 53–60, 2000.

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

GONZÁLEZ-FANDOS, E.; VILLARINO-RODRÍGUEZ, A.; GARCÍA-LINARES, M. C.; GARCÍA-ARIAS, M. T.; GARCÍA-FERNÁNDEZ, M. C. Microbiological safety and sensory characteristics of salmon slices processed by the *sous vide* method. **Food Control**, v. 16, n. 1, p. 77–85, jan. 2005.

HOSSEINPOUR, S.; RAFIEE, S.; MOHTASEBI, S. S.; AGHBASHLO, M. Application of computer vision technique for on-line monitoring of shrimp color changes during drying. **Journal of Food Engineering**, v. 115, n. 1, p. 99–114, 2013.

HUGHES, J. M.; OISETH, S. K.; PURSLOW, P. P.; WARNER, R. D. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. **Meat Science**, v. 98, n. 3, p. 520–532, 2014.

HUSS, H. H. El Pescado Fresco : Su Calidad y Cambios de su Calidad. **FAO, Documento Tecnico de Pesca 348. Ministerio de Pesca**, p. 202, 1999.

INTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. Aditivos. In: **IAL, Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos, 4ta Edição. Secretaria de Estado da Saúde Coordenadoria de Controle de Doenças**, p. 161–278, 2008.

JEYA SHAKILA, R.; JEYASEKARAN, G.; VIJAYAKUMAR, A.; SUKUMAR, D. Microbiological quality of *sous-vide* cook chill fish cakes during chilled storage

(3°C). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 11, p. 2120–2126, 2009.

KATO, H. C. A.; LOURENÇO, L. F. H.; ARAÚJO, E. A. F.; SOUSA, C. L.; JOELE, M. R. S. P.; RIBEIRO, S. C. A. Change in physical and chemical characteristics related to the binomial time-temperature used in *sous vide* pasteurization see Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 1, p. 224–232, 2016.

KONDOYAN, A.; KOHLER, A.; REALINI, C. E.; PORTANGUEN, S.; KOWALSKI, R.; CLERJON, S.; GATELLIER, P.; CHEVOLLEAU, S.; BONNY, J. M.; DEBRAUWER, L. Towards models for the prediction of beef meat quality during cooking. **Meat Science**, v. 97, n. 3, p. 323–331, 2014.

KONG, F.; TANG, J.; RASCO, B.; CRAPO, C. Kinetics of salmon quality changes during thermal processing. **Journal of Food Engineering**, v. 83, n. 4, p. 510–520, 2007.

LLAVE, Y.; YU, X.; WAKISAKA, G.; FUKUOKA, M.; SAKAI, N. Visualization of Browning Color Formation on Grilled Fish Through a 2D Simulation. **Food Science and Technology Research**, v. 20, n. 3, p. 537–545, 2014.

MATSUDA, H.; LLAVE, Y.; FUKUOKA, M.; SAKAI, N. Color changes in fish during grilling – Influences of heat transfer and heating medium on browning color. **Journal of Food Engineering**, v. 116, n. 1, p. 130–137, 2013.

NYATI, H. An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of *sous vide* extended shelf-life products. **Food Control**, v. 11, n. 6, p. 471–476, 2000.

ORREGO, C. E. PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS. **Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales**, n. 1, p. 322, 2003.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Revista Química Nova**, v. 28, n. 4, São Paulo, Julho/Agosto, 2005.

PECK, M. W.; STRINGER, S. C. The safety of pasteurised in-pack chilled meat products with respect to the food borne botulism hazard. **Meat Science**, v. 70, p. 461–475, 2005.

SAMPELS, S. The Effects of Storage and Preservation Technologies on the Quality of Fish Products: A Review. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, n. 6, p. 1206–1215, 2015.

SÁNCHEZ DEL PULGAR, J.; GÁZQUEZ, A.; RUIZ-CARRASCAL, J. Physico-chemical, textural and structural characteristics of *sous vide* cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. **Meat Science**, v. 90, n. 3, p. 828–835, 2012.

SANTAELLA, M.; MARTÍNEZ, C.; PERIAGO, M.; SANTAELLA, J. EVALUACIÓN SENSORIAL DE DIFERENTES PRESENTACIONES COMERCIALES DE DORADA (*Sparus aurata* L.) DE ACUICULTURA. **AN. VETERINARIA**. (MURCIA) V. 28, p. 85-96, 2012.

SIGURGISLADOTTIR, S.; HAFSTEINSSON, H.; JONSSON, A.; LIE, O.; NORTVEDT, R.; THOMASSEN, M.; TORRISSEN, O. Textural Properties of Raw Salmon Fillets as Related to Sampling Method. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 1, p. 99–104, 1999.

SILVA, F. V. M.; GIBBS, P. a. Thermal pasteurization requirements for the inactivation of Salmonella in foods. **Food Research International**, v. 45, n. 2, p. 695–699, 2012.

SOUSA, C. L.; FREITAS, J. A.; LOURENO, LÚ. F. H.; ARAUJO, E. A. F.; JOELE, M. R. S. P. Microbiological contamination of surfaces in fish industry. **African Journal of Microbiology Research**, v. 8, n. 5, p. 425–431, 2014.

SCHORMULLER, J. Tierische Lebensmittel: T. 1. Milch, Butter, Käse. T. 2. Eier, Fleisch, Fisch, Butter-Milch. In: **SCHORMULLER, Handbuch der Lebensmittelchemie**, v. 3, p. 1640, 1968.

VYNCKE, W. Direct Determination of the Thiobarbituric Acid Value in Trichloroacetic Acid Extracts of Fish as a Measure of Oxidative Rancidity. **Fette Seifen Anstrichmittel**, v. 72, n. 12, p. 1084–1087, 1970.

YU, X.; LLAVE, Y.; FUKUOKA, M.; SAKAI, N. Estimation of color changes in fish surface at the beginning of grilling based on the degree of protein denaturation. **Journal of Food Engineering**, v. 129, p. 12–20, 2014.

CAPÍTULO III: AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA, FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE SOUS VIDE DE PIRARUCU (*Arapaima gigas*) COM MOLHO DE TUCUPI E RESÍDUO DE CAMARÃO

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar microbiológica, físico-química e sensorialmente *sous vide* de pirarucu (*Arapaima gigas*) com molho de tucupi e resíduo de camarão. Para a elaboração do *sous vide* o dorso foi filetado em porções de 150g que foram submetidas à pré-tratamento a 200°C por 120s em chapa aquecida e embalados a vácuo juntamente com 37,5g de molho. Em seguida, os filés foram pasteurizados a 60°C por 568,8s, rapidamente resfriados e armazenados a 1°C em incubadora DBO. A avaliação sensorial foi realizada com 10 julgadores semi-treinados. As análises microbiológicas indicaram que os filés do pirarucu e o *sous vide* encontravam-se dentro dos padrões exigidos pela legislação. A composição centesimal e o valor energético do filé apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) quando comparados ao *sous vide*. Os valores de N-BVT e TBARS no filé e no *sous vide* indicaram boa qualidade. O perfil de ácidos graxos identificou altas proporções de C16:0 e DHA C 22:6 n-3 no filé, mas no *sous vide* o C18:0 predominou. As razões n-6/n-3 encontradas no filé e no *sous vide* estão dentro do valor recomendado, sendo importante para o metabolismo humano. O filé não registrou teores (mg/kg) de minerais superiores aos máximos permitidos pela legislação brasileira. Apesar de ter registrado a presença de algumas aminas no filé, o índice de qualidade química (IQQ) que correlaciona às aminas no *sous vide*, resultou IQQ: 0,49, sem risco de toxicidade ao organismo humano. Os resultados evidenciam que o *sous vide* de pirarucu é uma alternativa para a indústria de alimentos oferecer produto à base de peixe com atributos sensoriais excelentes (sabor exótico) e com qualidade.

Palavras-chave: peixe, pirarucu, *sous vide*, tucupi, resíduo de camarão.

ABSTRACT

The goal of the research was to evaluate microbiological, physical-chemical and sensory sous vide of pirarucu (*Arapaima gigas*) with tucupi sauce and shrimp residue. For the preparation of sous vide the tenderloin was filleted in portions of 150g and subjected to pre-treatment at 200°C for 120s in heated plate and vacuum packed with sauce 37,5g. Later the fillet were pasteurize at 60°C for 568,8s, rapidly cooled and stored at 1°C in BOD incubator. The sensory evaluation with 10 semi-trained judges was made. Microbiological analyzes indicated that the pirarucu fillet and sous vide were within the standards required by law. The centesimal composition and the energetic value of the fillet presented significant difference ($p \leq 0.05$) when compared to *sous vide*. The TVB-N and TBARS values in filet and sous vide indicated good quality. The fatty acids profile identified high proportions of C16:0 and DHA C22:6 n-3 in the fillet, but in the *sous vide* C18:0 predominated. The n-6 / n-3 ratios found in the fillet and in the *sous vide* are within the recommended amount, being important for the human metabolism. The fillet did not registers mineral levels (mg/kg) higher than the maximum allowed by Brazilian law. Despite having registers the presence of some amines in the fillet, the chemical quality index (IQQ) that correlates to amines in sous vide, resulted IQQ: 0.49, without risk of toxicity to the human body. The results show that the sous vide of pirarucu is an alternative to the food industry to offer products based on fish with excellent sensory attributes (exotic flavor) and quality.

Keywords: fish, *arapaima*, *sous vide*, tucupi, shrimp waste.

1 INTRODUÇÃO

O pirarucu (*Arapaima gigas*), espécie de peixe de água doce do norte do Brasil, encontra-se na natureza, mas pode também ser produzido em cativeiro. Possui excelente composição nutricional *in natura*, porção dorsal desprovida de espinhas e grande aceitação pela população (FREITAS et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014).

O pirarucu tem sido tradicionalmente comercializado na forma de mantas salgadas e secas nos diversos mercados da região Norte do Brasil, propiciando ao produto características sensoriais totalmente diferentes do filé (músculo *in natura*). No entanto, o processo de salga do peixe é produzido de forma inadequada interferindo na qualidade microbiológica e em suas características físico-químicas (NUNES et al., 2012).

Os peixes, são alimentos altamente perecíveis, devido sua elevada atividade de água (*aw*) e pH próximo da neutralidade (HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2013). Os indicadores mais utilizados para verificar a qualidade físico-química no pescado são a análises das bases voláteis totais grau de oxidação lipídica, pois quanto mais elevados os valores indicam baixa qualidade (grau de conservação) ou estado de putrefação. Além disso, as aminas biogênicas indicam a aceitação/rejeição dos produtos, a presença de aminas em elevadas concentrações pode colocar em risco na saúde dos consumidores (SUGIMOTO, 2005).

Embora o pescado apresente uma contaminação primária, a partir de ecossistemas aquáticos contaminados, o manuseio após a captura, representado pelas etapas de beneficiamento, conservação e armazenamento, é referido como o fator determinante da qualidade microbiológica do produto (SOUSA et al., 2014)

Devido o antes exposto identifica-se a importância de desenvolver pesquisas que considerem modificações e combinações de métodos de conservação para melhorar as propriedades e qualidade dos produtos. O *sous vide* (do francês sob vácuo) é uma combinação de técnicas que foi desenvolvida por Georges Pralus na década de 1970 para o Restaurante Troisgros, em Roanne, na França (BALDWIN, 2012). A técnica pode ser empregada nos alimentos crus ou parcialmente cozidos (chapa aquecida, *grill*

ou assado), embalados em atmosfera modificada, hermeticamente selados, pasteurizados, controlando o binômio tempo/temperatura (<100°C), para preservar as características sensoriais e nutricionais (FDA, 2013). Finalmente, o produto deve ser armazenado a temperaturas entre 0-3°C e aquecido antes do consumo (SZERMAN et al., 2007).

O *sous vide* oferece benefícios como minimizar o risco de contaminação microbiológica do produto, evitar a perda do flavor, nutrientes e da textura do produto (BALDWIN, 2012; FDA, 2013). A elaboração de *sous vide* tendo como matéria prima o pirarucu, o tucupi e o resíduo de camarão, pode oferecer produto de fácil consumo e com alto valor nutricional.

Segundo BALDWIN (2012), os peixes como matéria prima, podem ser empregados para o desenvolvimento de produtos com a técnica *sous vide*, podendo ser utilizados frescos, sem escamas ou espinhas (filés).

Portanto, a proposta da presente pesquisa foi elaborar e avaliar os parâmetros de qualidade microbiológica, físico-química e sensorial de *sous vide* de pirarucu com molho de tucupi e resíduo de camarão, para obter um produto com sabores típicos da região amazônica de fácil e rápida preparação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção da matéria prima

O pirarucu (*Arapaima gigas*) utilizado neste trabalho foi obtido na cidade São João de Pirabas do Pará (Brasil). O peixe foi criado em tanques no sistema de piscicultura. O pirarucu foi colocado em um tanque por um período de 24h em jejum, antes do abate. Em seguida foi imerso em água gelada sob a temperatura de $1 \pm 1^\circ\text{C}$ por um período de 1200s até a morte. Após este procedimento, o pirarucu foi lavado e sanitizado com uma solução de hipoclorito de sódio a 5ppm por 900s. Posteriormente, foi realizado o corte das regiões: dorsal (lombo), ventre superior (ventrecha), ventre inferior (barriga) e cauda do pirarucu (Figura 3.1), embalados a vácuo e armazenado a -22°C , até sua utilização.



Figura 3.1- Representação dos cortes realizados no músculo do pirarucu: (L) lombo; (Ve) ventrecha; (B) barriga e (C) cauda.

O tucupi utilizado para o preparo do molho foi adquirido na comunidade de Nova Esperança no município de Acará, o resíduo de camarão foi adquirido de uma empresa de pesca e as especiarias no mercado Ver-o-Peso/Belém/Pará.

2.4 Análises microbiológicas

A pesquisa de *Salmonella* spp, contagens de *Estafilococcus coagulase positiva* e coliformes a 45°C foram realizadas de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2001) e análises de bactérias mesófilas e psicotróficas, *Clostridium sulfito redutor* e coliformes a 35°C . Todas as análises seguiram metodologia descrita por DOWNES E ITO (2001).

2.3 Elaboração do *sous vide* de pirarucu

Os filés foram descongelados sob refrigeração e cortados em porções de 150 g e imersos em salmoura a 3% com adição de ácido acético 30% até pH 2, durante 5 min. Em seguida, as porções foram drenadas e submetidas a pré-tratamento em chapa elétrica de aço inox (modelo: PR-650 G, marca: Progás, Brasil) a 200°C, durante 1 min de cada lado condição estabelecida através de teste preliminares. As porções de filé e molho foram colocadas em embalagens de nylon/lisa coextrusada com polietileno (marca: Solupack, Brasil), na proporção 1:4 (peixe/molho) em cada embalagem.

Os produtos (filé + molho) foram embalados a vácuo (98% de vácuo) na embaladora (modelo: F200 Flash, marca: Fastvac, Brasil). Em seguida, todas as amostras foram pasteurizadas em banho-maria (modelo: TE - 057, marca: Tecnal, Brasil) a 60°C durante 9,48 min condição estabelecida através de teste preliminares, cronometrado a partir do momento em que o centro da peça alcançou a temperatura do processo. Após o tratamento térmico, os produtos foram resfriados em água com gelo até atingir 0°C no ponto central do filé. Os produtos foram armazenados sob refrigeração ($1\pm 1^\circ\text{C}$) em incubadora DBO (modelo: Q315M16, marca: Quimis, Brasil) com controle de temperatura eletrônico.

