

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
PESQUEIRAS NOS TRÓPICOS PPG-CIPET

EFEITO DA EMBALAGEM EM ATMOSFERA MODIFICADA
NA CONSERVAÇÃO DO MATRINXÃ (*Brycon amazonicus*)

ADRIANA PONTES VIANA

MANAUS

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
PESQUEIRAS NOS TRÓPICOS PPG-CIPET

ADRIANA PONTES VIANA

EFEITO DA EMBALAGEM EM ATMOSFERA MODIFICADA
NA CONSERVAÇÃO DO MATRINXÃ (*Brycon amazonicus*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre na linha de pesquisa Tecnologias de Uso de Recursos Pesqueiros.

Orientador: Dr. Antonio José Inhamuns da Silva

Co-orientador: Dr. Pedro Roberto de Oliveira

MANAUS

2013

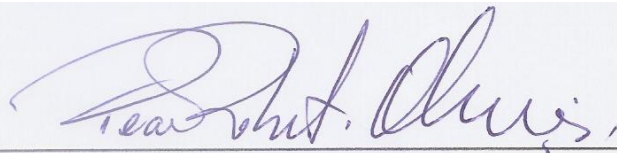
ADRIANA PONTES VIANA

**EFEITO DA EMBALAGEM EM ATMOSFERA MODIFICADA
NA CONSERVAÇÃO DO MATRINXÃ (*Brycon amazonicus*)**

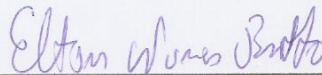
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Pesqueiras nos Trópicos, na linha de pesquisa Tecnologias de Uso de Recursos Pesqueiros.

Data:03/05/2013

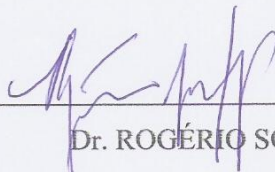
Banca Examinadora:



Dr. PEDRO ROBERTO DE OLIVEIRA
Universidade Federal do Amazonas



Dr. ELTON NUNES BRITTO
Centro Universitário do Norte



Dr. ROGÉRIO SOUZA DE JESUS
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Ficha Catalográfica

(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

V614e	<p>Viana, Adriana Pontes</p> <p>Efeito da embalagem em atmosfera modificada na conservação do matrinxã (<i>Brycon amazonicus</i>) / Adriana Pontes Viana. - Manaus: UFAM, 2013.</p> <p>73 f.; il.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) — Universidade Federal do Amazonas, 2013.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Antonio José Inhamuns da Silva</p> <p>Co-orientador: Prof. Dr. Pedro Roberto de Oliveira</p> <p>1. Pescado - Conservação 2. Embalagem com atmosfera modificada 3. Matrinxã - Peixe 4. Tecnologia do pescado I. Silva, Antonio José Inhamuns da (Orient.) II. Oliveira, Pedro Roberto de (Co-orient.) III. Universidade Federal do Amazonas IV. Título</p> <p>CDU 664.951(043.3)</p>
-------	--

**A meus pais Antonio e Raimunda Viana, meus
irmãos e minha princesa Ana Júlia pelos incentivos
do dia a dia.**

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas bênçãos derramadas sobre mim, dando-me forças nos momentos felizes e de tristezas;

A meus pais Antonio e Raimunda Viana; meus irmãos Ândrea, Giovane e Nayara pelo incentivo, pelo amor, dedicação e compreensão.

A minha irmã Andréa, em especial, pela dedicação e paciência em me ajudar a interpretar os dados estatísticos, embora tenha seus compromissos que não são poucos;

A minha linda princesa Ana Júlia, pelo amor, carinho e algumas vezes ter sido ausente em sua vida;

Ao meu orientador Dr. Antonio Inhamuns pelas oportunidades, confiança e compreensão ao desenrolar do trabalho;

Ao professor Dr. Pedro Roberto de Oliveira pelos esclarecimentos fornecidos;

Ao professor Dr. Rogério de Jesus pela ajuda prestada;

Ao técnico do Laboratório do INPA José Ribamar Castro pela ajuda no processamento do pescado; e Helienay pela ajuda nas embalagens.

A Lucimar Pantoja, Jackson Pantoja e Joicy Pantoja pelo apoio ao desenrolar do mestrado;

Aos alunos de Engenharia de Pesca que me ajudaram no desenvolver dos experimentos, Gabriela Chaves, Hiago Santana Lima, Eletuza Uchoa Farias e Laíza Caroline Lobo de Souza;

A Gisele Corrêa pela ajuda prestada;

As minhas amigas Sandrelly Oliveira Inomata; Gelcirene Albuquerque pela ajuda, apoio e por me ouvirem nos momentos de tristeza e pelo incentivo para continuar lutando diante de todos os obstáculos;

Aos técnicos de laboratório Fábio Souza e Ricardo Aparício pela ajuda fornecida;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro;

Ao Programa de Pós Graduação Ciências Pesqueiras nos Trópicos;

Aos professores do programa CIPET, pelo conhecimento transmitido;

Ao Projeto Desenvolvimento dos Recursos Pesqueiros e Aquicultura (DARPA) pelo apoio financeiro para compra da matéria prima;

A todos que contribuíram no desenvolvimento deste trabalho direta ou indiretamente.

Agradeço

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Valores médios de 20 exemplares de matrinxã <i>Brycon amazonicus</i> , procedente de piscicultura (canal de Igarapé) mantidos em refrigeração (2 ± 1 °C).....	45
Tabela 2- Composição química do tecido muscular dos filés de matrinxã em comparação com outros autores.....	46
Tabela 3- Alterações em análises microbiológicas das amostras de matrinxã embalados em CO ₂ (100%), CO ₂ /N ₂ (60/40%), vácuo e amostra controle armazenados a 2 ± 1 °C.....	72
Tabela 4 – Valores de TBA das amostras de matrinxã embalados em CO ₂ (100%), CO ₂ /N ₂ (60/40%), vácuo e amostra controle armazenados a 2 ± 1 °C.....	72
Tabela 5 – Valores de N-BVT das amostras de matrinxã embalados em CO ₂ (100%), CO ₂ /N ₂ (60/40%), vácuo e amostra controle armazenados a 2 ± 1 °C.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- <i>Brycon amazonicus</i>	15
Figura 2- Mapa de localização da área de estudo, no Município de Iranduba-AM, com a indicação do criatório três irmãos.....	41
Figura 3 - Interações das médias da bactérias mesófilas para cada tratamento e tempo, em matrinxã armazenada sob refrigeração (2 ± 1 °C).....	48
Figura 4 - Interações das médias das bactérias psicotróficas para cada tratamento e tempo, em matrinxã armazenada sob refrigeração (2 ± 1 °C).....	48
Figura 5 - Interações das médias das bactérias <i>Staphylococcus</i> coagulase positiva (SCP) para cada tratamento e tempo, de matrinxã armazenada sob refrigeração (2 ± 1 °C). A linha horizontal no gráfico representa o limite determinado pela ANVISA ($3 \log \text{ UFC.g}^{-1}$).....	49
Figura 6 - Interações das médias de TBA para cada tratamento e tempo, para matrinxã armazenada sob refrigeração (2 ± 1 °C).....	50
Figura 7 - Interações das médias de pH para cada tratamento e tempo, para matrinxã armazenada sob refrigeração (2 ± 1 °C).....	52
Figura 8 - Interações das médias de N-BVT para cada tratamento e tempo, para matrinxã armazenada sob refrigeração (2 ± 1 °C). A linha horizontal no gráfico representa o limite determinado pelo RIISPOA (2001) 30 mg/100g.....	53
Figura 9 - Avaliação do método do índice qualidade (MIQ) do matrinxã embalado em diferentes atmosferas e armazenado sob refrigeração (2 ± 1 °C).....	55
Figura 10 - Avaliação sensorial da escala hedônica de aceitabilidade do parâmetro aparência de amostra retirada da parte dorsal do matrinxã embalado em diferentes atmosferas e armazenado sob refrigeração (2 ± 1 °C).....	56
Figura 11 - Avaliação sensorial da escala hedônica de aceitabilidade do parâmetro sabor da amostra retirada da parte dorsal do matrinxã embalado em diferentes atmosferas e armazenado sob refrigeração (2 ± 1 °C).....	57
Figura 12 - Avaliação sensorial da escala hedônica de aceitabilidade do parâmetro odor da amostra retirada da parte dorsal do matrinxã embalado em diferentes atmosferas e armazenado sob refrigeração (2 ± 1 °C).....	58
Figura 13 - Avaliação sensorial da escala hedônica de aceitabilidade do parâmetro textura da amostra retirada da parte dorsal do matrinxã embalados em diferentes atmosferas e armazenado sob refrigeração (2 ± 1 °C).....	59
Figura 14 - Avaliação sensorial da escala hedônica de aceitabilidade do parâmetro cor da amostra retirada da parte dorsal do matrinxã embalado em diferentes atmosferas e armazenado sob refrigeração (2 ± 1 °C).....	60