2.5 Análises físico-químicas

As análises de umidade, proteínas, lipídeos, cinzas foram realizadas pela metodologia (AOAC, 2000); carboidratos totais e o valor calórico (BRASIL, 2003).

A determinação do teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (Thiobarbituric Acid Reactive Substances) foi realizada segundo metodologia proposta por VYNCKE (1970) e os resultados expressos em mg malonaldeído (MDA)/ kg de amostra. A análises de pH, acidez, Bases Voláteis Totais (N- BVT) e cloretos foram realizadas de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). A atividade de água (*aw*) foi medida em termohigrômetro digital (modelo: Aqualab 4TE, marca: Decagon Devices Inc, USA). A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada de acordo com a metodologia descrita por GOMEZ et al. (2000).

A análise de textura foi realizada em texturômetro (modelo: QTS 25, marca Brookfield, Alemanha) no filé *in natura* e processado, com dimensões de 2,0x5,0x5,0 cm (espessura x largura x comprimento), utilizando lâmina de Warner-Bratzler de acordo com a metodologia descrita por SIGURGISLADOTTIR et al. (1999).

A cor instrumental foi determinada utilizando colorímetro portátil (marca: Minolta, modelo: CR 310, USA), no espaço CIE (Comission Internacionale de L'Eclairage) L*, a*, b*, com fonte de luz D65, onde: os parâmetros L*: luminosidade; a* varia do vermelho (+a*) ao verde (-a*), e a coordenada b* do amarelo (+b*) ao azul (-b*). Foi calculado o índice de saturação (Eq.3.1) e ângulo de tonalidade (Eq. 3.2):

$$C = \sqrt{[(a^*)^2 + (b^*)^2]} \quad (\text{Eq. 3.1})$$

$$H = \tan^{-1}(a^*/b^*) \quad (\text{Eq. 3.2})$$

Para determinar o perfil de ácidos graxos à fração lipídica foi extraída pelo método descrito por BLIGH; DYER (1959), as amostras foram esterificados segundo metodologia estabelecida pela AOCS (2002), e a composição de ácidos graxos foi obtida por cromatografia gasosa pela conversão em ésteres metílicos (FAMES) de ácidos graxos, de acordo com metodologia proposta por (RODRIGUES; DARNET; DA SILVA, 2010; SMEDES; ASKLAND, 1999).

A determinação dos minerais foi realizada pela metodologia descrita por (SERRÃO et al., 2014).

A quantificação das aminas biogénicas foi realizada segundo procedimentos descritos por SILVA et al. (2011). O índice de qualidade químico (histamina, putrescina, cadaverina, espermidina e espermina) foi determinado segundo HUSS (1999).

1.6 Análise sensorial

A avaliação sensorial foi realizada no melhor tratamento estabelecido através do planejamento fatorial. Para isso, foi utilizada a metodologia descrita por SANTAELLA et al. (2012). O painel sensorial utilizou 10 provadores semi-

treinados, os quais tinham conhecimentos prévios dos princípios básicos da técnica e eram conhecedores do produto sob análise.

A análise foi realizada nos filés cozidos após sua preparação pela técnica *sous vide* com molho de tucupi e resíduo de camarão. A qualidade da amostra foi avaliada quanto aos atributos: aceitação, odor, cor, sabor e textura, utilizando a seguinte escala: (10) filé de alta qualidade e (3) filé deteriorado. Cada um dos julgadores recebeu uma amostra de 25g de *sous vide*, aquecida em banho-maria a 60°C durante 5min.

2.7 Análise Estatística

Os resultados das análises microbiológicas e físico-químicas foram analisados através da Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey a um nível de significância de 5%, utilizando o software Statistica version 5.0 (Statsoft Inc. 10 2005).

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização Microbiológica

Não foi detectada a presença de *Salmonella spp* e *Clostridium* sulfito-reductor nas amostras analisadas de pirarucu *in natura* e no *sous vide* (Tabela 3.1). Embora a legislação brasileira não estabeleça limites de tolerância para *Clostridium* sulfito reductor em produtos de pescados, pode-se comparar com o limite máximo de 5×10^2 UFC/g para carnes e produtos cárneos (BRASIL, 2001); o que permite afirmar que tanto o pirarucu *in natura*, quanto o *sous vide* analisado apresentaram boa qualidade, podendo ser consumido e/ou processado sem causar risco microbiológico.

Foi observada diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os valores do filé e do *sous vide*, nos valores de coliformes a 35°C e 45°C, contagem de mesófilos e psicotróficos ocorrendo diminuição da carga microbiana no *sous vide* devido ao processo térmico aplicado. Além disso, outros fatores devem ser destacados, porque seguramente influenciaram nos resultados, são a adição do lactato de sódio e o baixo pH do molho.

Tabela 3.1 - Análises microbiológicas do filé e do *sous vide*.

Análises	Filé	<i>Sous vide</i>
<i>Salmonella spp</i>	Ausência/25g	Ausência/25g
<i>Clostridium sulfito reductor</i>	Ausência	Ausência
<i>Estafilococcus coagulase positiva</i>	1,00 Log ^a UFC/g	1,00 Log ^a UFC/g
Coliformes a 35°C totais	2,36 Log ^a NMP/g	1,48 Log ^b NMP/g
Coliformes a 45°C termotolerantes	2,52 Log ^a NMP/g	1,48 Log ^b NMP/g
Contagem de mesófilos	3,18 Log ^a UFC/g	1,00 Log ^b UFC/g
Contagem de psicotróficos	3,40 Log ^a UFC/g	1,00 Log ^b UFC/g

UFC: unidades formadoras de colônia; NMP: número mais provável; *Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$).

A determinação de *Estafilococcus coagulase positiva* e a contagem de coliformes totais e termotolerantes (Tabela 3.1) apresentou valores inferiores ao limite (10^3) permitido (BRASIL, 2001). Estes micro-organismos não são característicos dos peixes e quando presentes podem estar associados à contaminação extrínseca, ou seja, pela manipulação e manuseio durante o processamento.

Os resultados das análises de mesófilos e de psicotróficos são inferiores aos valores críticos 10^6 UFC/g, estando dentro dos limites estabelecidos pela International Commission on Microbiological Specifications for Foods (VAN SCHOTHORST et al., 2009), pois a legislação brasileira não prevê limites para tais micro-organismos em peixes.

Os resultados de bactérias aeróbias mesófilas e coliformes termotolerantes e a ausência de *Salmonella* reportados na pesquisa foram inferiores aos de PAIVA et al. (2015), em músculo de pirarucu *in natura*. Os resultados de micro-organismos psicotróficos, ficaram inferiores a 6 log UFC/g encontrado no pirarucu por OLIVEIRA (2014).

Os resultados das análises microbiológicas do filé e *sous vide* evidenciam que a higienização e controle de temperatura durante a manipulação e processamento foram efetuados adequadamente, evitando riscos à saúde dos consumidores.

3.2 Análises Físico-Química

3.2.1 Composição centesimal

Os valores de umidade, proteínas, lipídeos, carboidratos, cinzas e valor energético total apresentaram (Tabela 3.2) diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre o filé e o *sous vide*. Ao comparar a composição centesimal do filé com o *sous vide* observa-se que o teor de umidade foi similar, no entanto o valor de proteínas do *sous vide* diminuiu. O aumento dos teores de lipídeos, carboidratos e cinzas do *sous vide* em relação ao filé, pode ser atribuído pela imersão do filé em salmoura, adição de óleo no pré-tratamento térmico e adição do molho na embalagem.

O valor de lipídios do filé o classifica como músculo magro, pois segundo CASTRO-GONZÁLEZ et al. (2007) peixes magros devem apresentar valor de lipídios $<3\%$, resultado também corroborado por OLIVEIRA (2014).

Os resultados da composição centesimal encontrado nesta pesquisa são similares aos reportados por MARTINS et al. (2014) e PAIVA et al. (2015), que também analisaram filé de pirarucu; e explicam que as variações identificadas podem ser atribuídas ao sexo, idade, época de captura e alimentação.

Os valores energéticos totais apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$). Segundo BRASIL (2003) os valores energéticos totais são de 2000 kcal, pelo que se determina que o filé e o *sous vide* contribuem com aproximadamente 5% da ingestão por cada 100g.

Tabela 3.2 - Análises físico-químicas do filé e do *sous vide*.

Composição	Filé	<i>Sous vide</i>
Umidade (g/100g)	76,18 ^b ± 0,37	78,15 ^a ± 0,43
Proteínas (g/100g)	20,82 ^a ± 0,20	15,17 ^b ± 0,28
Lipídios (g/100g)	1,16 ^b ± 0,30	3,25 ^a ± 0,37
Carboidratos ⁽¹⁾ (g/100g)	1,13 ^b	1,98 ^a
Cinzas (g/100g)	0,71 ^b ± 0,03	1,45 ^a ± 0,09
Valor Energético Total kcal/100g	98,24 ^a	97,86 ^a
pH	6,66 ^a ± 0,02	4,89 ^b ± 0,01
aw	0,96 ^b ± < 0,01	0,98 ^a ± < 0,01
CRA	85,4 ^b ± 0,07	88,7 ^a ± 0,08
N-BVT (mg N/100g)	1,67 ^b ± 0,26	2,82 ^a ± 0,30
TBARS (mg de MDA/kg)	0,35 ^a ± 0,03	0,42 ^a ± 0,06
Cloretos (g/100g)	0,25 ^b ± 0,01	0,57 ^a ± 0,02
Acidez	----	4,29 ± 0,12
Textura	2,97 ^b ± 0,27	9,26 ^a ± 0,16
Cor instrumental		
L*	63,36 ^b ± 1,65	68,90 ^a ± 0,77
a*	-4,07 ^b ± 0,22	3,14 ^a ± 0,87
b*	7,67 ^b ± 0,58	25,59 ^a ± 0,88
C	8,78 ^b ± 0,47	25,07 ^a ± 1,87
h°	119,44 ^a ± 0,74	85,54 ^b ± 6,37

*Media ± desvio padrão. *Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$); (1) Calculado por diferença em relação a 100%.

3.2.2 Físico-químicas

Os resultados registrados de pH (Tabela 3.2) apresentam diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras do filé e do *sous vide*, devido a adição de ácido acético na salmoura, na qual os files foram imersos durante a elaboração do produto, tucupi e o molho utilizado durante a elaboração do produto.

O valor de pH do filé se encontra próximo aos limites para o músculo externo de peixes (<6,8) e interno (<6,5), regulamentados pela legislação brasileira (BRASIL, 1997). O valor de pH 4,89 do *sous vide* com molho de tucupi e resíduo de camarão encontra-se similar do apresentado pH 4,71 segundo COSANSU et al. (2013) em *sous vide* com adição de suco de limão.

A atividade de água (*aw*) do filé e do *sous vide* registraram valores $\geq 0,96$ típico nos peixes *in natura* e nos processados pela técnica desenvolvida na pesquisa. Os resultados confirmam que o músculo de pirarucu é um alimento altamente perecível e susceptível as alterações por micro-organismos, devido as condições de pH e *aw*. Segundo SAMAPUNDO et al. (2014) a maior parte dos micro-organismos se desenvolvem com atividades de água, *aw* $\geq 0,90$, o que evidencia que é indispensável à aplicação de técnicas ou combinações delas para garantir a conservação da matéria prima e o produto por tempo mais prologados. Segundo DÍAZ, GARRIDO, E BAÑÓN (2011) encontraram valor de *aw* de 0,92 em *sous vide* de salmão, os resultados da presente pesquisa foram mais elevados devido a adição de molho na embalagem.

Os valores de Bases Nitrogenadas Voláteis Totais (N-BVT) apresentam diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre o filé e o *sous vide*. No entanto, os dados registrados nas amostras indicam que estão abaixo do limite de 30 mgN/ 100g estabelecido pela legislação vigente (BRASIL, 1997) e o parâmetro 35 mgN/ 100g Internacional da Comissão Européia (CCE, 1995), confirmando o grau de frescor.

Outro parâmetro que determina o índice de qualidade no músculo de peixe tanto *in natura*, quanto processado é o valor de TBARS. Nesta pesquisa, os valores obtidos foram de $0,35 \pm 0,03$ e $0,42 \pm 0,06$, pois de acordo com SCHORMULLER (1968) valores de TBARS < 3 mg de MDA/kg no alimento indicam excelente qualidade.

A análise de cloretos apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras do filé e *sous vide* devido à adição de sais como cloreto de sódio (NaCl) na imersão do filé na salmoura, e do lactato de sódio na elaboração do molho.

Segundo (BRASIL, 2001) alimentos com pH maior que 4,5 são comumente identificados como de baixa acidez. No caso do *sous vide* foi $4,29 \pm 0,12$ valor que atua na combinação de barreiras na inibição dos micro-organismos. Outros fatores como o lactato de sódio que é um regulador de acidez, e o tucupi de pH baixo e elevada acidez total, também contribuíram na conservação do *sous vide*.

O aumento no teor de acidez total está relacionado com a diminuição nos valores de pH durante o processamento do *sous vide* devido ao ácido acético e do tucupí. Quanto mais baixa a acidez, maior é a inibição microbiana.

A textura (resistência ao corte) registrou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras. Afirma-se pelos dados obtidos que foi necessária maior força para o corte nas amostras do *sous vide*, isso se deve às perdas de água que ocorre no filé durante o pré-tratamento térmico e provavelmente pelo encolhimento da proteína miofibrilar. De acordo com YU et al. (2014) a desnaturação de proteínas reduz a capacidade de retenção de água do músculo, causando contração das fibras musculares produzindo uma textura mais dura e mais compacta do tecido.

Os resultados de cor instrumental (Tabela 2) mostram que os parâmetros L^* (luminosidade), a^* (intensidade da cor vermelha), b^* (intensidade da cor amarela) apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras, após o processamento *sous vide* onde ocorrem câmbios físico-químicos pela adição do molho e a temperatura de pasteurização.

Segundo RIBEIRO et al. (2007) o espaço de cor CIELAB está representado por um máximo valor de L^* (luminosidade) de 100, o que representa uma perfeita reflexão difusa, enquanto que o valor mínimo é zero e constitui o preto. Por isso pode-se afirmar que as amostras do *sous vide* apresentam maior luminosidade, quando comparadas com o valor obtido no filé.

De acordo aos resultados registrados dos parâmetros a^* e b^* existiu diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras. Os filés apresentaram tendência a tonalidade de a^* negativa. Entretanto, no *sous vide* a tendência foi para a cor laranja avermelhada. Para o para b^* o *sous vide* apresentou valores positivos maiores quando comparado com o valor dos filés, registrando maior tendência às cores amarelados. As diferenças encontradas entre as amostras são devido ao pré-tratamento térmico, adição do molho e ao processo de pasteurização, que modificam proteínas e pigmentos relacionados com a cor do músculo.

Os dados de cromaticidade (C) refletem diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras sob estudo, como o croma é dependente de a^* e b^* na

mesma intensidade, verificou-se que os valores nesta pesquisa tiveram maior influência da cor com tendência ao amarelo.

Para o ângulo Hue (h°), que se relaciona com a tonalidade, observou-se diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras. A variação na tonalidade encontrada foi de amarelo claro (ângulo 90°) no filé para tendência à cor amarelo laranja (ângulo 0°) no *sous vide*, influenciado pelo pré-tratamento térmico e de pasteurização, que possivelmente ocasionou a desnaturação da mioglobina, para meta-mioglobina ocasionando as mudanças na tonalidade.