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Aminoácidos das proteínas musculares de várias espécies de peixes (mg/g de nitrogênio).....	17
Quadro 2. Composições percentuais de ácido docosahexaenóico (DHA) e ácido eicosapentaenoico (EPA) em diferentes espécies de peixes.....	18

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Produção de pescado no mundo e no Brasil	13
2.2 Consumo de pescado	14
2.3 Matrinã	15
2.4 Importância nutricional do pescado	16
2.5 Deterioração do pescado	19
2.6 Microbiologia do pescado	22
2.7 Análise sensorial	24
2.8 Utilização da embalagem com atmosfera modificada (EAM)	24
3. OBJETIVOS	29
3.1 Geral	29
3.2 Específicos	29
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
CAPÍTULO I	36
EFEITO DA ATMOSFERA MODIFICADA NA CONSERVAÇÃO DO MATRINÃ (<i>Brycon amazonicus</i>)	36
RESUMO	37
ABSTRACT	38
1. INTRODUÇÃO	39
2. MATERIAL E MÉTODOS	41
2.1 Coleta das amostras	41
2.2 Processamento e tratamentos	42
2.3 Delineamento experimental	42
2.4 Composição centesimal	42
2.5 Análise Microbiológica	42
2.6 Análise físico-química durante o armazenamento	43
2.7 Análise Sensorial	43

3. ESTATÍSTICA.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1 Biometria	45
4.2 Composição centesimal	45
4.3 Análise microbiológica.....	46
4.4 Oxidação Lipídica.....	49
4.5 Análise Química	51
4.5.1 pH	51
4.5.2 Bases Voláteis Totais.....	53
4.6 Análise sensorial.....	54
5. CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	67

1. INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos 50 anos, a oferta global de produtos da pesca para consumo humano ultrapassou o crescimento da população mundial. Considerando que, o pescado é um alimento rico em nutrientes essenciais, além de contribuir para manutenção da saúde de grande parte da população (FAO, 2012).

Apesar de sua importância nutricional, o pescado é altamente perecível devido a sua característica própria. Desta forma, a vida de prateleira torna-se limitada devido às alterações bioquímicas e microbiológicas (MASNIYOM, 2011). As boas práticas de manipulação, após a captura, podem controlar estas modificações, mantendo o frescor do pescado por mais tempo (OCAÑO-HIGUERA, et al., 2011).

O método de conservação das embalagens com atmosfera modificada, associada à refrigeração, irá manter as qualidades organolépticas e prolongar o estado de frescor do produto in natura por mais tempo (MASNIYOM, 2011). Métodos sensoriais, microbiológicos e físico-químicos são importantes para avaliar as alterações na qualidade do pescado (GILL, 1990).

A exigência do mercado consumidor por pescado fresco com qualidade assegurada vem aumentando ao longo do tempo. Diante da evidência, vários estudos foram realizados por pesquisadores com intuito de conservar as propriedades organolépticas bem como de inibir ou retardar o desenvolvimento bacteriano do produto, aumentando assim o tempo de prateleira.

A associação das embalagens com atmosfera modificada, pescado processado e a manutenção da temperatura, podem prolongar por mais tempo os aspectos nutricionais e o frescor do peixe, proporcionando a distribuição local bem como o transporte a longas distâncias, além de agregar valor ao produto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produção de pescado no mundo e no Brasil

Os dados da FAO (2012) apresentam que a produção mundial de pescado em 2007 e 2008 foi de 140,2 e 142,6 milhões de toneladas, respectivamente, e que em 2011 alcançou a marca de 154 toneladas.

A produção da pesca extrativa quando analisada de forma isolada, levando-se em consideração a pesca marinha e continental, revela que a China continua em primeiro lugar com 15,2 milhões t, em 2008, seguida pelo Peru com 7,4 milhões t e Indonésia com 5 milhões t, sendo que o Brasil ocupa a 24ª posição no ranking mundial. Nos países da América do Sul o Chile ocupa a 7ª posição com 3,9 milhões, seguido da Argentina que ocupa a 21ª colocação com 995.083 t (BRASIL, 2010b). Quando se analisa a produção aquícola e continental de 2008, a China é considerada o maior produtor mundial, atingindo 42,7 milhões de toneladas, seguida da Indonésia e Índia com 3,9 e 3,5 milhões de t, respectivamente. Quando se observa somente a aquicultura, o Brasil ocupou a 16ª posição no ranking mundial com uma produção de 415,649 t no ano de 2008. Na América do Sul, o Chile produziu mais que o Brasil com 870,845 t. A Argentina e o Peru não estão entre os trinta maiores produtores aquícolas, porém, o Equador esta na 23ª colocação com uma produção de 172,120 t em 2008 (BRASIL, 2010b).

Em relação à produção mundial de peixes em 2010, 40,5 % (60,2 milhões de toneladas) foram comercializados refrigerados, vivos ou frescos; 45,9 % (68,1 milhões de toneladas) foram congelados, defumados ou preparados para consumo humano direto e 13,6 % foram para fins não alimentares (FAO, 2012).

Dados do Boletim da Pesca e Aquicultura no ano de 2010 informam que houve um decréscimo de 8,4% referente à produção de pescado procedente da pesca extrativa marinha comparando-se ao ano anterior, que equivale a 49.217 t, quando se trata da produção da pesca extrativa continental, aquíicultura continental e marinha houve um aumento na produção em relação a 2009, com um acréscimo de 3,9%, 16,9% e 9%, respectivamente (BRASIL, 2010a).

Geralmente nos mercado local e estadual, o pescado é vendido na forma *in natura* inteiro ou eviscerado congelado, quando minimamente processado é para atender o mercado nacional e internacional (JUNIOR; ALMEIDA, 2006).

2.2 Consumo de pescado

A produção aquícola está desempenhando um papel muito importante para atender a demanda de pescado e produtos pesqueiros para consumo humano. Em países desenvolvidos e em desenvolvimento, o hábito de consumir pescado está aumentando, devido à qualidade nutricional, a China foi o país a que mais contribuiu para este crescimento (FAO, 2012).

Em 2010, a aquíicultura mundial foi responsável por aproximadamente 47% da produção de pescado para consumo humano, um crescimento considerável comparado aos anos de 1960 com 5%, 1980 com 9% e 2000 com 34%, com uma contribuição média de desenvolvimento 4,7% ao ano no período 1990-2010. Contudo, se a China for excluída, a média da aquíicultura é consideravelmente menor do que 17% em 2000 e 29% em 2010, com uma taxa de crescimento média anual de 5,4%. A aquíicultura é também essencial para segurança alimentar através da produção de algumas espécies de água doce de baixo valor comercial, que vão principalmente para a indústria nacional, também através da agricultura integrada (FAO, 2012; MOHAN et al., 2010).

O consumo de peixes no mundo tem aumentado desde 1960, onde o consumo *per capita*/ano era de 9,9 Kg, em 2009 foi de 18,4 Kg (FAO, 2012). A produção no Brasil, ainda que precária, é voltada para suprir a demanda interna e tem crescido nos últimos anos, em 2003 o consumo *per capita* foi de 6,46 Kg de pescado ao ano, em 2010, passou para 9,75Kg (BRASIL, 2010a).

A disposição de consumo mundial de pescado aumentou ao longo do tempo, em 1992, o consumo de pescado fresco era aproximadamente 42% e em 2001 passou para 52%, conseqüentemente, houve uma redução no consumo de pescado congelado de 31% para 26% e para peixe enlatado foi de 15% para 11% (JUNIOR; ALMEIDA, 2006).

Nas regiões ribeirinhas da várzea amazônica, o pescado é a principal fonte de proteína da população aonde o consumo “*per capita*” chega a mais de 100 kg por ano e na zona urbana o consumo *per capita* chega a nove quilos por ano, é menor devido à concorrência com frango congelado e de carne que é abundante na Amazônia (JUNIOR; ALMEIDA, 2006).

No Baixo Solimões o consumo anual médio é de 550 g.*capita*⁻¹. *dia*⁻¹ (BATISTA et al., 1998). Estudos realizados por Cerdeira, Rufino e Isaac (1997), com a população ribeirinha do Lago Grande de Monte Alegre, no Estado do Pará, estimou-se um consumo médio de pescado em torno de 369 g.*capita*⁻¹. *dia*⁻¹.

2.3 Matrinxã

O gênero *Brycon* é largamente distribuído na América Central e do Sul podendo ser localizado nas Bacias do Orinoco, Prata e São Francisco (GOULDING, 1980). O *Brycon amazonicus* (Figura 1), pertence à ordem Characiformes, a família characidae, subfamília Bryconinae e nome científico *Brycon amazonicus* (SANTOS; FERREIRA; ZUANON, 2006).

Figura 1- *Brycon amazonicus*



Foto: Inomata (2012)

Em épocas de migração, a pesca do matrinxã fica proibida e como é uma das espécies mais cultivadas na aquicultura regional, torna-se uma alternativa para suprir a necessidade do consumidor, obtendo assim melhores preços no mercado (SANTOS; FERREIRA; ZUANON, 2006; SOARES et al., 2007).

Entre as espécies de peixes brasileiros, o matrinxã apresenta características que atraem os interesses de piscicultores por apresentar carne saborosa, hábito alimentar onívoro, ter reprodução artificial dominada e apresentar respectiva rusticidade (GOMIERO et al., 2003).

É a segunda espécie mais cultivada na Região amazônica, por apresentar bons desempenhos zootécnicos em cativeiro (BRANDÃO et al., 2005), porém o grande entrave de produção na piscicultura é a baixa oferta de alevinos. Para Leonardo et al. (2008) os peixes relacionados ao gênero *Brycon* apresentam altas taxas de canibalismo dificultando desta forma a sua criação, portanto, considerado um fator limitante na criação devido ao prejuízo econômico na aquicultura.

Estudos realizados por Carvalho e Urbinati (2005), com o matrinxã (*Brycon cephalus*), mantidos em restrição alimentar não ocasionou alterações na composição centesimal dos músculos branco e vermelho, na qualidade da carcaça, peso corporal e desenvolvimento

gonadal e observaram que é possível encontrar formas de manejo mais econômicas sem prejudicar o desenvolvimento fisiológico desta espécie.

Arbeláez-Rojas, Fracalossi e Fim (2002) avaliando o crescimento dos juvenis de matrinxã em sistema intensivo em canal de igarapé mostraram que houve maior desenvolvimento no crescimento comparado ao grupo de peixes submetidos a nados não contínuos em sistema semi-intensivo de água parada, a explicação seria o aumento das fibras musculares influenciando no aumento da massa muscular refletido pelo maior peso seco. Quando mantidos em condições de confinamento em água parada houve o aumento no depósito de gordura corporal, fator importante, pois, poderá influenciar na qualidade organoléptica e na aceitabilidade do produto.

2.4 Importância nutricional do pescado

Os componentes das dietas (proteínas, lipídios e cinzas), adquiridos através do consumo do pescado são importantes para manter a segurança alimentar, contribuindo não só quantitativamente mas qualitativamente através dos nutrientes essenciais, sendo proeminente para o crescimento e desenvolvimento e manutenção da saúde e bem estar das pessoas (USYDUS et al., 2009; NURHASAN et al., 2010; KARAPANAGIOTIDIS et al., 2010; FAO, 2012).

As proteínas do músculo do pescado são constituintes indispensáveis e assim participam de todos os processos vitais, em regra, são divididas em três classes (HUSS, 1995): Proteínas estruturais ou miofibrilares: são as proteínas que participam da estrutura das mioglobinas (actina, miosina, tropomiosina e actomiosina), e seu percentual no pescado é em torno de 70 a 80% do total de proteínas em relação aos mamíferos que é em torno de 40%; Proteínas sarcoplasmáticas ou solúveis: existem mais de 100 proteínas conhecidas como miogenio (mioglobinas, globulina e enzimas), são solúveis em solução salina neutras de baixa força iônica (<0,15M) e participam de 25 a 30% do total de proteínas do músculo; Proteínas do tecido conjuntivo: contem as proteínas extracelulares (colágeno e elastina), eles dão suporte para as fibras. Participam de 10% do total de proteínas concomitantes nos peixes ósseos e cartilagosos.

A maioria dos animais superiores não consegue sintetizar todos os aminoácidos necessários para a formação da proteína, desta forma precisam ser adquiridos através de dietas e são conhecidos como aminoácidos essenciais (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008). Devido à

presença destes aminoácidos no pescado (Quadro 1) eles são considerados de alto valor nutricional, proporcionando uma dieta saudável à população.

Quadro 1 - Aminoácidos das proteínas musculares de várias espécies de peixes (mg/g de nitrogênio).

AA	<i>Salmo salar</i> (a)	<i>Sulmo gairdneri</i> (a)	<i>Hippoglossus hippoglossus</i> (b)	<i>Pleuronectes ferruginea</i> (b)	<i>Paralichthys olivaceus</i> (b)	<i>Astyanax altiparanae</i> (c)	<i>Collossoma macropomus</i> (d)	<i>Brycon amazonicus</i> (d)
Ala	6,57	6,52	6,42	6,00	6,39	-	4,03	4,22
Arg	6,41	6,61	6,79	6,85	6,75	6,19	3,6	4,49
Asp	9,94	9,92	9,87	10,02	10,24	-	6,95	7,35
Cys*	0,80	0,95	1,22	0,87	0,97	-	0,49	0,54
Glu	14,22	14,31	14,58	14,42	15,18	-	11,18	10,95
Gly	7,76	7,41	8,40	6,65	6,54	-	3,21	3,33
His	2,96	3,02	2,45	2,88	2,36	2,82	1,80	2,21
Ile*	4,34	4,41	4,11	4,36	3,91	4,75	2,92	2,98
Leu*	7,59	7,72	7,57	7,82	7,59	8,33	0,68	5,57
Lys*	8,49	9,28	8,56	8,85	9,15	9,39	6,41	6,69
Met*	2,88	1,83	2,28	2,83	2,92	3,14	0,49	0,70
Phe*	4,38	4,36	5,98	4,63	4,55	4,64	2,87	2,94
Pro	4,89	4,64	4,58	4,68	4,73	-	2,24	2,32
Ser	4,66	4,61	4,62	4,48	4,69	-	2,67	2,79
Thr*	4,76	4,95	4,43	4,62	4,49	4,43	3,16	3,13
Trp*	0,93	0,93	1,32	1,07	1,06	1,53	0,44	1,04
Tyr*	3,38	3,50	2,53	2,82	3,31	-	2,24	2,24
Val*	5,09	5,09	5,63	5,24	4,57	5,12	3,06	3,21

Fonte: (a)-WILSON; COWEY (1985); (b)-KIM; LALL (2000); (c)-ABIMORAD; CASTELLANI (2011); (d)-ANDRADE (2006). * Considerados essenciais. AA – aminoácidos.