3.2.3 Perfil de ácidos graxos

Os perfis de ácidos graxos analisado nesta pesquisa registraram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre filé e *sous vide* e os resultados são mostrados na Tabela 3.3.

No filé identificou-se alta proporção tanto de ácido palmítico (C 16:0), resultado igual ao registrado por TONIAL et al. (2010) em salmão, quanto, do ácido docosaenoico (DHA C 22:6 n- 3), sendo este último diretamente envolvido na redução de fatores de risco associados a doenças cardiovasculares, depressão, diabetes, anti-inflamatório e imunológico (CASTRO-GONZÁLEZ et al., 2007).

No *sous vide* foram encontradas elevadas quantidades de ácido oleico (C18:1), ácido palmítico (C 16:0) e ácido esteárico (C18:0), com predominância deste último, a presença destes ácidos graxos pode-se atribuir à composição do óleo vegetal utilizado durante o pré-tratamento térmico.

Os ácidos graxos saturados tem destaque tanto no filé, quanto no *sous vide*, pois sua contribuição é maior a 60% do total dos ácidos graxos. Este resultado também foi reportado por MINCIT (2013) no pirarucu *in natura*, onde a percentagem obtida foi de 64%.

Segundo MINCIT (2013) a composição de ácidos graxos do filé é aproximadamente de 32-53% AGS, 13-28% AGPI e 24-39% AGMI. Os resultados obtidos nesta pesquisa registraram valores de AGS 64%, AGPI 24% e AGMI 10%, evidenciando que somente o AGS ficou acima daqueles valores, o que se atribui às diferenças no tipo de alimentação dos peixes e ao ambiente de crescimento.

Tabela 3.3 - Perfil de ácidos graxos do filé e do *sous vide*.

Ácidos graxos	% Filé	% <i>Sous vide</i>
Saturados		
C 14:0 Ácido Mirístico	7,08 ^a	2,59 ^b
C 16:0 Ácido Palmítico	16,05 ^b	23,12 ^a
C 18:0 Ácido Esteárico	8,47 ^b	35,25 ^a
C 20:0 Ácido Araquídico	ND	0,67 ^a
C 22:0 Ácido Behênico	7,21 ^a	ND
Monoinsaturados		
C 14:1 n- 5 Ácido Miristoléico	ND	0,43 ^a
C 16:1 Ácido Palmitoléico	9,52 ^a	3,05 ^b
C 18:1 n- 9 Ácido Oléico	0,78 ^b	19,38 ^a
C 20:1 Gadoléico	ND	2,57 ^a
C 24:1 Ácido Nervônico	0,46 ^a	ND
Poli-insaturados		
C 18:2 Ácido Linoléico	ND	0,30 ^a
C 18:3 n- 6 Ácido Linolênico	5,34 ^a	2,52 ^b
C 20:3 Ácido di-homo (alfa) linolênico	ND	0,13 ^a
C 20:5 n-3 Ácido Eicosapentaenóico – EPA	6,88 ^a	4,43 ^b
C 22:6 n- 3 Ácido Docosaexaenóico DHA	12,30 ^a	5,57 ^b
<i>Total</i>	100	100
AGS	64,75 ^a	61,63 ^b
AGMI	10,73 ^b	25,43 ^a
AGPI	24,52 ^a	12,95 ^b
AGPI/ AGS	0,38 ^a	0,21 ^b
Σn-6	5,34 ^a	2,52 ^b
Σn-3	19,18 ^a	10,00 ^b
n-6/ n-3	0,28 ^a	0,25 ^b

*Media; *Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$); ND: não identificado; *AGS– Ácidos Graxos Saturados; AGMI – Ácidos Graxos Monoinsaturados; AGPI –Ácidos Graxos Poli-insaturados; n-9: ácidos graxos ômega-9; n-6: ácidos graxos ômega-6; n-3: ácidos graxos ômega-3; AGPI/AGS: razões entre ácidos graxos poli-insaturados/ saturados; n-6/n-3: razões entre ácidos graxos ômega-6/ômega-3.

Segundo Department of Health and Social Security (1994), as dietas que contem razão AGPI/AGS $\geq 0,45$ são consideradas nutricionalmente saudáveis pelos humanos. Verifica-se que esta relação no *sous vide* de pirarucu está um pouco abaixo deste limite, ainda assim apresenta uma importante contribuição de 0,21.

Os peixes são a maior fonte de ácidos graxos n-3 (AGn-3) de origem animal, principalmente o ácido eicosapentaenoico (EPA) (C20:5 n-3) e o ácido docosaexaenoico (DHA) (C22:6 n-3) (CASTRO-GONZÁLEZ et al., 2007). O

ácido Docosaenoico (DHA) é importante no funcionamento e desenvolvimento da retina e cérebro.

O ômega-3 apresentou no filé e no *sous vide* em quantidades de 19,18 – 10,00 % respectivamente, sendo recomendado 2g por dia, na dieta humana. Os ácidos graxos da família ômega-3 e ômega-6 proporcionam diferentes condições funcionais por separados e combinados podem atuar na regulação de vários processos fisiológicos humanos. O ômega-6 resultou em menor proporção com valor de 5,34%. MINCIT (2013) registrou valores máximos de omega n-3 de 12,60% e omega n-6 14,34% em pirarucu. O peixe de cativeiro contém níveis mais elevados de n-3 que de n-6, pois recebem n-3 de fontes oleaginosas. Isto ocorre, devido as dietas fornecidas aos peixes que não visam os valores nutricionais da carne do peixe para o consumidor (SUÁREZ-MAHECHA et al. 2002).

As razões na relação n-6/n-3 em peixes têm sido utilizadas com frequência para analisar o teor nutricional, a razão necessária deveria ser 1/1 ou 2/1. MINCIT (2013) registrou valores de 0,16-1,17 n6/n3 em amostras de pirarucu. Segundo TONIAL E SOUZA (2010) valores menores que 4,0 são ótimos. Nesta pesquisa a razão n-6/n-3 está dentro do valor recomendado, pois se obteve no filé 0,28 e no *sous vide* 0,25. Finalmente, corrobora-se que a relação n6/n3 e ácidos graxos em geral são influenciados basicamente por fatores genéticos, ambientais e nutricionais (SOUZA, ANIDO, e TOGNON, 2007).

3.2.4 Composição dos minerais do filé

O teor de cálcio (Ca) de 8,0 (mg/kg) e de ferro (Fe) 0,33 (mg/kg) obtidos nesta pesquisa resultaram abaixo do encontrado por ERSOY E ÖZEREN (2009) em bagre *in natura*, espécie de peixe de água doce. Os teores de minerais nos peixes estão diretamente influenciados pela qualidade da água, ambiente piscicultura (água doce) ou mar (água salgada), alimentação (razão) e às condições fisiológicas de idade, sexo e maturação sexual.

O valor de manganês (Mn) ficou abaixo do limite de detecção de 0,002 mg/L. No entanto, os valores de cobre (Cu), níquel (Ni), zinco (Zn,) e chumbo (Pb) presentes nas amostras do filé de pirarucu *in natura* não registraram teores (mg/kg) superiores aos máximos permitidos para músculo de peixe,

segundo BRASIL (1965) que estabelece valores de Cu é 30,00; Ni é 5,00; Zn é 50,00; Pb é 2,00.

O magnésio (Mg), sódio (Na) e mercúrio (Hg) apresentaram teores (mg/kg) de $1,63 \pm 0,03$; $6,54 \pm 0,07$ e $0,013 \pm 0,001$ respectivamente. O Hg registro valor inferior do limite exposto em (BRASIL, 1965) de 0,50 (mg/kg), e do identificado por MINCIT (2013) para pirarucu *in natura* de 0,13 - 0,83 (mg/kg). O resultado é aceitável toxicologicamente para consumo humano, pois segundo OUÉDRAOGO E AMYOT (2011), altos conteúdos de Hg em peixes pode ser facilmente transformado em metilmercúrio (MeHg) e conseqüentemente gerar doenças como câncer e cardiovasculares. Além disso, o mercúrio em músculos de peixe não é eliminado durante a cocção e provavelmente permanecerá ligado às proteínas.

O valor de ingestão diária recomendada (IDR) para Mg segundo Brasil (2005) é de 2,6 (mg/kg). Para o músculo do pirarucu foi identificado $1,63 \pm 0,03$ (mg/kg), valor aceitável desde o ponto de vista nutricional e benéfico para o ser humano, pois este auxilia desenvolvimento dos ossos, as funções nervosas e musculares, além da absorção de outros minerais e vitaminas.

Os níveis de Na resultante da pesquisa foram $6,54 \pm 0,7$ (mg/kg), sendo menor ao recomendado pela legislação brasileira (BRASIL, 2005), o qual é de 24 (mg/kg). A tendência mundial com respeito ao Na é de redução devido a sua relação com o aumento da pressão arterial (BRASIL, 2005).

3.2.5 Análises de aminas biogênicas

O resultado da análise das aminas biogênicas do pirarucu *in natura* detectou somente a triptamina (TRM) com valor de 2,14 (mg/kg). A legislação BRASIL (1997) não faz referência dos níveis de tolerância de triptamina em peixe *in natura*. Não entanto, devido aos resultados registrados, afirma-se que não foi elevada a descarboxilação do triptófano, aminoácido precursor desta amina biogênica nos peixes.

Segundo GOMES et al. (2014) não existe um quantitativo máximo de consumo da triptamina relacionado com o efeito tóxico. Não entanto, faz-se necessário levar em consideração durante o processamento do pirarucu o aminoácido triptófano, que poderia ter efeitos negativos em função de sua descarboxilação, pois gera triptamina, que em níveis elevados pode causar

doenças como: dor de cabeça, enxaqueca, aumentar a pressão sanguínea, devido à constrição do sistema vascular e a taxa da contração cardíaca (CARDOZO et al., 2013; GOMES et al., 2014).

A importância da determinação das aminas biogênicas nos peixes está relacionada à prevenção da qualidade, pois sua detecção em níveis não aceitáveis na matéria prima é indício de deterioração, além disso, a sua estabilidade aos tratamentos térmicos a altas temperaturas (HUSS, 1999), e possível desenvolvimento nos produtos prontos.

No *sous vide* após de 63 dias de armazenamento sob refrigeração se desenvolveram as seguintes aminas biogênicas expressando os valores em (mg/kg), putrescina $0,02 \pm 0,01$, cadaverina $0,46 \pm 0,31$, espermidina $0,82 \pm 0,96$, histamina $0,02 \pm 0,03$, espermina $0,20 \pm 0,05$ e tiramina $1,36 \pm 0,03$, resultando esta última com o maior valor. Isto pode ser explicado, provavelmente pelo conteúdo de aminoácidos livres (histidina/histamina, ornitina/putrescina, lisina/cadaverina e tirosina/tiramina) e tempo de armazenamento sob refrigeração.

Apesar de ter registrado a presença de algumas aminas no *sous vide*, o índice de qualidade químico segundo HUSS (1999) utilizado em produtos a base de peixe, que correlaciona às aminas histamina, putrescina, cadaverina, espermidina e espermina resultou com um valor de 0,49, indicando baixa perda da qualidade, não apresenta risco de toxicidade ao organismo humano. Algumas das aminas biogênicas detectadas no produto *sous vide* como histamina, tiramina e putrescina, segundo SUGIMOTO (2005) presentes em baixas quantidades nos alimentos e necessárias para as funções fisiológicas do homem e outros animais, mas que podem provocar efeitos tóxicos se consumidas em quantidades elevadas.

3.3 Análise sensorial

As amostras de *sous vide* com 0° dia de armazenamento, apresentaram em média 8 pontos em relação aos atributos de aceitação, cor, sabor, olor e textura, os quais foram avaliados. Os efeitos da pasteurização e do molho no filé de pirarucu embalado a vácuo foram positivos, permitido conseguir no produto atributos de sabor e aroma característico do tucupi e uma textura firme.

4 CONCLUSÃO

As análises microbiológicas e físico-químicas indicaram que os filés do pirarucu e o *sous vide* apresentavam boa qualidade e encontravam-se dentro dos padrões permitidos pela legislação brasileira vigente.

O perfil ácidos graxos identificou altas proporções de C16:0 e C22:6 no filé, mas no *sous vide* o C18:0 predominou. As razões n-6/n-3 encontradas no filé e no *sous vide* indicam bom teor nutricional.

Os teores (mg/kg) de minerais encontrados no filé não registraram valores superiores aos máximos permitidos pela legislação brasileira vigente.

Apesar de ter registrado a presença de triptamina no filé, no *sous vide*, o índice de qualidade química resultou baixo, sem risco de toxicidade ao organismo humano.

O *sous vide* de pirarucu apresentou excelente qualidade sensorial é uma alternativa para a indústria de alimentos oferecer produto à base de peixe de qualidade com sabor exótico.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, J. S. DE; VASCONCELOS, J. C. DE; INHAMUNS, A. J.; SILVA, M. D. S. B. DA. Estudo Microbiológico de Pescado Congelado Comercializado em Manaus. **Manaus: SUDAM. Pesquisa em Ciências da Saúde do INPA**, v. 14, n. 1, p. 1–10, 1996.

BALDWIN, D. E. *Sous vide* cooking: A review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 1, n. 1, p. 15–30, 2012.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 389–395, 1959.

BRASIL. Decreto nº55871, de 26 de março de 1965. **Modifica o Decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprêgo de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962. D.O.U. - Diário Oficial da União; de 09 de abril de 1965. Legislação Federa**, 1965.

BRASIL. Resolução RDC nº 185, de 13 de maio de 1997. **Aprovação de Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Peixe Fresco. Ministerio de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. D.O.U. - Diário Oficial da União, de 22 de Outubro de 2001. Legislação Federal**, 1997.

BRASIL. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. **Aprova o Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. Diário Oficial da União, de 02 de janeiro de 2001. Legislação Federal**, 2001.

BRASIL. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. **Aprova o Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. Diário Oficial da União, de 26 de dezembro de 2003. Legislação Federal**, 2003.

BRASIL. Resolução RDC nº 269, de 22 de Setembro de 2005. **Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Proteína, Vitaminas e Minerais. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, de 23 de setembro de 2005. Legislação Federal**, 2005.

CARDOZO, M.; LIMA, K. S. C.; FRANÇA, T. C. C.; LIMA, A. L. S. Biogenic Amines: A Public Health Problem. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 2, p. 149–168, 2013.

CASTRO-GONZÁLEZ, M. I.; OJEDA, V. A.; MONTAÑO, B. S.; LEDESMA, C. E.; PÉREZ-GIL, R. F. Evaluación de los Ácidos Grasos n-3 de 18 Especies de Pescados Marinos Mexicanos Como Alimentos Funcionales. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 57, n. 1, p. 85–93, 2007.

COSANSU, S.; MOL, S.; UCOK ALAKAVUK, D.; OZTURAN, S. The Effect of Lemon Juice on Shelf Life of *Sous Vide* Packaged Whiting (*Merlangius merlangus euxinus*, Nordmann, 1840). **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 1, p. 283–289, 2013.

DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease. In: **Cardiovascular Review Group, Report in Health and Social Subjects.**, v. 46, p. 186, 1994.