Os lipídios originados de peixes são ricos em ácidos graxos poliinsaturados ω 3 (EPA- ácido eicosapentaenóico e DHA- ácido docosahexaenóico) (Quadro 2), que são eficazes para a redução de teores de colesterol sanguíneo e triglicerídeos (HUSS, 1995). Os ácidos ω -3 e ω -6 são precursores dos ácidos eicosanóides (prostaglandinas, tromboxanas e leucotrienos) e são necessariamente fornecidos pela dieta, uma vez que não são sintetizados pelo organismo humano (FILHO et al., 2008).

A comprovação epidemiológica de que a ingestão de peixes é capaz de diminuir riscos de enfermidades coronarianas contribui para que a carne de peixe seja um alimento considerado de grande importância não apenas como alternativa alimentar de alto valor nutritivo, mas ainda de consumo de um alimento funcional abundante (FILHO et al., 2008).

Estudos realizados por Almeida (2004); com a espécie *Brycon cephalus* cultivados e capturados na Amazônia Central, observaram que durante o período da seca apresentaram menor teor de lipídios e maior percentual de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) (Quadro 2) e que podem ser considerados uma fonte rica em ácidos graxos essenciais (AGE) da família $\omega 3$ e ser indicado por nutricionistas quando a finalidade for balancear dietas, para melhorar a razão $\omega 6:\omega 3$, e um indivíduo necessitaria ingerir 62,39g/dia, 135,28g/dia e 59,38g/dia do músculo de matrinxã cultivado e dos capturados no período da cheia e seca, respectivamente.

Quadro 2 - Composições percentuais de ácido docosaheptaenóico (DHA) e ácido eicosapentaenoico (EPA) em diferentes espécies de peixes

Espécies	DHA	EPA
<i>Thunus tynnus</i> (a)	16,25	9,48
<i>Katsuwonus pennis</i> (a)	16,50	14,00
<i>Scomber japonicus</i> (a)	12,71	4,81
<i>Sardinella brasiliensis</i> (a)	13,77	18,68
<i>Sarda sarda</i> (a)	15,39	4,99
* <i>Brycon amazonicus</i> (b)	30,04	4,15
** <i>Brycon amazonicus</i> (b)	10,26	5,25
*** <i>Brycon amazonicus</i> (b)	61,31	8,14

*Cultivo, **Período de cheia, ***Período de seca.

Fonte: (a)– Visentainer et al. (2000); (b)- Almeida (2004).

O peixe é uma fonte de minerais fisiologicamente importante e com percentual elevado, dentre ele está o Mg, Mn, Zn, Cu; fornece vitaminas hidrossolúveis do complexo B e em destaque as vitaminas lipossolúveis A e D (HUSS, 1995; OGAWA; MAIA, 1999). A determinação e a quantificação dos micronutrientes presentes no músculo dos peixes

amazônicos são importantes, pois as características nutricionais variam de uma espécie para outra, desta forma contribuindo para a segurança alimentar, prescrição de dietas, controle de qualidade e segurança de subprodutos produzidos a base de pescado (SOUZA, 2008).

A proporção de minerais e vitaminas é específica da espécie e incide variação dependendo da sazonalidade. Podem ocorrer diferenças nos teores de Na, Ca e Fe, no entanto, ocorrem menos oscilações em P e K, porém, o Na é mais representativo no sangue que no músculo, para o K ocorre o inverso (OGAWA; MAIA, 1999).

Conforme os estudos realizados por Souza (2008) o perfil de minerais na espécie *Brycon amazonicus* no ciclo sazonal “cheia” os mais significativos no tecido muscular da espécie foram o Sódio (Na), Fósforo (P), zinco (Zn), cálcio (Ca) e na “seca” o fósforo (P), Cálcio (Ca), ferro (Fe), Cobre (Cu), manganês (Mn).

2.5 Deterioração do pescado

No muco do peixe que recobre toda a superfície externa de seu corpo, guelras e intestino encontra-se uma ampla variedade de gêneros bacterianos (LIUSON, 2003). Este limo ou muco é formado principalmente por glicoproteína mucina, considerado um bom meio para o desenvolvimento de microorganismos e um veículo da penetração em outras partes do corpo (ORDÓÑEZ, 2005). Conhecer a espécie de pescado que está trabalhando é muito importante, pois a composição química poderá indicar a predominância de diferentes espécies de microorganismos ali existentes (VIEIRA, 2003).

Os fatores extrínsecos estão relacionados ao ambiente que envolve o alimento que compõe a presença de gases, umidade relativa do ar, irradiação e a temperatura que interferem nas contaminações iniciais ou inibe o desenvolvimento microbiano (GAVA et al., 2008).

A microbiota do peixe pode sofrer influências por fatores ambientais patogênicos ou indicadores de poluição fecal que são raramente encontrados em pescado recém-capturado, porém, após a captura a microbiota inicial passa por mudanças devido ao meio de transporte, manipulação, contato com gelo, equipamentos, estocagem e comercialização (CARDOSO; ANDRÉ; SERAFINI, 2003; GAVA et al., 2008) podendo ser verificados através de fatores intrínsecos, dentre eles o pH *post mortem* da carne, presença de óxido de trimetilamina e a presença de componentes nitrogenados e os não protéicos (SIVERTSVIK; JEKSRUD; ROSNES, 2002).

O peixe quando retirado da água passa por mudanças de temperatura, e outros fatores naturais que levam à deterioração que naturalmente ocorrerá independentemente de como será manuseado, entretanto, o manuseio adequado retardará a velocidade de degradação do pescado mantendo o alto grau de frescor por mais tempo (VIEIRA, 2003).

Durante os primeiros dias de armazenamento as enzimas endógenas participam na perda gradual de frescor dos peixes, em seguida o metabolismo bacteriano predomina e conduz à deterioração final. A forma de captura e processamento do pescado é muito importante, pois as enzimas digestivas presentes nas vísceras e a microbiota presente na superfície do peixe poderão contaminar o músculo do pescado aumentando a atividade proteolítica e conseqüentemente promover a deterioração por atividade microbiana (PACHECO-AGUILAR; LUGO-SÁNCHEZ; ROBLES-BURGUEÑO, 2000).

Os pigmentos naturalmente presentes em alimentos proporcionam a sua tonalidade, são considerados instáveis e participam de diversas reações ocasionando alterações na cor que é utilizado como indicador das alterações químicas e bioquímicas que poderão se manifestar durante o processamento e armazenamento do produto (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

O pescado é muito susceptível a deterioração, os motivos que levam a se degradar é devido à alta atividade de água, composição química e pH próximo a neutralidade, fatores que contribuem para a ação microbiana, acelerando as alterações durante o armazenamento, onde possivelmente ocorrerá a oxidação lipídica (FRANCO; LANDGRAF, 2005; IGLESIAS; CABEZAS; NUEVO, 2012).

O teor de carboidratos é mínimo na maioria das espécies de peixes, sendo a degradação particularmente utilizada por substâncias nitrogenadas, especialmente as não protéicas, que resulta no aumento do pH. A deterioração ocorre através de autólise, oxidação, atividade bacteriana ou pela ação dos três processos (FRANCO; LANDGRAF, 2005).