DÍAZ, P.; GARRIDO, M. D.; BAÑÓN, S. Spoilage of *Sous Vide* Cooked Salmon (*Salmo Salar*) Stored Under Refrigeration. **Food science and technology international**, v. 17, n. 1, p. 31–37, 2011.

ERSOY, B.; ÖZEREN, A. The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. **Food Chemistry**, v. 115, n. 2, p. 419–422, 2009.

EVANCHO, G. M.; SVEUM, W. H.; MOBERG, L. J.; FRANK, J. F. Microbiological Monitoring of the Food Processing Environment. In: **APHA, Compendium of Methods for the Microbiological Examinations of Food. 4th ed. Washington, D.C.**, p. 25–36, 2001.

FDA. Food Code: Recommendations of the United States Public Health Service Food and Drug Administration. **Department of Health and Human Service, USA**, p. 768 p, 2013.

FREITAS, A. C. V; COSTA, H. M. S.; ICIMOTO, M. Y.; et al. Giant Amazonian fish pirarucu (*Arapaima gigas*): Its viscera as a source of thermostable trypsin. **Food Chemistry**, v. 133, n. 4, p. 1596–1602, 2012.

GOMES, M. B.; PIRES, B. A. D.; FRACALANZZA, S. A. P.; MARIN, V. A. O Risco das Aminas Biogênicas nos Alimentos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 4, p. 1123–1134, 2014.

GOMEZ-GUILLEN, M. C.; MONTERO, P.; HURTADO, O.; BORDERIAS, A J. Biological characteristics affect the quality of farmed Atlantic salmon and smoked muscle. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 1, p. 53–60, 2000.

HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, M.; GALLARDO-VELÁZQUEZ, T.; OSORIO-REVILLA, G.; et al. Prediction of total fat, fatty acid composition and nutritional parameters in fish fillets using MID-FTIR spectroscopy and chemometrics. **LWT - Food Science and Technology**, v. 52, n. 1, p. 12–20, 2013.

HUSS, H. H. El Pescado Fresco : Su Calidad y Cambios de su Calidad. **FAO, Documento Técnico de Pesca 348. Ministerio de Pesca**, p. 202, 1999.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. Aditivos. In: **IAL, Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos, 4ta Edição. Secretaria de Estado da Saúde Coordenadoria de Controle de Doenças**, p. 161–278, 2008.

MARTINS, M. G.; MARTINS, D. E. G.; PENA, SILVA, R. DA. Drying kinetics and hygroscopic behavior of pirarucu (*Arapaima gigas*) fillet with different salt contents. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 144–151, 2015.

MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO - MINCIT. Caracterización Físicoquímica del Filete de Pirarucú (*Arapaima gigas*) y Socialización de su Potencial de Producción y Comercialización en el Mercado Nacional e Internacional. **Ministerio de Comercio Industria y Turismo. República de Colombia**, 2013.

NUNES, E. S. C. L.; FRANCO, R. M.; MARSICO, E. T.; NEVES, M. DA S. Qualidade do pirarucu (*Arapaima gigas* Schinz, 1822) salgado seco comercializado em mercados varejistas. **Rev Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 3, p. 520–529, 2012.

OLIVEIRA, P. R. DE; JESUS, R. S. DE; BATISTA, G. M.; LESSI, E. Avaliação sensorial , físico-química e microbiológica do pirarucu (*Arapaima gigas*, Schinz 1822) durante estocagem em gelo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 1, p. 67–74, 2014.

OUÉDRAOGO, O.; AMYOT, M. Effects of various cooking methods and food components on bioaccessibility of mercury from fish. **Environmental Research**, v. 111, n. 8, p. 1064–1069, 2011.

PAIVA, F. DE C.; ALECRIM, M. M.; TEIXEIRA, M. F. S.; DE SOUZA KIRSCH, L.; DE JESUS, R. S. Produção de hidrolisado proteico de pirarucu utilizando-se protease de *Aspergillus flavo-furcatis* e pancreatina. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 45, n. 1, p. 89–96, 2015.

RIBEIRO, S. C. A.; RIBEIRO, C. D. F. A.; PARK, K. J.; ARAUJO, E. A. F. Alteração da Cor da Carne de Mapará (*Hypophthalmus Edentatus*) Desidratada Osmoticamente e Seca. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. Campina Grande.**, v. 9, n. 2, p. 125–135, 2007.

RODRIGUES, A. M. D. C.; DARNET, S.; DA SILVA, L. H. M. Fatty Acid Profiles and Tocopherol Contents of Buriti (*Mauritia flexuosa*), Patawa (*Oenocarpus bataua*), Tucuma (*Astrocaryum vulgare*), Mari (*Poraqueiba paraensis*) and Inaja (*Maximiliana Maripa*) fruits. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 21, n. 10, p. 2000–2004, 2010.

SAMAPUNDO, S.; HEYNDRIKX, M.; XHAFFERI, R.; DE BAENST, I.; DEVLIEGHERE, F. The combined effect of pasteurization intensity, water activity, pH and incubation temperature on the survival and outgrowth of spores of *Bacillus cereus* and *Bacillus pumilus* in artificial media and food products. **International Journal of Food Microbiology**, v. 181, p. 10–18, 2014.

SCHORMULLER, J. Tierische Lebensmittel: T. 1. Milch, Butter, Käse. T. 2. Eier, Fleisch, Fisch, Butter-Milch. In: **SCHORMULLER, Handbuch der Lebensmittelchemie**, v. 3, p. 1640, 1968.

VAN SCHOTHORST, M.; ZWIETERING, M. H.; ROSS, T.; BUCHANAN, R. L.; COLE, M. B. Relating microbiological criteria to food safety objectives and performance objectives. **Food Control**, v. 20, n. 11, p. 967–979, 2009.

SERRÃO, C. R. G.; PONTES, A. N.; DANTAS, K. D. G. F.; et al. Biomonitoring of Metallic Elements in Freshwater Fish of Amazon. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 6, p. 1661–1667, 2014.

SIGURGISLADOTTIR, S.; HAFSTEINSSON, H.; JONSSON, A.; et al. Textural Properties of Raw Salmon Fillets as Related to Sampling Method. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 1, p. 99–104, 1999.

SILVA, T. M.; SABAINI, P. S.; EVANGELISTA, W. P.; GLORIA, M. B. A. Occurrence of histamine in Brazilian fresh and canned tuna. **Food Control**, v. 22, n. 2, p. 323–327, 2011.

SMEDES, F.; ASKLAND, T. K. Revisiting the development of the Bligh and Dyer total lipid determination method. **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n. 3, p. 193–201, 1999.

SOUSA, C. L.; FREITAS, J. A.; LOURENO, LÚ. F. H.; ARAUJO, E. A. F.; JOELE, M. R. S. P. Microbiological contamination of surfaces in fish industry. **African Journal of Microbiology Research**, v. 8, n. 5, p. 425–431, 2014.

SOUZA, S. M. G. DE; ANIDO, R. J. V.; TOGNON, F. C. Ácidos Graxos Ômega-3 e Ômega-6 na Nutrição de Peixes – Fontes e Relações. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 6, n. 1, p. 63–71, 2007.

SUÁREZ-MAHECHA, H.; FRANCISCO, A.; BEIRÃO, L. H.; et al. Importância de Ácidos Graxos Poliinsaturados Presentes em Peixes de Cultivo e de Ambiente Natural para a Nutrição Humana. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 28, n. 1, p. 101–110, 2002.

SUGIMOTO, L. Técnicas para melhor avaliar o frescor do pescado. **Journal da Unicamp**, , n. 299, p. 5–9, 2005.

TONIAL, I. B.; OLIVEIRA, D. F. DE; BRAVO, C. E. C.; SOUZA, N. E. DE; VISENTAINER, J. V. Caracterização Físico-Química e Perfil Lipídico do Salmão (*Salmo Salar L.*). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 1, p. 93–98, 2010.

VYNCKE, W. Direct Determination of the Thiobarbituric Acid Value in Trichloroacetic Acid Extracts of Fish as a Measure of Oxidative Rancidity. **Fette Seifen Anstrichmittel**, v. 72, n. 12, p. 1084–1087, 1970.

YU, X.; LLAVE, Y.; FUKUOKA, M.; SAKAI, N. Estimation of color changes in fish surface at the beginning of grilling based on the degree of protein denaturation. **Journal of Food Engineering**, v. 129, p. 12–20, 2014.

CAPÍTULO IV: EFEITO DA EMBALAGEM EM ATMOSFERA MODIFICADA EM *SOUS VIDE* DE PIRARUCU (*Arapaima gigas*) DURANTE O ARMAZENAMENTO SOB REFRIGERAÇÃO

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da atmosfera modificada no *sous vide* de pirarucu (*Arapaima gigas*) com molho de tucupi e resíduo de camarão durante o armazenamento sob refrigeração à $1 \pm 1^\circ\text{C}$. Utilizou-se a porção dorsal de espécime proveniente do cultivo do Estado do Pará, da região de São João de Pirabas, Norte do Brasil. As amostras foram submetidas a 3 tratamentos: A₁ (vácuo), A₂ (60%CO₂ / 40%N₂) e A₃ (70% CO₂ / 30%N₂), que foram embaladas e submetidas à análise nos tempos 0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 e 63 dias de armazenamento. Foram realizadas análises de Coliformes a 45°C, *Salmonella spp* e *Estafilococcus* coagulase positiva na matéria-prima. Por outro lado, caracterizou-se sob considerações físico-químicas o molho. A vida útil dos produtos foi avaliada pelas mudanças dos gases CO₂ e N₂, parâmetros físico-químicos (pH, aw, CRA, acidez, textura), cor (L*, a*, b*, C e H), assim como os indicadores de qualidade (N-BVT e TBARS) e foi realizada análise sensorial (cor, sabor, aroma, textura e aceitação) empregando escala hedônica de nove pontos. As amostras de pirarucu *in natura* apresentaram qualidade microbiológica e físico-química. O molho a base de tucupi e resíduo de camarão apresentou pH 3,69 e acidez 7,18, elevados níveis de aw e umidade, cinzas de 2,92 e cloretos de 1,9, sólidos totais solúvel de 8,63 e cor com tendência ao amarelo. Durante a vida útil verificou-se que a concentração de CO₂ nas embalagens apresentou tendência a diminuir de 60% à 40% e de 70% à 50% aproximadamente, enquanto que o oxigênio registrou aumento com valor máximo de 1,31% no final do armazenamento. Os resultados das análises microbiológicas, encontravam-se dentro da legislação vigente durante o todo o período de armazenamento. A análise de componentes principais determinou os parâmetros que definem a vida útil do *sous vide* que são BVT-N e TBARS, parâmetros de cor b* e C, análise sensorial de aceitação, textura, sabor e aroma. Através da análise múltipla de fator foi determinada a vida útil do *sous vide* armazenado a 1°C em 49, 35 e 28 dias para as embalagens em atmosfera modificada vácuo, 70%CO₂/30%N₂ e 60%CO₂/40%N₂ respectivamente.

Palavras-chave: pirarucu, *sous vide*, atmosfera modificada.

ABSTRACT

The goal of the research was to evaluate the effect of modified atmosphere in the sous vide of pirarucu (*Arapaima gigas*) with tucupi sauce and shrimp residue during storage under refrigeration at $1 \pm 1^\circ\text{C}$. The tenderloin of pirarucu acquire from a cultivation in the State of Pará, in the region of São João de Pirabas, Northern Brazil, was used. The samples were subjected to 3 treatments: A₁ (vacuum), A₂ (60% CO₂ / 40% N₂) and A₃ (70% CO₂ / 30% N₂) which were packaged and subjected to analysis at 0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 and 63 days of storage. Analyses of Coliforms, *Salmonella spp* and coagulase positive *Staphylococcus* were performed at 45°C in raw material. Moreover, the sauce was characterized in physical-chemical considerations. The shelf-life of the product was evaluated by the changes of gases CO₂ and N₂, physical-chemical parameters (pH, aw, WHC, acidity, texture), color (L*, a*, b*, C and H), and the quality indicators (TVB-N and TBARS). Sensory analysis (color, flavor, aroma, texture and acceptance) using hedonic scale of nine points, was made. Samples of pirarucu in natura showed microbiological and physical-chemical quality. The sauce with tucupi and shrimp residue showed pH 3.69 and acidity of 7.18, high levels of aw and moisture, ash content of 2.92, chlorides of 1.9, total soluble solids of 8.63 and color with tendency to yellow. During the shelf-life was found that the concentration of CO₂ in the packages registered a tendency to decrease from 60% to 40% and 70% to 50% approximately, while the oxygen registered increase with a maximum value of 1.31% at the end of storage. The results of microbiological analysis were within the current legislation during the storage period. The principal component analysis determined that the parameters which define the shelf-life of the sous vide are TVB-N and TBARS, color parameters b* and C, sensory analysis of acceptance, texture, flavor and aroma. Through the multiple factor analysis was determined the shelf-life of the sous vide stored at 1°C in 49, 35 and 28 days for the modified atmosphere at vacuum, 70% CO₂ / 30% N₂ and 60% CO₂ / 40% N₂ respectively.

Keywords: arapaima, *sous vide*, modified atmosphere.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui um grande potencial pesqueiro, com enorme diversidade de espécies de água doce. A piscicultura de água doce, subtipo da aquicultura, é um dos sistemas de produção de alimentos que está crescendo constantemente, ajudando a diminuir os impactos da exploração sobre os estoques naturais de peixes, dentre essas espécies mais cultivadas destacam-se a tilápia, o tambaqui, o pacu e o pirarucu (IBGE, 2013).

O pirarucu é uma espécie nativa da região amazônica, que, na natureza, alcança até 200 kg de peso total, e sua elevada importância econômica tem motivado o interesse crescente na sua exploração comercial por criadores de peixes (PEREIRA-FILHO e ROUBACH, 2005). Possui excelente composição nutricional, de minerais, de ácidos graxos *in natura* e grande aceitação pela população (OLIVEIRA et al., 2014).

O pescado é um alimento muito perecível, que passa por mudanças logo após a sua morte, portanto é importante desenvolver pesquisas, pois se conservados em atmosferas ricas em oxigênio, tem uma limitada vida útil e o crescimento de micro-organismos aeróbios produtores de alterações, promovem mudanças de odor, sabor, cor e textura, conduzindo à perda da qualidade (TEODORO; ANDRADE; MANO, 2007). A vida útil é definida como o tempo no qual o produto alimentício irá permanecer seguro, mantendo suas características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais (FIB, 2011a).

O *sous vide* (do francês sob vácuo) é uma combinação de técnicas que foi desenvolvida por Georges Pralus na década de 1970 para o Restaurante Troisgros, em Roanne, na França (BALDWIN, 2012). A técnica pode ser empregada nos alimentos crus ou parcialmente cozidos (chapa aquecida, *grill* ou assado), embalados em atmosfera modificada, hermeticamente selados e pasteurizados, controlando o binômio tempo/temperatura (<100°C), para preservar as características sensoriais e nutricionais (FDA, 2013). Finalmente, o produto deve ser armazenado a temperaturas entre 0-3°C para evitar as reações químicas e microbiológicas de deterioração e aquecido antes do consumo. (SZERMAN et al., 2007). Segundo BALDWIN (2012), os peixes como matéria prima, podem ser empregados para o desenvolvimento de

produtos com a técnica *sous vide*, podendo serem utilizados frescos, sem escamas ou espinhas (filés).

Para desenvolver o estudo de vida de prateleira dos produtos alimentícios é preciso conhecer os fatores internos e externos que influenciam na velocidade das reações de deterioração, a técnica de conservação, a formulação, o processamento, a embalagem e as condições de estocagem, entre outros. A modificação da atmosfera dentro das embalagens prolonga significativamente a vida útil dos alimentos, podendo aumentar este período de três a quatro vezes quando comparados a alimentos mantidos somente sob refrigeração (TEODORO et al., 2007).

O método de embalagem em atmosfera modificada (EAM) consiste em modificar ou substituir a composição do ar no interior da embalagem (MANTILLA et al., 2010). A embalagem a vácuo é a primeira forma de EAM desenvolvida comercialmente (PARRY, 1993), no entanto, podem ser utilizadas misturas ou combinações de gases como o dióxido de carbono (CO_2), o oxigênio (O_2) e o nitrogênio (N_2) (SANTOS; OLIVEIRA, 2012).

Segundo Santos; Oliveira (2012) o CO_2 é considerado como o principal componente das embalagens com atmosfera modificada, devido sua ação bacteriostática e fungicida e diminuir o pH. O N_2 é um gás inerte e sem sabor, utilizado na EAM para preencher o espaço livre da embalagem, devido sua baixa solubilidade em água e gordura, não sendo absorvido pelo produto, prevenindo o colapso da embalagem devido à dissolução do CO_2 .

Os sistemas de embalagem devem ter espaço livre aceitável para proporcionar gás suficiente para interagir totalmente com o produto (CODEX ALIMENTARIUS, 1999). O CO_2 dissolvido é absorvido pelo produto e parte é perdida através do material de embalagem, ou seja, no interior da embalagem, a atmosfera gasosa muda continuamente durante o período de armazenamento em refrigeração (BLAKISTONE, 1999).

Segundo SIVERTSVIK et al. (2002) as atmosferas ricas em CO_2 são recomendadas para a conservação de peixes. Vários estudos já foram realizados com diferentes espécies de peixes e demonstraram a utilização eficaz de EAM utilizando de 20 a 100% de CO_2 (HEIDMANN SOCCOL; OETTERER, 2003; MARCONDES, 2012; RODRIGUES et al., 2016),

entretanto, o O₂ deve ser excluído da embalagem para evitar a oxidação lipídica (SANTOS et al., 2012).

Diante Do exposto, esta pesquisa visa avaliar o efeito da atmosfera modificada na vida de útil do *sous vide* de pirarucu (*Arapaima gigas*) com molho de tucupi e resíduo de camarão em diferentes tipos de atmosfera modificada durante o armazenamento sob refrigeração

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção da matéria prima

O pirarucu (*Arapaima gigas*) utilizado neste trabalho foi obtido na cidade São João de Pirabas do Pará (Brasil), criado em tanques no sistema de piscicultura. O pirarucu foi mantido em jejum por 24 horas e o abate realizado por imersão em água gelada a $1 \pm 1^\circ\text{C}$ por um período de 20 min. Em seguida, foi lavado e sanitizado com solução de hipoclorito de sódio a 5ppm por 15 min. Para elaboração do produto foi retirado o filé da região dorsal, embalado a vácuo e armazenado a -22°C até sua utilização.

O tucupi utilizado para o preparo do molho foi adquirido na comunidade de Nova Esperança no município de Acará, o resíduo de camarão foi adquirido de uma empresa de pesca e as especiarias no mercado Ver-o-Peso/Belém/Pará.

2.3 Controle microbiológico

A pesquisa de *Salmonella* spp, contagens de *Estafilococcus coagulase positiva* e coliformes a 45°C foram realizadas de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2001) e análises de bactérias mesófilas e psicotróficas, Clostridium sulfito redutor e coliformes a 35°C . Todas as análises seguiram metodologia descrita por DOWNES E ITO (2001).

2.4 Análises físico-químicas

A determinação do teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (Thiobarbituric Acid Reactive Substances) foi realizada segundo metodologia proposta por VYNCKE (1970) e os resultados expressos em mg malonaldeído (MDA)/ kg de amostra. A análises de pH, acidez, Bases Voláteis Totais (N- BVT) e cloretos foram realizadas de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). A atividade de água (aw) foi medida em termohigrômetro digital (modelo: Aqualab 4TE, marca: Decagon Devices Inc, USA). A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada de acordo com a metodologia descrita por GOMEZ et al. (2000).

A análise de textura foi realizada em texturômetro (modelo: QTS 25, marca Brookfield, Alemanha) no filé *in natura* e processado, com dimensões de

2,0x5,0x5,0 cm (espessura x largura x comprimento), utilizando lâmina de Warner-Bratzler de acordo com a metodologia descrita por SIGURGISLADOTTIR et al. (1999).

A cor instrumental foi determinada em colorímetro portátil (modelo CR 310, marca Minolta, U.S.A), no espaço CIE (Comission Internacionale de L'Eclairage), com fonte de luz D65, onde: os parâmetros L*: luminosidade; a* varia do vermelho (+a*) ao verde (-a*), e a coordenada b* do amarelo (+b*) ao azul (-b*).

2.5 Elaboração do molho do *sous vide*

O molho foi elaborado com os seguintes ingredientes (Figura 4.1): 64,5% de tucupi, 24,7% de resíduo de camarão, 1,1% de chicória (*Eryngium foetidum*), 1,7% de cebolinha verde (*Allium schoenoprasum L*), 2,8% de alho (*Allium sativu L*), 1,7% de pimenta do cheiro (*Capsicum chinense*), 1,8% de cloreto de sódio refinado iodado (marca: Aji-Sal. Composição: sódio 390mg, iodo 25µg) e 1,7% de lactato de sódio (marca: Dinâmica. 90% grau de pureza, 50% concentração, 0,05% cloretos max, 0,001% metais pesados), de acordo com testes preliminares e a composição de molhos comerciais foram determinadas as porcentagens dos ingredientes utilizados.



Figura 4.1- Ingredientes utilizados na elaboração do molho.

O tucupi e o resíduo de camarão foram submetidos a temperatura de 70°C durante 10min, em seguida peneirados para retirar o resíduo de camarão. Foram adicionados os demais ingredientes e novamente aquecidos por mais 13 min. Finalmente, o molho obtido foi resfriado para posterior utilização.

Foram realizadas análises de cinzas conforme descrito pela AOAC (2000), pH, cloretos, umidade, aw, acidez e sólidos solúveis de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) e cor instrumental.

2.6 Elaboração do *sous vide* de pirarucu *in natura*

Os filés foram descongelados sob refrigeração e cortados em porções de 150 g e imersos em salmoura a 3% com adição de ácido acético 30% até pH 2, durante 5 min. Em seguida, as porções foram drenadas e submetidas a pré-tratamento em chapa elétrica de aço inox (modelo: PR-650 G, marca: Progás, Brasil) a 200°C, durante 1 min de cada lado, condição estabelecida através de testes preliminares. As porções de filé e molho foram colocadas em embalagens de nylon/lisa coextrusada com polietileno (marca: Solupack, Brasil), na proporção 1:4 (peixe/molho) em cada embalagem.

Os produtos embalados (filé + molho) foram separados em três lotes de 20 embalagens, correspondendo aos tratamentos descritos na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Tratamentos utilizados nas embalagens em atmosfera modificada.

Tipos de tratamentos	Composição das misturas gasosas	Temperatura de estocagem
T1	Vácuo 98%	
T2	60% CO ₂ /40% N ₂	1±1°C
T3	70% CO ₂ / 30% N ₂	

As amostras foram embaladas em equipamento (modelo: F200 Flash, marca: Fastvac, Brasil), com sistema para embalagem em atmosfera modificada (EAM) (Figura 4.2), havendo primeiramente a formação de vácuo, seguido da injeção da mistura binária dos gases CO₂ e N₂ (Tabela 4.1) com posterior selagem das embalagens. As condições de trabalho utilizadas foram: pressão < 5BAR, vácuo de 0,5% e relação de volume de gás e produto na razão 3:1 (gás/peixe).

Em seguida, todas as amostras foram pasteurizadas em banho-maria (modelo: TE - 057, marca: Tecnal, Brasil) a 60°C durante 9,48 min condição estabelecida através de teste preliminares, cronometrado a partir do momento em que o centro da peça alcançou a temperatura do processo. Após o tratamento térmico, os produtos foram resfriados em água com gelo até atingir 0°C no ponto central do filé. Os produtos foram armazenados sob refrigeração (1±1°C) em incubadora DBO (modelo: Q315M16, marca: Quimis, Brasil) com controle de temperatura eletrônico.

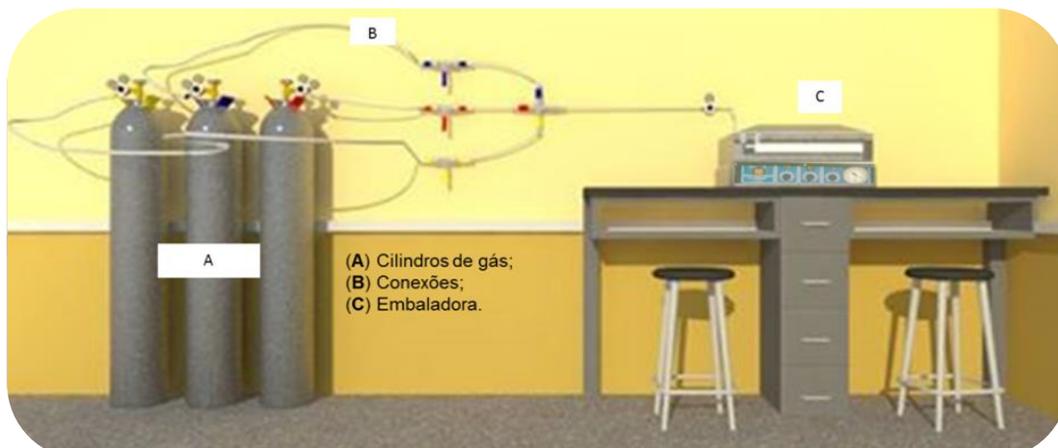


Figura 4.2- Sistema de embalagem em atmosfera modificada.

2.8 Vida útil dos *sous vide*

Para avaliar influência dos tratamentos na estabilidade dos produtos elaborados foram realizadas análises microbiológicas (psicotróficos e mesófilos anaeróbios), físico-químicas (pH, aw, acidez, textura, cor instrumental, N-TBARS, N-BVT e CRA), sensoriais e quantificadas as mudanças na mistura gasosa. Todas as análises foram feitas após 24 horas da preparação do produto e em intervalos de sete dias.

A avaliação sensorial (Figura 4.3) foi realizada com 10 provadores semi-treinados conhecedores do produto, através do teste de aceitação (Figura 4.2) com escala hedônica (DUTCOSKY, 2009). A qualidade de cada amostra foi avaliada quanto aos atributos: cor, textura, aroma, sabor e aparência global. Cada julgador recebeu uma amostra de 25g de cada tratamento, aquecida em banho-maria a 60°C durante 5min.



Figura 4.3 - Cabinas de análises sensorial, julgadores e apresentação das amostras.

Tabela 4.2 - Escala de qualidade usada na avaliação sensorial da vida útil dos produtos processados pela técnica *sous vide*.

Nome: _____		Data: _____	
Por favor, leia este questionário antes de iniciar o teste.			
Muito obrigado por participar de nossa pesquisa com pescado. Você está recebendo uma amostra de <i>sous vide</i> , prove e avalie a amostra quanto ao seu sabor, cor, aroma, textura e aparência global, e use a escala abaixo, para descrever o quanto gostou ou desgostou da amostra:			
1	Desgostei muitíssimo		
2	Desgostei muito	Parâmetros	Nota
3	Desgostei regularmente	Sabor	
4	Desgostei ligeiramente	Cor	
5	Não gostei nem desgostei	Aroma	
6	Gostei ligeiramente	Textura	
7	Gostei regularmente	Aparência global	
8	Gostei muito		
9	Gostei muitíssimo		
Comentários: _____			

A quantificação das mudanças dos gases no interior das embalagens foi determinada em analisador (modelo: CheckPoint O₂/CO₂ marca: Dansensor, Dinamarca), que mede o percentual de O₂ e CO₂, sendo o teor de N₂ obtido por diferença. A mistura gasosa foi obtida introduzindo seringa em superfície com fita adesiva circular.

2.9 Análise Estatística

Os resultados foram analisados através da Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey a um nível de significância de 5% utilizando o software Statistica version 5.0 (Statsoft Inc. 10 2005) (ANEXO I). A correlação de Pearson, Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise Múltipla de Fatores (AMF) foram aplicadas para o estudo da vida útil do *sous vide* de pirarucu durante o armazenamento (ANEXO II), utilizando o software XLSTAT 2014 (Addinsoft, USA).

2.6 Comitê de Ética e Pesquisa

O presente trabalho foi submetido ao comitê de ética e pesquisa do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Pará - ICS e foi aprovado sob o parecer nº. 1.380.509 (Anexo III).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Qualidade microbiológica e físico-química da matéria prima

Os resultados das análises de coliformes a 45°C, *Salmonella spp* e *Estafilococcus coagulasse* positiva, foram 2,59 Log NMP/g, ausência/25g e 1 Log UFC/g respectivamente. Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2001), estes valores encontraram-se dentro dos limites recomendados. Coliformes a 35°C e *Clostridium sulfito redutor* resultaram em 2,63 Log NMP/g e ausência, respectivamente. O que permite afirmar que o pirarucu *in natura* analisado apresentou qualidade podendo ser processado e/ou consumido sem causar risco microbiológico.

As análises de pH, TVB-N e TBARS do filé *in natura* apresentaram valores de $5,96 \pm 0,03$; $2,00 \pm 0,03$ mg /100g; e $0,40 \pm 0,04$ mg MDA/kg respectivamente, indicando boa qualidade físico-química da matéria-prima (BRASIL, 2001; BRASIL, 1997; SOUSA et al., 2014; SCHORMULLER, 1968; OSAWA et al., 2005).

3.2 Caracterização físico-química do molho

As características físico-químicas do molho de tucupi encontram-se na Tabela 4.3. Os valores de pH, sólidos totais e cinzas estão de acordo com o estabelecido no padrão de identidade e qualidade para o tucupi (ADEPARÁ, 2008).

Tabela 4.3 - Características físico-química do molho utilizado no *sous vide*.

Parâmetros	Valores
pH	3,69±0,01
aw	0,98±0,01
Acidez (meqNaOH/100mL)	7,18±0,08
Umidade (%)	91,84±0,13
Cinzas (%)	2,92±0,06
Cloretos (%)	1,9 ± 0,03
Sólidos solúveis totais/SST (°Brix)	8,63±0,05
Cor	
L*	47,40±0,98
a*	-2,48±0,91
b*	33,39±0,96

*Media ± Desvio padrão.

A umidade apresentou resultado semelhante aos valores encontrados por CHISTÉ; COHEN; OLIVEIRA, (2007) em tucupi. O teor de cloretos está diretamente relacionado à adição de NaCl e lactato de sódio na formulação.

Os resultados de SST foram maiores que o estabelecido pela legislação brasileira para tucupi puro de máximo de 6,5 (ADEPARÁ, 2008) e ao valor de 8,1 registrado por CHISTÉ e COHEN (2011), devido a concentração do meio após o tratamento térmico, os ingredientes da formulação e seu estado de maturação e na quantidade de sal adicionado.