Estudos realizados por Batista et al. (2004), com o matrinxã, observaram que o pH reduziu para 6,19 nos 6 primeiros dias de estocagem em gelo, e aos 29 dias de estocagem atingiu 6,37. Segundo os autores, durante as alterações que ocorrem no músculo do peixe conservado em gelo, o pH é mais ou menos constante ou levemente aumentado devido à formação de compostos básicos. Lalitha et al. (2005), observaram que o pH inicial do pescado fresco foi de 6,28 e para amostra controle e EAM atingiu pH final de 6,8 e não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos durante o período de armazenamento para a espécie *Etroplus suratensis* Bloch.

A oxidação lipídica é um fenômeno inevitável e espontâneo que influencia diretamente no valor comercial do pescado. O principal agente de deterioração das gorduras insaturadas é a peroxidação responsável pelo *flavor* original e manifestação de odor e sabor conhecidos como ranço (SILVA et al., 1999; FOGAÇA; SANTANA, 2009). O ranço oxidativo (auto-oxidação ou rancificação auto-oxidativa) é formado pelas cadeias insaturadas dos ácidos graxos que tem a capacidade de romper-se, formando vários carbonilados de peso molecular mais baixo. Com a presença do oxigênio a cadeia insaturada do ácido graxo modifica para hidroperóxido gerando compostos voláteis como o aldeído, cetonas, ésteres, lactonas, ácidos graxos de cadeia curta, alcoóis e hidrocarbonetos gerando odor desagradável dos produtos rançosos (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

O índice de TBA é utilizado como um método de avaliar a oxidação lipídica de pescados e seus produtos, por conter altas concentrações de ácidos graxos insaturados que oxidam facilmente, desencadeando cheiros desagradáveis conhecidos como rancidez. Alguns dos diversos compostos resultantes da oxidação de lipídios reagem com ácido 2-tiobarbitúrico desenvolvendo a cor, que pode ser medida colorimetricamente (SIMÕES et al. 1998).

Gonzaga-Junior (2010), realizou estudos com filés da espécie *Arapaima gigas* e verificou em que os tratamentos controle, O₂/CO₂ (40/60%), O₂/CO₂ (50/50%) foram os que apresentaram valores mais elevados de TBA no 50º dia de armazenamento (2,30; 1,17; 1,07 mg MA/kg) respectivamente, e para o tratamento a vácuo os valores obtidos foram os mais baixos 0,72 mg MA/kg. Erkan, Ozden e Inugur (2007), encontrou valores com diferenças significativas entre ar, MAP e vácuo a partir do quinto dia de armazenamento, evidenciando menor índice nas embalagens a vácuo, devido a ausência de oxigênio.

A determinação dos nitrogênios de bases voláteis totais (N-BVT), por mais que seja empregada na avaliação do frescor do pescado, é muito discutida entre os pesquisadores, especialmente quando se trata dos limites de aceitação do produto que é de 30 mg.100g⁻¹, porém, tem se mostrado compatível com outros parâmetros de avaliação, desta forma tornando-se aceito em alguns países dentre eles o Brasil (TEODORO; ANDRADE; MANO, 2007).

Estudos realizados por Souza (2012), com cortes de tambaqui (*Colossoma macropomum*) embalados em atmosfera modificada, aos 28 dias de conservação não havia ultrapassado o limite determinado para o N-BVT (30 mg.100g⁻¹), exceto para a amostra controle. Alak et al. (2010), trabalharam com a espécie *Sarda sarda* embalados com atmosfera

modificada, vácuo e amostra controle, observaram que ao 9º dia de conservação os valores de N-BVT ultrapassaram 25 mg.100g-1.

2.6 Microbiologia do pescado

Segundo Gava, Silva e Frias (2008) os microrganismos são de grande importância no setor alimentício e podem ser classificados como:

Deteriorantes: por sua multiplicação, alteram as características organolépticas de um alimento, interferindo no valor comercial do produto. Exemplos destes grupos são as *Pseudomonas*, *Enterobactérias*, *Flavobacterium*, bactérias lácticas, *Bacillus*, *Clostridium*, fungos filamentosos e leveduras;

Patogênicos: causam enfermidades ao homem, através da ingestão de células viáveis ou de seus metabólitos tóxicos. Exemplos das bactérias patogênicas são *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum* (produz a toxina botulínica), *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp* e *Staphylococcus aureus* (produz toxina estafilocócica);

Indicadores: devido a sua origem, procedência e características próprias, são recomendadas para avaliar as condições higiênico-sanitárias ou processamento do alimento dentre os exemplos estão às bactérias do grupo coliformes, coliformes de origem fecal (*E. coli*), fungos filamentosos e leveduras.

A legislação estabelece limites para bactérias patogênicas ao homem, no entanto, quase sempre essas não deterioram o pescado (VIEIRA, 2003). Desta forma a legislação vigente estabelecida pela resolução RDC Nº 12 de 02 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (BRASIL, 2001) determina os seguintes padrões microbiológicos para pescados “*in natura*”, fresco e refrigerados: *Salmonelas*: ausência em 25g; *Coliformes termotolerantes* a 45 °C: máximo de 5×10^2 UFC/g; *Staphylococcus* coagulase positiva: máximo de 10^3 UFC/g.

O método de contagem de microrganismos em placas é um método geral, que pode ser empregado para a contagem de grandes grupos microbianos, tais como, os aeróbios mesófilos, os aeróbios psicrófilos, os fungos filamentosos e leveduras (SILVA et al., 2010). Quando a carga de bactérias psicrófilas está elevada a deterioração do pescado ocorre ligeiramente, principalmente quando associada a temperaturas baixas, pois no sétimo dia acondicionado a 7°C podem aumentar até 10^8 UFC/g (FORSYTHE, 2002).

Análises de alterações bioquímicas *post-mortem* com a espécie *Brycon amazonicus* oriundo de cativeiro e conservado em gelo indicaram que se mantiveram por um período de

26 dias em qualidade de consumo, e foram observados que as bactérias psicotróficas e psicrófilas tiveram maior participação no processo de deterioração (BATISTA et al., 2004). Desta forma, as boas práticas de manipulação do pescado embalado em atmosfera modificada associado à refrigeração poderá reduzir a ação dos microorganismos na deterioração, aumentando a vida útil do produto.

Gonzaga-Junior (2010) encontrou em filés de pirarucu (*Arapaima gigas*) embalados em atmosfera modificada, valores menores na contagem de mesófilos e psicrotófilos para todos os tratamentos e controle, aos 21 dias; somente os tratamentos CO₂ 100%; O₂/CO₂ (40/60%) e O₂/CO₂ (50/50%) apresentaram contagens inferiores ao limite estabelecido (10⁷ log. UFC/g) aos 50 dias de armazenamento.

O pescado quando capturado em águas temperadas, a microbiota predominante são as bactérias psicotróficas (crescimento ótimo em 25 °C, mas podem crescer na temperatura de 0 °C) são compostos por gram negativas aeróbias ou anaeróbias facultativas pertencentes ao gêneros *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium* e *Shewanella*. Existem bactérias aquáticas que são comuns na microbiota do pescado como a *Vibrionacea* (*Vibrio* e *Photobacteriurri*) e *Aeromonadacea* (*Aeromonas* ssp.) além de bactérias gram positivas pertencentes aos gêneros *Micrococcus*, *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Clostridium* e *Coryneformes*. Quando o ambiente está poluído é possível encontrar um numero elevado de *Enterobactereacea* que são frequentes em águas temperadas. A flora mesófila é composta por *Micrococcus* e *Coryneformes* e *Acinetobacter* (HUSS, 1998; FORSYTHE, 2002).

O patógeno de maior preocupação é o *Clostridium botulinum*, tanto por ser anaeróbico, quanto pela gravidade da doença que provoca. Peixes e seus derivados são vulneráveis a estarem contaminados com esta bactéria, pertencente aos psicrotóxicos, por ser comum em ambientes marinhos. Outros fatores podem contribuir para que o produto represente riscos para o consumidor, dentre eles estão o processamento inadequado; alimentos e embalagens capazes de suportar crescimento de bactérias, produção da toxina e consumo do produto contaminado sem aquecimento adicional (PHILLIPS, 1996).