Os parâmetros de cor do molho identificaram a cor amarela característica do tucupi, indicada predominantemente pelo valor de b^* .

Segundo SILVA et al. (2014) ao adicionar ácido acético e sal no molho não há a necessidade de esterilização, portanto, realizou-se apenas a pasteurização.

3.3 Vida útil dos produtos embalados em atmosfera modificada

3.3.1 Mudança dos gases

A composição gasosa das embalagens dos três tratamentos desde o início até o 63º dia de armazenamento (Figura 4.4). A concentração de CO_2 nas embalagens apresentou tendência a diminuir em relação ao tempo de armazenamento, com perda de aproximadamente 20%, mais acentuada nos primeiros 14 dias. Os resultados encontrados ocorreram pela dissolução do CO_2 na gordura e fase aquosa do alimento, e ainda devido a permeabilidade da embalagem.

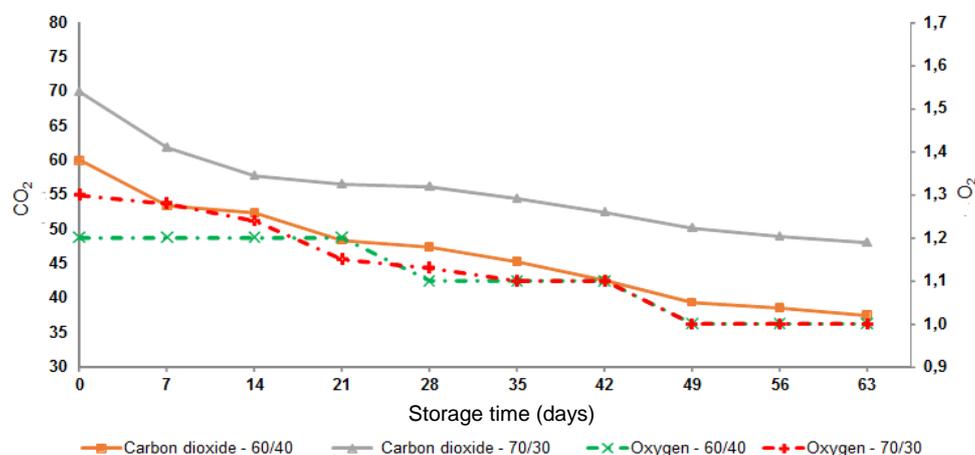


Figura 4.4- Mudança dos gases CO_2 e N_2 da atmosfera modificada.

A dissolução do CO₂ na fase aquosa do produto atua acidificando o meio e em concentrações maiores que 10-15%, podem suprimir o crescimento de muitos micro-organismos deteriorantes, sendo importante componente da EAM em produtos de pescado (MANTILLA et al., 2010).

Foi registrado O₂ nas embalagens com valor máximo de 1,31% no 63º dia de armazenamento dos *sous vide* em EAM. Baixa concentração deste gás é favorável à conservação do produto, pois o O₂ é responsável por reações indesejadas nos alimentos, incluindo oxidação e rancificação dos lipídeos MANTILLA et al. (2010).

Segundo IGLESIAS; CABEZAS; NUEVO, (2006) em geral, a relação de permeabilidade dos gases corresponde a CO₂> O₂> N₂. Resultados semelhantes foram encontrados nesta pesquisa em relação à diminuição do CO₂> N₂. Os gases (CO₂ e N₂) nas embalagens são utilizados como barreira para manter a qualidade do alimento por mais tempo e a mistura gasosa ideal deve possuir altas concentrações de CO₂ (SANTOS; OLIVEIRA, 2012). Portanto, as misturas de gases empregadas nas embalagens do presente trabalho permaneceram a níveis satisfatórios, atuando como mecanismo de barreira, mantendo a qualidade dos produtos elaborados.

3.3.2 Análises Microbiológicas

A contagem de bactérias mesófilas obtidos nesta pesquisa, nas diferentes atmosferas modificadas utilizadas, mantiveram-se dentro do limite de 6 log UFC/g recomendado pela International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF) (1986).

A contagem inicial de bactérias psicotróficas encontrado no *sous vide* nos diferentes tratamentos foi de 3,08 log UFC/g e o maior valor registrado (3,23 log UFC/g) foi no 63º dia nas amostras a vácuo, resultado muito abaixo do descrito por MOL, OZTURAN E COSANSU (2012) de 6 log UFC/g ao analisar *sous vide* de peixe.

Os resultados das análises microbiológicas foram considerados satisfatórios durante o todo o período de acompanhamento da vida útil, ressaltando que as embalagens enriquecidas com CO₂ não apresentaram nenhuma variação ao longo do tempo de armazenamento. Pode-se afirmar que

o processamento, a embalagem, a atmosfera modificada, o processo de pasteurização e a refrigeração inibiram o desenvolvimento bacteriano.

3.3.3 Análise de Componentes Principais (ACPs) físico-químicas e cor

Os resultados das análises físico-químicas das amostras de *sous vide* sob EAM foram analisados através da ACPs e o gráfico do componente principal 1 (CP1-F1) *versus* componente principal 2 (CP2-F2) representam 30,60% e 20,16% da variância total dos dados, respectivamente (Figura 4.5a), revelando as diferenças das amostras tanto em relação ao tempo de estocagem sob refrigeração como às condições atmosféricas dentro da embalagem.

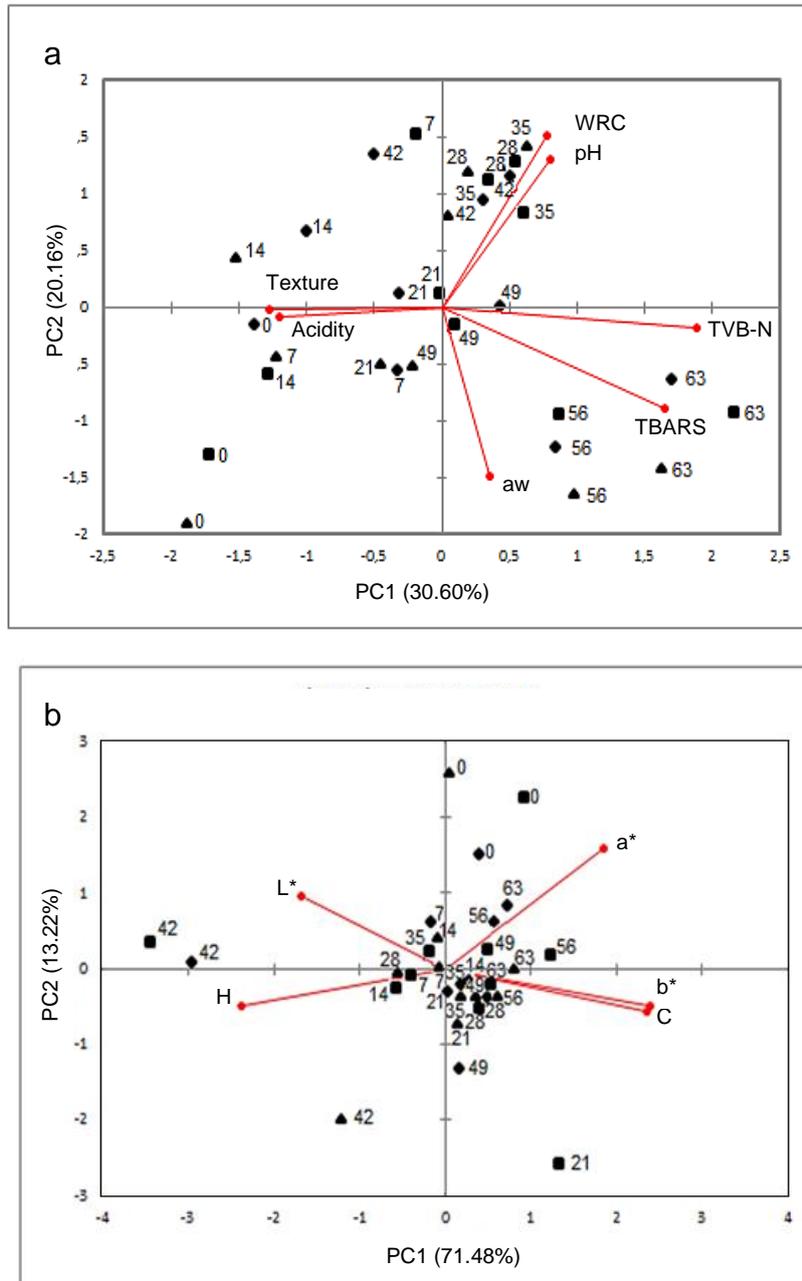
Segundo a correlação de Pearson os parâmetros físico-químicos, BVT-N e TBARS apresentaram alta correlação (0,84 e 0,86, respectivamente) entre si e os dias de estocagem, confirmado pelo gráfico de componentes principais (Figura 4.5a), sendo indicadores de qualidade importantes para a determinação da vida útil dos produtos elaborados. A Figura 4.5a, mostra também, que parâmetros que se encontram em quadrantes contrários tendem a ter correlações negativas, comportamento observado em relação à textura e acidez *versus* CRA, pH, aw, BVT-N e TBARS.

Os valores de pH mantiveram média de $6,21 \pm 0,199$ e apresentaram diferença ($p \leq 0,05$) entre os dias de armazenamento, mas não foram afetados pelos diferentes tratamentos. Os resultados desta pesquisa foram semelhantes aos encontrados por JÚNIOR (2012) em filés de pirarucu armazenados em EAM.

De acordo com CP1-F1 (Figura 4.5a) as variáveis físico-químicas que mostraram alta contribuição positiva foram CRA e pH, estando identificadas pelos 28^o, 35^o e 42^o dias. Enquanto os parâmetros de BVT-N e TBARS apresentam contribuição negativa na conservação dos produtos, registrando alterações, principalmente, nos 56^o e 63^o dias, o que pode vir a causar rejeição do produto.

Os valores de N-BVT (mg/100g) mantiveram-se em torno de $2,667 \pm 0,426$, apresentando diferença ($p \leq 0,05$) entre os dias de armazenamento e o T1 (2,92) com os T2 (2,61) e T3 (2,47), mas nenhum dos tratamentos ultrapassou o limite de 30 mg/100g estabelecido pela legislação brasileira (BRASIL, 2002).

Durante o período de estocagem a oxidação lipídica apresentou baixa variação até o 49º dia em T1 e T2, e no T3 a variação iniciou a partir do 42º dia, provavelmente devido à oxidação dos ácidos graxos poliinsaturados propiciada pela alteração da concentração de O₂ nas embalagens devido à permeabilidade e diminuição da concentração de CO₂.



▲T3 (EAM 70%CO₂/ 30% N₂) ◆T2 (EAM 60 %CO₂/ 40% N₂) ■T1 (EAM Vácuo)
 Figura 4.5 - a) Projeção dos parâmetros físico-químicas nas diferentes condições de atmosfera modificada durante armazenamento. b) Projeção dos parâmetros de cor nas diferentes condições de atmosfera modificada durante armazenamento.

Segundo OSAWA et al. (2005), ao avaliar pescados *in natura* embalados em EAM apresentou índices de TBA considerados de qualidade aceitável entre 0,7 e 1,4 mg MA/kg, e valores superiores a 1,5 mg MA/kg já foram considerados ligeiramente rancificados. Nesta pesquisa valores superiores a este foram encontrados nos dias 42^o (T3), 49^o (T2) e 63^o (T1).

No CP2-F2 os parâmetros de textura e acidez estão relacionados com os tempos 0, 7, 14 e 21 dias de armazenamento nas diferentes condições de EAM e não apresentaram correlações entre si.

Na Figura 4.5b os CPs determinaram a variabilidade dos resultados da cor, dos quais o CP1 registrou 71,48%, caracterizado pelos parâmetros de cor a*, b* e C, enquanto o CP2 resultou em 13,22% representado pelos parâmetros L* e H, indicando correlações negativas.

Os parâmetros b* e C apresentaram excelente correlação (0,99) entre si. E de acordo com a análise estatística os parâmetros de cor avaliados não apresentaram diferença ($p \leq 0,05$) entre os dias de armazenamento e os diferentes tratamentos, como também pode ser observado na Figura 4.5b pela proximidade dos dados.

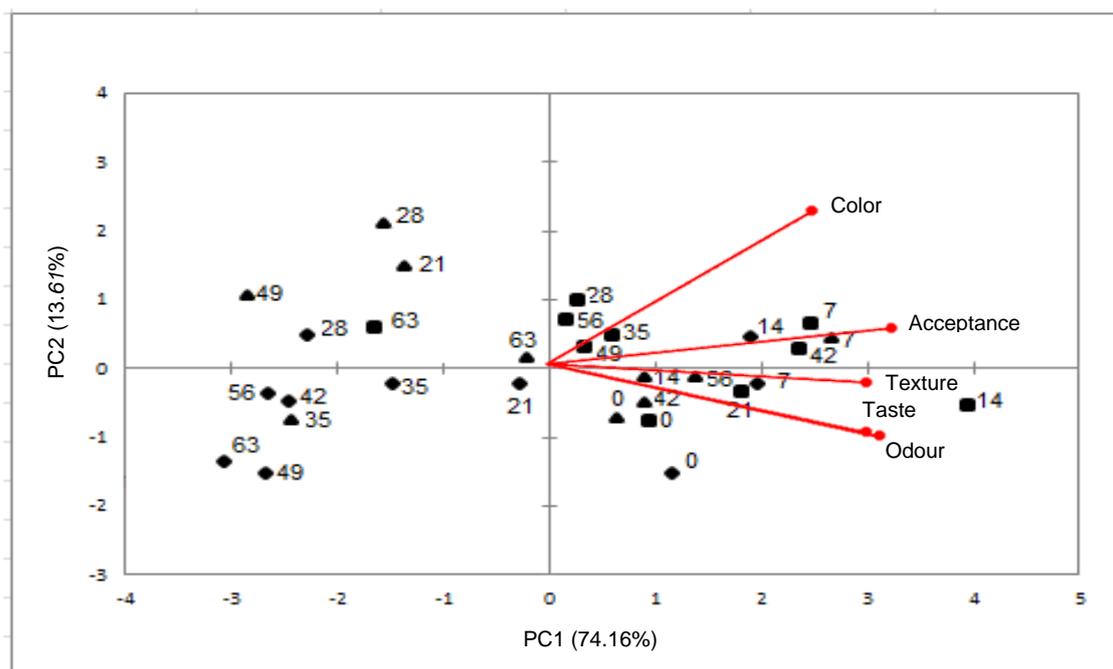
As amostras inicialmente apresentavam tendência a cor vermelho claro (parâmetro a*) mais durante o período de armazenamento sob refrigeração, aumentou a intensidade da cor amarela (parâmetro b*). Os tratamentos apresentaram a seguinte tendência durante o armazenamento, o parâmetro a* diminuiu no T2 ($-2,18 \pm 2,12$) e T3 ($-2,45 \pm 2,21$), enquanto o parâmetro b* aumentou no T2 ($23,95 \pm 1,96$) e T3 ($22,51 \pm 2,79$), devido às alterações que ocorrem durante o armazenamento devido à presença do molho de tucupi.

3.3.3 ACPs sensoriais

Na Figura 4.6 os atributos sensoriais são representados como vetores nos eixos, que caracterizam as amostras localizadas próximas a eles. Os parâmetros sensoriais avaliados não apresentaram diferença ($p \leq 0,05$) entre os dias de armazenamento e os diferentes tratamentos.

Através da análise de CPs foi possível explicar as diferenças entre as amostras e os dias de avaliação, o CP1 representou 74,16% da variabilidade dos dados, indicando importante contribuição positiva do total das

características analisadas. No entanto, a variabilidade explicada pelo CP2 representou 13,61%, o que não contribui significativamente na vida útil dos produtos.



▲T3 (EAM 70%CO₂/ 30% N₂) ◆T2 (EAM 60 %CO₂/ 40% N₂) ■T1 (EAM Vácuo)

Figura 4.6 – Projeção dos atributos sensoriais sob tempo de armazenamento.

Sensorialmente a aceitação manteve correlação de 0,73 com os atributos sabor, cor, aroma e textura de acordo com as análises de correlação de Pearson. Pode-se observar que as amostras EAM vácuo apresentaram as melhores características de cor, sabor, textura, aroma e aceitação quando comparadas com as embalagens com adição de CO₂/N₂ (Figura 4.6).

A partir do 21^o dia os julgadores começaram a detectar mudanças nas características sensoriais nas amostras dos tratamentos T2 e T3, possivelmente devido à concentração dos gases. Estes resultados ocorreram possivelmente pela solubilização do CO₂ na fase aquosa do produto e pelo pH ácido do molho.

3.4 Correlação dos parâmetros físico-químicos, cor instrumental e atributos sensoriais

A fim de determinar o tempo de vida útil dos produtos foi aplicada a análise fatorial múltipla (AFM) para estudar as correlações entre os parâmetros

de qualidade físico-química, cor instrumental e sensorial durante o armazenamento sob refrigeração.

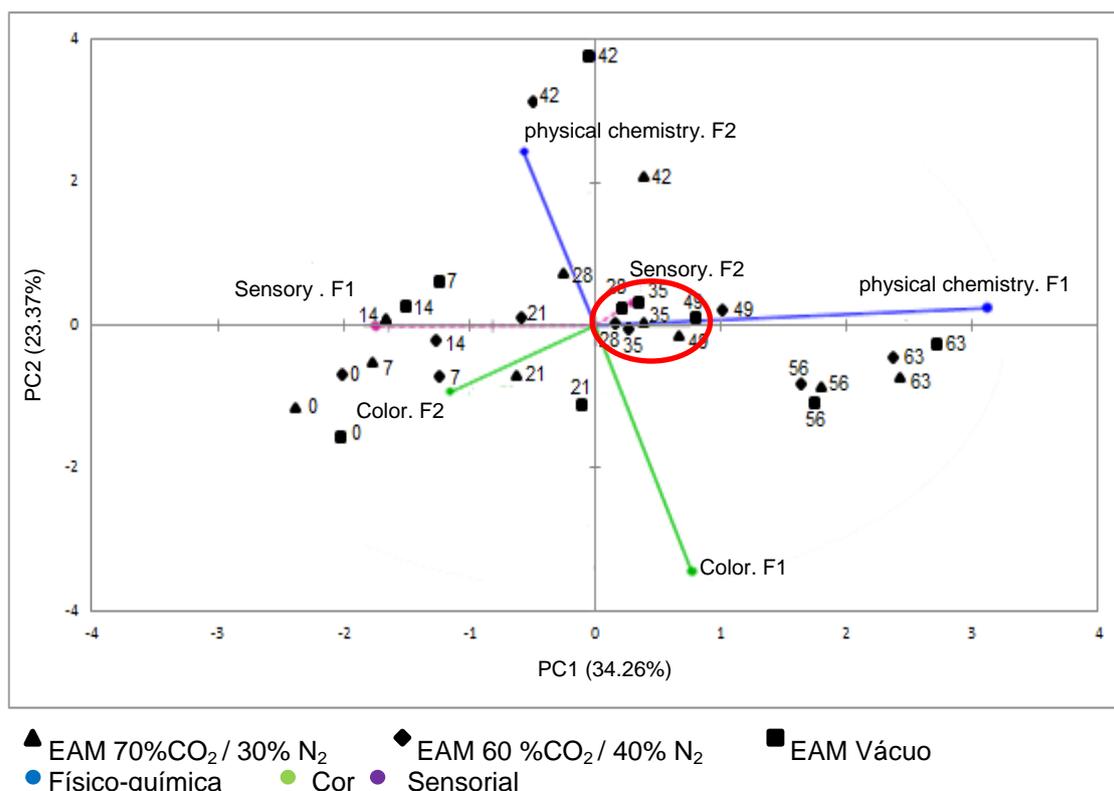


Figura 4.7 – Projeção dos CPs 1 x CPs 2 dos parâmetros físico-químicos, cor e atributos sensoriais nas diferentes condições de atmosfera modificada durante armazenamento.

A Figura 4.7 mostra o plano fatorial dos parâmetros avaliados nos diferentes eixos (CP1 e CP2) com a contribuição de cada variável acordo com o tempo e condições de armazenamento das amostras de *sous vide*. O CP1 está associado às seguintes variáveis: cor (F1 = b,C), físico-químicas (F1 = CRA, pH, BVT-N, TBA, aw) e sensoriais (F2 = explica pouco a variabilidade entre as amostras). O PC2 foi associado com cor (F2 = L, H, a) e sensoriais (F1 = aceitação, aroma, sabor, cor e textura) e físico-químico (F2 = textura, acidez).

Pela análise global dos resultados, sugere-se as amostras foram mais influenciadas pelo PC1 nos dias 28°, 35°, 49°, 56° e 63° estando caracterizadas pelos parâmetros físico-químicos (F1). E as amostras avaliadas nos tempos 0, 7°, 14°, 21°, 35° e 42° que encontram-se no CP2 estão caracterizadas pela cor (F2) e atributos sensoriais (F1).

Para estabelecer o tempo de vida útil dos produtos EAM foram considerados os resultados da AMF dos parâmetros de cor instrumental, físico-químicos e sensoriais, sendo este último determinante para estabelecer o tempo limite de armazenamento dos produtos. Conclui-se que o tempo de vida útil para produtos dos tratamentos T1, T2 e T3 foram 49, 28 e 35 dias, respectivamente. No entanto, ressalta-se que os resultados das análises microbiológicas, encontravam-se dentro do limite da legislação brasileira vigente durante o todo o período de armazenamento.

4 CONCLUSÃO

As análises microbiológicas e físico-químicas indicaram que os filés do pirarucu apresentavam boa qualidade e encontravam-se dentro dos padrões permitidos pela legislação brasileira vigente.

O molho a base de tucupi e resíduo de camarão apresentou características inéditas, elevados níveis de aw e umidade, pH ácido e cor com tendência ao amarelo.

A concentração de CO₂ nas embalagens apresentou tendência a diminuir, enquanto que o O₂ registrou aumento durante o armazenamento.

Durante o estudo de vida útil os resultados das análises microbiológicas de mesófilos e psicotróficos encontravam-se abaixo do limite exigido pela legislação brasileira vigente.

Através das ACPs determinou-se que os parâmetros que definem a vida útil do *sous vide* são BVT-N e TBARS, parâmetros de cor b* e C, análise sensorial de aceitação, textura, sabor e aroma.

O tempo de vida útil determinado pela AMF para os produtos EAM vácuo são 49 dias, EAM 70%CO₂/30%N₂ são 35 dias e EAM 60%CO₂/40%N₂ são 28 dias.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEPARÁ. Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento e Rotulagem do Tucupi. **AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO PARÁ**, 2008.

AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. **HORWITZ, W**, 17^a ed. Arlington: **AOAC Inc.**, 2000.

BLAKISTONE, B. A. Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods. **Editorial .T. Parry, Glasgow, UK, Blackie**, p. 293, 1999.

BRASIL. Resolução RDC nº 185, de 13 de maio de 1997. **/aprovação de Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Peixe Fresco. Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. D.O.U. - Diário Oficial da União, de 22 de Outubro de 2001. Legislação Federal, 1997.**

BRASIL. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. **Aprova o Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. Diário Oficial da União, de 02 de janeiro de 2001. Legislação Federal, 2001.**

BRASIL. Instrução Normativa Nº 001/2008, de 24 de Junho de 2008. Estabelece os padrões de identidade e as características mínimas de qualidade gerais a que deverá obedecer ao produto "TUCUPI" destinado ao consumo como alimento. **Diário Oficial do estado do Pará**, 2008.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. D. O. Teor de cianeto total e livre nas etapas de processamento do tucupi. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v. 70, n. 1, p. 41–46, 2011.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. D. O.; OLIVEIRA, S. S. Estudo das propriedades físico-químicas do tucupi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 437–440, 2007.

CODEX ALIMENTARIUS. Code of hygienic practice for refrigerated packaged foods with extended shelf life, v. 46, p. 1–20, 1999.

DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**, 2001.

DUTCOSKY, S. D. Análises Sensorial de Alimentos. **Varela, São Paulo**, 2009.

FIB. Dossiê conservantes. **Revista FI: Food Ingredients Brasil**, v. 18, p. 28–51, 2011. Disponível em: <www.revista-fi.com>. Acesso: 4/3/2015.

GOMEZ-GUILLEN, M. C.; MONTERO, P.; HURTADO, O.; BORDERIAS, A. J. Biological characteristics affect the quality of farmed Atlantic salmon and smoked muscle. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 1, p. 53–60, 2000.

HEIDMANN SOCCOL, M. C.; OETTERER, M. Use of modified atmosphere in seafood preservation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 4, p. 569–580, 2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. Aditivos. In: **IAL, Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos, 4ta Edição. Secretaria de Estado da Saúde Coordenadoria de Controle de Doenças**, p. 161–278, 2008.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS - ICMSF. Micro-organisms in foods. **Blackwell Scientific Publications**, v. 1, n. 2, p. 246, 1986.

IGLESIAS, E. G.; CABEZAS, L. G.; NUEVO, J. L. F. Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. **Madrid: CIBT; CEIM; ASEACAM. Informe de Vigilancia Tecnológica**, p. 143, 2006.

MANTILLA, S. S.; SANTOS, É. B.; VITAL, H. DE C.; MANO, S. B.; FRANCO, R. M. Atmosfera Modificada e Irradiação: Métodos Combinados de Conservação e Inocuidade Alimentar. **Revista Científica Electrónica de Medicina Veterinária**, v. 8, n. 15, 2010.

MARCONDES, A. G. J. Avaliação da qualidade de filés de pirarucu (*Arapaima gigas*, CUVIER 1829), refrigerados e embalados sob atmosfera modificada. **Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande**, 2010.

MOL, S.; OZTURAN, S.; COSANSU, S. Determination of the Quality and Shelf Life of *Sous Vide* Packaged Whiting (*Merlangius Merlangus Euxinus*, Nordman, 1840) Stored At Cold (4°C) and Temperature Abuse (12°C). **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 36, n. 6, p. 497–503, 2012.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Revista Química Nova**, v. 28, n. 4, São Paulo, Julho/Agosto, 2005.

RODRIGUES, B.; ALVARES, T.; SAMPAIO, G.; CABRAL, C.; ARAUJO, J.; FRANCO, R.; MANO, S.; CONTE, C. Influence of vacuum and modified atmosphere packaging in combination with UV-C radiation on the shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets **Food Control**, v. 60, p. 596-605, 2016.

SALGADO, R. L.; CASTRO, J. DE; ADAM, C.; JÚNIOR, C.; FERNÁNDEZ, M. Efeitos da embalagem em atmosfera modificada sobre as alterações microbiológicas, químicas e sensoriais de pargo (*Pagrus pagrus*). **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias**, p. 94–97, 2006.

SANTOS, J. S.; OLIVEIRA, M. B. Alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 1–14, 2012.

SCHORMULLER, J. Tierische Lebensmittel: T. Milch, Butter, Käse. T. Eier, Fleisch, Fisch, Butter-Milch. In: **SCHORMULLER, Handbuch der Lebensmittelchemie**, v. 3, p. 1640, 1968.

SIGURGISLADOTTIR, S.; HAFSTEINSSON, H.; JONSSON, A.; et al. Textural Properties of Raw Salmon Fillets as Related to Sampling Method. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 1, p. 99–104, 1999.

SILVA, D.; ROSA, N.; COELHO, A.; et al. Avaliação de parâmetros físico-químicos de molho de pimenta artesanal. **Estudos, Goiânia**, v. 41, n. 1, p. 116–127, 2014.

SIVERTSVIK, M.; JEKSRUD, W. K.; ROSNES, J. T. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products - Significance of microbial growth, activities and safety. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, n. 2, p. 107–127, 2002.

SOUSA, C. L.; FREITAS, J. A.; LOURENO, L. F. H.; ARAUJO, E. A. F.; JOELE, M. R. S. P. Microbiological contamination of surfaces in fish industry. **African Journal of Microbiology Research**, v. 8, n. 5, p. 425–431, 2014.

TEODORO, A. J.; ANDRADE, É. C. B. DE; MANO, S. B. Avaliação da utilização de embalagem em atmosfera modificada sobre a conservação de sardinhas (*Sardinella brasiliensis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 158–161, 2007.

TEODORO, A. J.; BRANCO, C.; MANO, B. Avaliação da utilização de embalagem em atmosfera modificada sobre a conservação de sardinhas (*Sardinella brasiliensis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 158–161, 2007.

VYNCKE, W. Direct Determination of the Thiobarbituric Acid Value in Trichloroacetic Acid Extracts of Fish as a Measure of Oxidative Rancidity. **Fette Seifen Anstrichmittel**, v. 72, n. 12, p. 1084–1087, 1970.

ANEXO I - Resultado dos parâmetros físico-químicos, cor e os atributos sensoriais das três condições de EAM.