As bactérias gram negativas (*Pseudomona*) são mais vulneráveis a presença de CO₂ que as gram positivas (*Clostridium*). Durante o armazenamento prolongado o dióxido de carbono ocasiona mudanças na microbiota do pescado variando de uma biota predominante formada por microorganismos gram negativos, presentes em produtos frescos, para uma biota principalmente ou exclusivamente colonizada por gram positivos (JAY, 2005).

As bactérias do gênero *Streptococcus* são capazes de transmitir doenças a diversos tipos de hospedeiros, como seres humanos, peixes de água doce e marinhos, ocasionando contaminações que poderão ser de grande impacto a vários setores da produção inclusive a aquicultura (FIGUEIREDO; LEAL, 2008).

A quantidade e os tipos de bactérias são comprometidos pelo processamento que são desempenhados na hora de sua preparação para venda ou industrialização. Elas estão presentes na pele, intestino e guelras do pescado recém-capturado, desta forma, é possível que haja uma redução na carga bacteriana no produto final quando realizada a evisceração, a retirada da cabeça, o corte em filés e a extração da pele (ORDÓÑEZ, 2005).

2.7 Análise sensorial

Segundo Salgado (2006), a análise sensorial é considerada uma das principais ferramentas para avaliação do frescor do pescado por ser um método rápido, de fácil execução, de baixo custo, não destrutivo e por estar diretamente relacionada a critérios de aceitação adotados pelo consumidor.

Os principais parâmetros envolvidos no estudo e estimativa da vida de prateleira são as qualidades estéticas, como sabor, aroma, textura e aparência geral (alterados por transformações físico-químicas); valor nutritivo, avaliado pela concentração de vitaminas e proteínas; crescimento microbiano, ação enzimática ou infestação de insetos (DUTCOSKY, 2011; PACHECO-AGUILAR; LUGO-SÁNCHEZ; ROBLES-BURGUEÑO, 2000).

Quando ocorrem as alterações sensoriais que são denominadas por “deteriorado”, as principais manifestações do pescado são: coloração anormal, formação do muco, detecção de cheiros e sabores desagradáveis e alterações na textura (PESTANA, 2007). Estas mudanças na qualidade do alimento afetam as características sensoriais, tornando-se indispensável que o produto seja submetido à análise de aceitação pelo consumidor, através de testes específicos de avaliação sensorial (FARIAS; CRUZ; GONÇALVES, 2011).

2.8 Utilização da embalagem com atmosfera modificada (EAM)

O dióxido de carbono é conhecido desde o século XIX quando Bethell, em 1848 utilizou o processo para conservar o leite por carbonatação, que consistiu na fervura para expelir todo o ar contido na mesma, em seguida, saturou com o CO₂ com o objetivo de

prolongar por mais tempo quando exposto a atmosfera. Em 1877, Pasteur e Joubert observaram os efeitos inibitórios do dióxido de carbono no desenvolvimento da bactéria *Bacillus anthracis* (VALLEY, 1928).

O primeiro registro do uso da embalagem com atmosfera modificada foi em 1927, com a finalidade de estender a vida de prateleira de maçãs, onde as concentrações do oxigênio foram reduzidas e as do dióxido de carbono foram aumentadas. Na década de 1930 foi utilizado para armazenar frutas nos porões de navios (DAVIES, 1995). Desde então, várias técnicas estão sendo utilizadas para estender a vida de prateleira do pescado como os tratamentos químicos, embalagem a vácuo e embalagem com atmosfera modificada, impedindo que o alimento se deteriore rapidamente garantindo desta forma a qualidade do produto por mais tempo (MOHAN et al., 2010).

Segundo Santos e Oliveira (2012), o pescado é um alimento muito saudável, mas os consumidores não reconhecem como um produto de conveniência quando apresentado na forma *in natura* sem processamento, mas a partir do momento em que for disponibilizado limpo e filetado em EAM, o produto torna-se mais atrativo. Gonzaga-Junior (2010) enfatiza que os consumidores foram dando prioridades a produtos minimamente processados, o que despertou interesses de empresas de processamento e autosserviços a dar mais ênfase em recursos para a exploração e comercialização de produtos acondicionados em EAM.

Vários estudos foram realizados com diversas espécies de peixes e comprovaram o aumento no tempo de vida de prateleira, com concentrações variáveis de CO₂, dentre eles estão *Macrodon ancylodon* (LEMPEK; PRENTICE; LOPES, 2001), *Scomber japonicus* (ERKAN; OZDEN; INUGUR, 2007), *Sardinella brasiliensis* (TEODORO; ANDRADE; MANO, 2007), *Salmo salar* (HANSEN et al., 2009), *Arapaima gigas* (GONZAGA-JUNIOR, 2010), *Colossoma macropomum* (SOUZA, 2012).

Segundo Santos e Oliveira (2012) existem pesquisas relacionadas com a logística envolvida na produção e na preservação desses produtos, essencialmente na cadeia de distribuição e de comercialização, sendo necessário a manutenção da cadeia de frios, desta forma a utilização de embalagens ativas e inteligentes poderá ser uma alternativa para se obter melhor controle desse fator.

O ajustamento de sistemas de embalagens designados ao acondicionamento do pescado e dos alimentos em geral, tem em vista observar uns dos principais objetivos da cadeia produtiva das empresas que é proporcionar para os consumidores um produto com qualidade assegurada para não apresentar riscos à saúde, fornecendo informações sensoriais,

microbiológicas e toxicológicas, dentre outras, e que estes elementos possam constar nas embalagens (FARIAS; CRUZ; GONÇALVES, 2011), além de ampliar o potencial de mercado reduzindo o desperdício durante distribuição e para atender a demanda de produtos frescos (LALITHA et al., 2005).

Quando se trata de segurança microbilógica, o *C. Botulinum* representa grande perigo para alguns alimentos em EAM, desta forma, as autoridades e algumas indústrias de alimentos despertaram interesse quando se trata da saúde coletiva dos consumidores, portanto, a EAM pode resultar em produtos contendo elevadas concentrações de microrganismos patogênicos ou toxinas mesmo quando o produto apresentar aparência intacta e organolepticamente aceitável (CHURCH, 1994).

Para que a EAM seja bem executada, dependerá de vários fatores envolvidos como a boa qualidade inicial do produto; forma de depesca do peixe; tipo de embalagem; boas práticas de higiene durante a seleção do pescado; material e embalagem segura; boa manutenção e controle de temperatura e percentual adequado de mistura de gás para o tipo de produto (SOCCOL; OETTERER, 2003; PRENTICE; SAINZ, 2005).

Portanto, a vida útil do peixe fresco é limitada pelo crescimento e atividades bioquímicas de bactérias Gram-negativas psicrotólicas, cepas de *Pseudomonas*, *Achromabacter*, *Flavobacterium* e espécies de *Moraxella* com a presença de O₂ na atmosfera. Estes organismos de deterioração podem ser inibidos quando os produtos são embalados em um filme impermeável enriquecido de CO₂ (HUBBS, 1991; HUSS, 1995).

Estudos realizados por Lalitha et al., (2005), com a espécie *Etroplus suratensis* Bloch, destacou que o maior efeito inibidor sobre o crescimento de bactérias aeróbicas foi observado na mistura de CO₂/O₂ (60/40%) e excedeu o limite máximo (10⁷ CFU.g⁻¹) com 29 dias de armazenamento. E os principais grupos de bactérias encontradas nas amostras com ar eram bastonetes móveis gram-negativos aeróbios (*Pseudomonas*, *Shewanella* e *Aeromonas*). Para as amostras EAM, O₂/CO₂ (60/40%), O₂/CO₂ (50/50%), CO₂/N₂/O₂ (40/30/30%) foram *Shewanella putrefaciens*, *B. thermosphacta*, *Pseudomonas* e *Aeromonas*; para as concentrações O₂/CO₂ (60/40%) e O₂/CO₂ (70/30%) foram *B. thermosphacta* e *S. putrefaciens*.