Amostras	Dias	Análises físico-químico							Parâmetros de cor				Atributos sensoriais					
		pH	Acidez	Textura (N)	BVT-N	TBA	Aw	CRA (%)	L	a*	b*	C	H	Sabor	Cor	Aroma	Textura	Aceitação
Vácuo	0	5.89 ^g	1.60 ^b	9.26 ^{dc}	2.05 ^f	0.42 ^b	0.9855 ^a	0.78 ^j	68.90 ^h	3.14 ^a	25.59 ^f	25.07 ^f	85.54 ^f	8.0	7.5	8.0	7.7	7.9
	7	6.37 ^b	1.60 ^b	7.86 ^{dc}	2.30 ^l	0.43 ^b	0.9853 ^a	0.95 ^a	77.30 ^d	-3.41 ^h	21.72 ^d	21.94 ^g	98.45 ^c	7.7	8.0	8.4	8.4	8.5
	14	6.04 ^d	2.04 ^a	11.10 ^a	2.70 ^h	0.48 ^b	0.9893 ^a	0.89 ^g	78.85 ^c	-4.01 ⁱ	21.68 ^h	20.86 ^f	100.57 ^b	8.3	7.9	8.7	8.8	8.7
	21	6.04 ^d	1.62 ^c	6.61 ^d	2.90 ^g	0.49 ^b	0.9838 ^b	0.87 ^g	78.86 ^b	-1.28 ^d	27.10 ^c	26.97 ^c	92.82 ^f	8.0	7.7	8.2	7.9	8.3
	28	6.46 ^b	1.55 ^a	7.84 ^{dc}	3.00 ^f	0.60 ^b	0.9843 ^b	0.91 ^d	71.84 ^e	-2.36 ^f	27.28 ^b	27.36 ^b	95.76 ^d	7.4	7.8	7.3	7.8	8.0
	35	6.66 ^a	1.65 ^b	7.54 ^{dc}	3.05 ^e	0.65 ^b	0.9863 ^a	0.86 ^h	71.68 ^f	-2.38 ^g	21.63 ^f	21.85 ^f	95.41 ^e	7.7	7.8	7.6	7.7	7.9
	42	6.08 ^d	1.29 ^g	9.92 ^a	3.10 ^d	0.74 ^b	0.9814 ^b	0.93 ^b	95.01 ^a	-5.48 ^j	8.25 ^j	7.02 ^j	154.06 ^a	7.9	8.0	8.4	8.1	8.3
	49	6.02 ^d	1.65 ^b	9.82 ^a	3.15 ^c	1.01 ^{ba}	0.9858 ^a	0.90 ^h	71.44 ^g	-1.01 ^c	26.39 ^d	26.45 ^d	92.51 ^g	7.4	7.7	7.7	7.9	7.8
	56	6.09 ^{dc}	1.29 ^g	6.61 ^d	3.19 ^b	1.13 ^{ba}	0.9854 ^a	0.81 ⁱ	63.93 ^f	0.47 ^b	30.84 ^a	30.90 ^a	89.03 ^f	7.2	7.8	7.6	8.1	7.5
	63	6.18 ^c	1.49 ^j	7.08 ^{dc}	3.73 ^a	2.07 ^{ba}	0.9910 ^a	0.92 ^c	61.95 ^f	-1.86 ^e	25.93 ^e	25.97 ^e	90.53 ^h	6.8	7.5	7.1	7.7	7.2
	*Média	6.18 ^A	1.58 ^A	8.37 ^A	2.92 ^A	0.80 ^A	0.99 ^A	0.88 ^A	73.34 ^A	-1.82 ^A	23.64 ^A	23.44 ^A	99.47 ^A	7,64 ^A	7,77 ^A	7,9 ^A	8,01 ^A	8,01 ^A
	*Desvio padrão	0.23	0.20	1.48	0.45	0.48	0.00	0.05	23.70	2.28	5.85	6.19	18.68	0,42	0,17	0,50	0,34	0,43
Embalagem em Atmosfera modificada 60%CO ₂ /40%N ₂	0	6.05 ^d	1.69 ^b	9.52 ^b	2.02 ^f	0.44 ^c	0.9865 ^a	0.87 ^e	74.21 ^a	0.71 ^a	23.94 ^f	23.95 ^h	88.94 ^f	7.9	7.2	8.0	8.4	7.9
	7	6.21 ^a	1.75 ^d	6.53 ^l	2.31 ^h	0.48 ^c	0.9920 ^a	0.88 ^d	75.94 ^b	-1.84 ^b	21.79 ^g	22.40 ^g	94.34 ^f	7.8	7.7	8.2	8.3	8.2
	14	6.07 ^a	2.20 ^a	6.95 ^g	2.42 ^g	0.53 ^c	0.9838 ^b	0.92 ^a	74.44 ^c	-2.16 ^b	26.35 ^d	26.44 ^d	94.92 ^d	7.7	8.0	8.2	8.2	8.0
	21	6.10 ^a	1.52 ^h	9.55 ^a	2.55 ^f	0.66 ^{bc}	0.9877 ^a	0.92 ^a	73.58 ^e	-2.83 ^b	24.64 ^g	25.00 ^f	96.11 ^c	7.5	7.4	7.5	7.7	7.7
	28	6.42 ^a	1.36 ^f	8.06 ^d	2.63 ^e	0.70 ^{bc}	0.9861 ^a	0.93 ^a	69.20 ^f	-2.07 ^b	27.29 ^g	27.35 ^a	93.44 ^g	7.2	7.4	6.9	6.6	7.5
	35	6.42 ^a	1.76 ^c	6.42 ^l	2.65 ^d	0.76 ^{bc}	0.9855 ^a	0.91 ^c	72.03 ^f	-2.45 ^b	26.26 ^e	24.80 ^g	94.64 ^e	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	42	6.20 ^a	1.88 ^b	8.59 ^c	2.66 ^c	0.81 ^{bc}	0.9800 ^b	0.92 ^b	93.28 ^a	-6.85 ^d	9.36 ^j	8.07 ^j	130.57 ^a	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
	49	6.10 ^a	1.68 ^f	7.50 ^e	2.66 ^c	1.65 ^{bac}	0.9854 ^a	0.92 ^b	70.66 ^h	-4.31 ^c	27.08 ^g	27.18 ^b	96.27 ^h	6.9	6.7	7.2	7.7	6.8
	56	6.24 ^a	1.68 ^f	7.28 ^f	3.03 ^b	1.87 ^{ba}	0.9896 ^a	0.85 ^f	71.28 ^g	-0.31 ^a	26.70 ^c	26.74 ^c	91.22 ^h	6.8	7.1	7.0	7.5	6.8
	63	6.27 ^a	1.65 ^g	6.77 ^h	3.19 ^a	2.28 ^a	0.9903 ^a	0.93 ^a	66.69 ^l	0.33 ^a	26.06 ^f	26.19 ^e	89.15 ⁱ	7.1	6.8	7.1	7.3	6.5
	*Média	6.21 ^A	1.72 ^A	7.69 ^A	2.61 ^B	1.02 ^{AB}	0.99 ^A	0.90 ^{AB}	74.13 ^A	-2.18 ^A	23.95 ^A	23.81 ^A	96.96 ^A	7,33 ^A	7,27 ^{BA}	7,45 ^B	7,61 ^{BA}	7,38 ^{BA}
	*Desvio padrão	0.13	0.21	1.14	0.32	0.63	0.00	0.03	6.89	2.12	5.12	5.45	11.48	0,36	0,37	0,48	0,54	0,55
Embalagem em Atmosfera modificada 70C%0 ₂ /30%N ₂	0	6.00 ^g	1.68 ^d	10.67 ^a	2.04 ^g	0.43 ^e	0.9899 ^a	0.76 ^g	74.67 ^d	1.65 ^a	19.38 ^f	19.40 ^f	87.32 ^f	7.8	7.4	7.8	7.9	7.9
	7	6.26 ^{cd}	1.78 ^c	10.22 ^d	2.03 ^h	0.49 ^{de}	0.9920 ^a	0.88 ^d	70.25 ^f	-2.37 ^g	23.04 ^g	23.15 ^g	95.96 ^e	7.8	8.0	8.3	8.7	8.3
	14	6.12 ^{ef}	2.10 ^a	8.91 ^e	2.13 ^f	0.63 ^{bac}	0.9838 ^b	0.89 ^c	76.35 ^b	-2.09 ^d	23.05 ^f	23.15 ^g	94.90 ^g	7.6	7.5	7.6	8.1	8.3
	21	6.13 ^{cb}	1.81 ^b	6.06 ^l	2.29 ^e	0.82 ^{dbec}	0.9877 ^a	0.86 ^e	74.95 ^c	-3.54 ⁱ	26.42 ^c	26.49 ^c	96.03 ^d	6.4	7.7	7.2	7.7	7.6
	28	6.41 ^b	1.59 ^f	7.43 ^f	2.38 ^d	0.85 ^{dbec}	0.9861 ^a	0.94 ^a	74.31 ^e	-3.38 ^h	20.81 ^f	21.04 ^h	100.10 ^b	6.9	7.8	6.2	7.6	7.8
	35	6.78 ^a	1.55 ^g	6.68 ^g	2.49 ^c	0.92 ^{dbac}	0.9855 ^a	0.88 ^d	67.55 ^h	-2.35 ^f	24.11 ^e	26.16 ^e	96.07 ^c	6.8	7.0	7.4	7.4	7.0
	42	6.17 ^{ed}	1.42 ^f	11.19 ^a	2.66 ^b	1.73 ^{bdac}	0.9800 ^b	0.90 ^b	88.39 ^a	-7.64 ^j	21.92 ^h	24.14 ^f	117.68 ^a	7.4	7.4	8.0	8.2	8.1
	49	6.32 ^{cb}	1.78 ^c	10.34 ^c	2.66 ^b	1.79 ^{bac}	0.9854 ^a	0.83 ^f	67.04 ^f	-2.15 ^e	26.26 ^d	26.40 ^d	94.97 ^f	6.8	7.6	6.7	7.2	6.6
	56	6.14 ^{ef}	1.65 ^e	6.51 ^h	3.01 ^a	2.07 ^{ba}	0.9896 ^a	0.83 ^f	67.85 ^g	-1.78 ^c	27.49 ^b	27.54 ^b	93.34 ^h	7.7	7.6	7.9	8.2	8.2
	63	6.07 ^{gf}	1.52 ^h	6.39 ^f	3.01 ^a	2.51 ^a	0.9903 ^a	0.90 ^b	65.48 ^l	-0.86 ^e	28.16 ^a	27.67 ^a	90.52 ^f	7.3	7.5	7.5	7.9	7.6
	*Média	6.24 ^A	1.69 ^A	8.44 ^A	2.47 ^B	1.22 ^B	0.99 ^A	0.87 ^B	72.68 ^A	-2.45 ^A	24.06 ^A	24.51 ^A	96.69 ^A	7,25 ^A	7,55 ^B	7,46 ^B	7,89 ^B	7,74 ^B
	*Desvio padrão	0.21	0.18	1.93	0.35	0.70	0.00	0.05	6.41	2.21	2.79	2.67	7.72	0,47	0,25	0,60	0,42	0,54
	**Média	6.210	1.661	8.165	2.667	1.014	0.986	0.884	70.968	-2.149	23.884	23.920	97.705	7.408	7.533	7.604	7.837	7.709
	**Desvio padrão	0.199	0.209	1.613	0.426	0.643	0.003	0.046	15.390	2.260	4.854	5.109	13.709	0.461	0.350	0.575	0.480	0.577
	**Mínimo	5.890	1.294	6.057	2.020	0.422	0.980	0.764	0.000	-7.640	8.247	7.020	85.542	6.400	6.700	6.200	6.600	6.500
	**Máximo	6.783	2.200	11.191	3.730	2.514	0.992	0.950	95.010	3.136	30.838	30.897	154.060	8.300	8.000	8.700	8.800	8.700

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$); *Média ± desvio padrão pelos dias de armazenamento; *Média ± desvio padrão total das três condições EAM.

ANEXO II – Matriz de correlação de Pearson entre parâmetros físico-químicos, cor e os atributos sensoriais.

Variáveis	Análises físico-químico									Parâmetros de cor					Atributos sensoriais				
	Dias	pH	Acidez	Textura (N)	BVT-N	TBA	aw	CRA (%)	L	a*	b*	C	H	Sabor	Cor	Aroma	Textura	Aceitação	
Dias	1																		
pH	0.133	1																	
Acidez	-0.371	-0.145	1																
Textura (N)	-0.324	-0.302	0.055	1															
BVT-N	0.842	0.091	-0.413	-0.299	1														
TBA	0.865	-0.018	-0.246	-0.255	0.610	1													
aw	-0.001	-0.049	0.062	-0.197	0.030	0.234	1												
CRA (%)	0.178	0.290	-0.032	-0.128	0.233	0.058	-0.223	1											
L	-0.030	0.070	0.084	0.370	-0.191	-0.037	-0.160	0.196	1										
a*	-0.152	-0.230	-0.041	-0.167	-0.095	-0.015	0.505	-0.609	-0.397	1									
b*	0.188	0.001	-0.038	-0.413	0.157	0.315	0.375	-0.222	-0.526	0.514	1								
C	0.178	0.051	-0.065	-0.388	0.133	0.319	0.357	-0.213	-0.507	0.476	0.990	1							
H	0.120	-0.005	-0.165	0.307	0.121	-0.088	-0.588	0.390	0.483	-0.736	-0.835	-0.825	1						
Sabor	-0.563	-0.370	0.159	0.406	-0.269	-0.512	0.003	-0.152	-0.076	0.163	-0.237	-0.258	0.080	1					
Cor	-0.330	-0.092	0.059	0.140	-0.045	-0.413	-0.002	0.012	-0.011	-0.083	-0.104	-0.120	0.146	0.443	1				
Aroma	-0.475	-0.394	0.160	0.310	-0.219	-0.409	0.007	-0.115	-0.014	0.000	-0.197	-0.194	0.165	0.832	0.458	1			
Textura	-0.393	-0.397	0.238	0.287	-0.225	-0.249	0.189	-0.087	0.063	-0.023	-0.069	-0.054	0.026	0.635	0.537	0.795	1		
Aceitação	-0.612	-0.265	0.130	0.299	-0.321	-0.575	-0.055	0.011	0.007	-0.113	-0.219	-0.214	0.153	0.781	0.734	0.749	0.747	1	

*Valores em negrito apresentam excelente correlação.

ANEXO III - Parecer consubstanciado do comitê de ética e pesquisa.

INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARÁ - ICS/



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito da embalagem em atmosfera modificada em *sous vide* de pirarucu (*Arapaima gigas*)

Pesquisador: Enrique José Gregorio Pino Hernández

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 48633015.8.0000.0018

Instituição Proponente: Universidade Federal do Pará

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.380.509

Apresentação do Projeto:

O estudo apresenta todos os termos requisitados pela CONEP elaborados conforme as normas da pesquisa e da ABNT.

Objetivo da Pesquisa:

Estudar o efeito da embalagem em atmosfera modificada em *sous vide* de pirarucu (*Arapaima gigas*).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O estudo apresenta os riscos habituais, mas com comprometimento dos pesquisadores em minimizar os possíveis efeitos colaterais inerentes à pesquisa e com grande possibilidade de elevados benefícios para os habitantes da região amazônica.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O estudo é pertinente e de grande valor para a saúde da população e para a economia da região.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos obrigatórios presentes.

Recomendações:

Sem recomendações adicionais.

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01-Sí do ICS 13 - 2º and.
Bairro: Campus Universitário do Guamá CEP: 66.075-110
UF: PA Município: BELEM
Telefone: (91)3201-7735 Fax: (91)3201-8028 E-mail: cepccs@ufpa.br

Continuação do Parecer: 1.380.509

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto somos pela aprovação do protocolo. Este é nosso parecer, SMJ.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_578857.pdf	27/08/2015 10:26:12		Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rostoassinada.pdf	27/08/2015 10:23:24	Enrique José Gregorio Pino Hernández	Aceito
Outros	Carta_de_encaminhamento.pdf	26/08/2015 11:04:35	Enrique José Gregorio Pino Hernández	Aceito
Outros	Declaracao_programa.pdf	26/08/2015 11:03:39	Enrique José Gregorio Pino Hernández	Aceito
Outros	Termo_de_aceite_de_orientacao.pdf	26/08/2015 11:02:08	Enrique José Gregorio Pino Hernández	Aceito
Outros	Termo_de_compromisso_do_pesquisador.pdf	26/08/2015 11:00:34	Enrique José Gregorio Pino Hernández	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	26/08/2015 10:46:27	Enrique José Gregorio Pino Hernández	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao.pdf	26/08/2015 10:44:41	Enrique José Gregorio Pino Hernández	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO.pdf	26/08/2015 10:26:14	Enrique José Gregorio Pino Hernández	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELEM, 23 de Dezembro de 2015

Assinado por:

Wallace Raimundo Araujo dos Santos
(Coordenador)

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01-SI do ICS 13 - 2º and.
 Bairro: Campus Universitário do Guamá CEP: 66.075-110
 UF: PA Município: BELEM
 Telefone: (91)3201-7735 Fax: (91)3201-8028 E-mail: cepocs@ufpa.br