Erkan, Ozden e Inugur (2007) encontraram para os files de *Scomber japonicus* armazenados em refrigeração a 4°C, limites de aceitabilidade de 7 dias de estocagem para as amostras embaladas em ar e vácuo; para EAM (O₂/CO₂/N₂, 5%/70%/25%) foi de 9 dias,

adotando valores máximos para bactérias aeróbios mesófilos de $5,70 \log \text{CFU.g}^{-1}$. Para as bactérias psicrotróficas o ar foi de 7 dias, vácuo 5 dias e EAM foi de 9 dias.

A atmosfera modificada pode conter apenas um tipo de gás ou composição de outros gases, sendo os mais utilizados o dióxido de carbono, oxigênio, nitrogênio. A composição destes gases depende do tipo de alimento a ser embalado, pois são levadas em consideração as características microbiológicas e organolépticas (PHILIPS, 1996; IGLESIAS; CABEZAS; NUEVO, 2012).

O termo embalagem a vácuo se refere quando o produto é colocado em baixa permeabilidade ao oxigênio, modificando sua atmosfera, pois o ar é retirado da embalagem e selado, embora não seja evacuado de forma completa, pois cerca de 0,3 a 3 % podem permanecer após a selagem, é susceptível de alterações durante o armazenamento (devido ao metabolismo microbiano) (CHURCH, 1994).

O dióxido de carbono (CO_2) é um gás inodoro e incolor e com leve sabor ácido, considerado único com propriedades bacteriostáticas, fungicida e inseticida. As concentrações devem estar entre 20-60% para inibir o desenvolvimento microbiano, dentre os quais, as bactérias aeróbias Gram-negativas (*Salmonella*, *E. Coli*) e fungos; em concentrações menores irá afetar as bactérias Gram-positivas (*Staphylococcus aureus*) e leveduras, porém, poderá ocorrer o desenvolvimento de outros microorganismos como as bactérias lácticas (IGLESIAS; CABEZAS; NUEVO, 2012).

A perda de água na superfície do pescado é influenciada pela dissolução dos gases na superfície do músculo que está em contato com altas concentrações de CO_2 (> 60%), diminuindo o pH, portanto, a retenção de água da proteína será reduzida além de aumentar as perdas de pigmentos (FELLOWS, 2006; IGLESIAS; CABEZAS; NUEVO, 2012), conforme observado por Gonzaga-Junior (2010), com filés de *Arapaima gigas*, durante a estocagem em atmosfera com alta concentração de CO_2 , quando obsevou uma redução no valor de pH comparado a concentrações menores de dióxido de carbono.

A concentração de CO_2 utilizado nas embalagens com atmosfera modificada dependerá da espécie a qual está trabalhando, devido à população da microbiota inicial, do percentual de gás/peixe, e do método de embalagem. As concentrações mais utilizadas de dióxido de carbono estão entre 40 e 60% (SOCOOL; OETTERER 2003).

Estudos realizados com embalagens enriquecidas com CO_2 indicam os melhores resultados de conservação em relação a 50% CO_2/O_2 , a vácuo e em ar, pois ocorre o efeito inibitório, conseqüentemente a diminuição de bactérias, o que influenciará na redução das

bases voláteis totais. Estes processos são indicados para se utilizar no setor produtivo de pescado como forma de prolongar o tempo de prateleira do produto (LOPES et al., 2004; TEODORO; ANDRADE; MANO, 2007; MOHAN et al., 2010). Apesar da inibição de crescimento microbiano as análises sensoriais devem ser feitas, pois é um fator decisivo para o consumo (LOPES et al., 2004). O aumento da vida útil do pescado está relacionado diretamente com a refrigeração, e desta forma mantendo o produto em melhores condições de consumo por mais tempo se comparado a métodos convencionais.

O oxigênio (O_2) é um gás incolor, inodoro e insípido. É um gás altamente reativo, oxidante e considerado um dos principais agentes responsáveis pela degradação dos alimentos. A redução do oxigênio é utilizada para diminuir o crescimento microbiano que deteriora alimentos e rancidez oxidativa (FELLOWS, 2006). Muito importante para a respiração de vegetais e frutos, no entanto, sua concentração não pode ser inferior a 5%, sendo a mistura composta por maioria de N_2 . Entretanto, quando o alimento é susceptível a oxidação, a mistura gasosa não deve conter O_2 (SIVERTSVIK, 2002).

O nitrogênio N_2 é um gás inerte, sem sabor e com baixa solubilidade em água e lipídios, pode ser utilizado para substituir o oxigênio em embalagens e recipientes de armazenamento, desta forma retardando a rancidez oxidativa e inibindo o crescimento de microrganismos aeróbios. Devido sua baixa solubilidade, evita o colapso das embalagens com concentrações elevadas de CO_2 (CHURCH, 1994; SIVERTSVIK, 2002).

EAM não aumenta expressivamente a vida de prateleira de cada tipo de alimento, pois as que passaram por tecnologias de cura (fumo), já estenderam seu tempo de conservação por causa do pré-tratamento, desta forma a embalagem com atmosfera modificada pode melhorar a aparência dando estabilidade da cor ao produto (PHILLIPS, 1996).

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar a influência da embalagem em atmosfera modificada associada à refrigeração como técnica de prolongar o tempo de armazenamento do matrinxã (*Brycon amazonicus*).

3.2 Específicos

- Determinar a composição centesimal da espécie matrinxã *in natura*;
- Avaliar a qualidade microbiológica da espécie matrinxã *in natura* durante a estocagem em EAM;
- Avaliar a qualidade físico-química da espécie matrinxã *in natura* durante o período de estocagem em EAM;
- Avaliar sensorialmente a espécie matrinxã *in natura* durante o período de estocagem em EAM.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMORAD, E.G.; CASTELLANI, D. Exigências nutricionais de aminoácidos para o lambari-do-raboamarelo baseadas na composição da carcaça e do músculo. **Bol. Inst. Pesca**, v. 37, n.1, p. 31 – 38, 2011.
- ALAK, G.; HISAR, S.A.; HISAR, O.; KABAN, G.; KAYA, M. Microbiological and chemical properties of bonito fish (*Sarda sarda*) fillets packaged with chitosan film, modified atmosphere and vacuum. **Kafkas Univ Vet Fak Derg**, v. 16, (supl-A), S73-S80, 2010.
- ALMEIDA, N. M. **Composição de ácidos graxos e quantificação de EPA e DHA de matrinxã (*Brycon cephalus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivados e capturados na Amazônia Central**. 2004. 226 f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/São Paulo, 2004.
- ANDRADE, E. G. **Qualidade dos “minced fish” de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) e matrinxã (*Brycon amazonicus* Spix & Agassiz, 1819) procedentes de piscicultura**. 2006. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) Universidade Federal do Amazonas/ Faculdade de Ciências farmacêuticas, 2006.
- ARBELÁEZ-ROJAS, G.A.; FRACALOSSO, D. M.; FIM, J.D.I. Composição corporal de tambaqui (*Colossoma macropomum*), e matrinxã, (*Brycon cephalus*) em sistemas de cultivo intensivo, em igarapé e semi-intensivo em viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 03, p. 1059 – 1069, 2002.
- BATISTA, G.M.; LESSI, E. KODAIRA, M.; FALCÃO, P.T. Alterações bioquímicas *post-mortem* de matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869) procedente da piscicultura, mantido em gelo. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 573-581, 2004.
- BATISTA, V.S.; INHAMUNS, A.J.; FREITAS, C.E.C.; FREIRE BRASIL, D. Characterization of the fishery in river communities in the low-Solimões/high-Amazon region. **Fisheries Management and Ecology**, v. 5, p. 419-435, 1998.
- BRANDÃO, F.R.; GOMES, L.C.; CHAGAS, E.C. ARAÚJO, L.D.; SILVA, A.L.F. Densidade de estocagem de matrinxã (*Brycon amazonicus*) na recria em tanque-rede. **Pesq. agropec. Bras.**,v. 40, n. 3, p. 299 - 303, marc. 2005.
- BRASIL, **Agência Nacional de Segurança Sanitária - ANVISA**, RDC, n° 12, de 02 de janeiro de 2001. Disponível em:<<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=34859&word>>. Acessado em: 08/01/2010.
- BRASIL, **Boletim estatístico da Pesca e Aquicultura**. Brasil 2010a. Disponível em: <http://www.uesc.br/cursos/pos_graduacao/mestrado/animal/bibliografia2013/luis_art4_rouss_eff.pdf>. Acessado em: 14 mar. 2012.
- BRASIL. **Ministério da Pesca e Aquicultura**. 2010b. Boletim estatístico da pesca e aquicultura – Brasil 2008 - 2009. Brasília, DF. 99 p. Disponível em: <http://www.sepaq.pa.gov.br/files/u1/anuario_da_pesca_completo.pdf>. Acessado em: 17 ab 2011.
- CARDOSO, C.L.N.; ANDRÉ, B.P.D.C.M .;SERAFINI, B.A. Avaliação Microbiológica de Carne de Peixe Comercializada em Supermercados da Cidade de Goiânia, GO. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v.17, n. 109, p. 81-87, jun 2003.

- CARVALHO; E.G.; URBINATI; E. Crescimento, desenvolvimento gonadal e composição muscular de matrinxãs (*Brycon cephalus*) submetidos à restrição alimentar e realimentação durante um ano. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 897-902, 2005.
- CERDEIRA, R.G.P., RUFFINO, M.L. ISAAC, V.J. Consumo de Pescado e outros alimentos nas comunidades ribeirinhas do Lago Grande de Monte Alegre. **Acta Amazônica**, v. 27, n. 3, p. 213-227, 1997.
- CHURCH, N. Developments in modified-atmosphere packaging and related. Technologies. **Food Science & Technology**, v. 5, nov 1994.
- DAVIES, A.R. Advances in Modified-atmosphere packaging. In: **New Methods of Food Preservation**. (edited by G.W. Gould). Glasgow, UK: Blackie. 1995. p. 304–320.
- DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de Alimentos**. 3 ed. Curitiba. Champagnat. 2011. 426 p.
- ERKAN, N. OZDEN, O. INUGUR, M. The effects of modified atmosphere and vacuum packaging on quality of chub mackerel. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 42, p. 1297-1304, 2007.
- FAO, **El estado mundial de la pesca y la acuicultura**. 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s.pdf>> . Acessado: 11 set. 2012
- FARIAS, J.A.F. CRUZ, A.G. GONÇALVES, A.A. Embalagem Ativa e com Atmosfera Modificada. In: GONÇALVES, A.A. **Tecnologia do Pescado**. Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação. GONÇALVES, A. G. Livraria Atheneu. 2011. p. 209 – 227.
- FELLOWS, P.J. 2006. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Porto Alegre, ARTMED. 2006. 602 p.
- FIGUEIREDO, H.C.P.; LEAL, C.A.G.T. Tecnologias aplicadas em sanidade de peixes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 08-14, 2008.
- FILHO; M.M.R.; RAMOS, M.I.L.; HIANE, P.A.; SOUZA, E.M.T. Perfil lipídico de quatro espécies de peixes da região pantaneira de Mato Grosso do Sul. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v.28, n. 2, p. 361-365, 2008.
- FOGAÇA, F.H.S.; SANTANA, L.S. Oxidação Lipídica em Peixes: Mecanismo de ação e prevenção. **Archives of Veterinary Science**, v. 14, n. 2, p. 117-127, 2009.
- FORSYTHE, S.J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Trad. Maria carolina Minardi Guimarães e Cristina Leonhardt – Porto Alegre, Artmed. 2012. p 216 – 211.
- FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M., DESTRO, M.T. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo. Atheneu. 2005. 182 p.
- GAVA, A.J. SILVA, C.A.B.; FRIAS, J.R.G. **Princípios de Tecnologia de Alimentos**. Nobel. São Paulo. 2008. 511 p.
- GILL, T.A. Objective analysis of seafood quality. **Food Review International**, v. 6, n. 4, p. 681-714, 1990.
- GOMIERO; J.S.G.; RIBEIRO, P.A.P.; FERREIRA, M.W.; LOGATO, P.V.R.. Rendimento de carcaça de peixe Matrinxã (*Brycon cephalus*) nos diferentes cortes de cabeça. **Ciência agrotecnologia**, v. 27, n. 1, p. 211-216, jan-fev., 2003.

- GONZAGA JR, M.A.G. **Avaliação da qualidade de filés de pirarucu (*Arapaima gigas*, CUVIER 1829), refrigerados e embalados sob atmosfera Modificada**. 2010. 74 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura), Universidade do Rio Grande, Rio Grande/RS. 2010.
- GOULDING, M. **The fishes and Forest**. London. 1980. 265 p.
- HANSEN, A.A.; MØKØRE, T.; RUDI, K. LANGSRUDA, Ø.; EIE, T. The combined effect of superchilling and modified atmosphere packaging using CO₂ emitter on quality during chilled storage of pre-rigor salmon fillets (*Salmo salar*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, p. 1625-1633, 2009.
- HUBBS, J., Fish: microbiological spoilage and safety. **Food Science and Technology Today**, v. 5, p. 166-173, 1991.
- HUSS, H. H. **Quality and quality changes in fresh fish**. FAO Fisheries Technical. Paper 348, Rome, 1995. 195 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/v7180e/V7180E00.HTM#Contents>>. Acessado: 07/02/2012.
- HUSS, H.H. **El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad**. FAO Doc. tec. de pesca n. 348, Roma, 1998. 202 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/V7180S/V7180S00.HTM>>. Acessado: 07/02/2012.
- IGLESIAS, E.G. CABEZAS, L.G. NUEVO, J.L.F. **Tecnologías de Envasado en Atmosfera Protectora. Informe de Vigilancia Tecnológica**. Disponível em: <http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt3_tecnologias_de_ensado_en_atmosfera_protectora.pdf>. Acessado em: 25/03/2012.
- JAY, J.M. **Microbiologia de Alimentos**. 6. Ed. Porto Alegre: Artimed, 2005. p. 712.
- JUNIOR, W.C.; ALMEIDA, O.T. Indústria Pesqueira na Amazônia. **Avaliação do Pescado da Indústria Pesqueira na Amazônia**. IBAMA / PRÓ – VÁRZEA. 2006. p. 17 – 39.
- KARAPANAGIOTIDIS, L.T.; YAKUPITIVAGE, A.; LITTLE, D.C.; BELL, M.V.; MENTE, E. The nutritional value of lipids in various tropical aquatic animals from rice–fish farming systems in northeast Thailand. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 1, p. 1–8, 2010.
- KIM, J.D.; LALL, S.P. Amino acid composition of whole body tissue of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), Yellowtail flounder (*Pleuronectes ferreginea*), and Japanese flounder (*Paralichthys*), v. 187, **Aquaculture**. 367-373. 2000.
- LALITHA, K.V.; SONAJI, E.R.; MANJU, S.; JOSE, L.; GOPAL, T.K.S. RAVISANKAR, C.N. Microbiological and biochemical changes in pearl spot (*Etroplus suratensis* Bloch) stored under modified atmospheres. **Journal of Applied Microbiology**. v. 99, p. 1222–1228, 2005.
- LEMPEK, T.S. PRENTICE, C. LOPES, M.L. Efeito do vácuo na qualidade da pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 1, p. 64-67, jan./abr. 2001.
- LEONARDO; A.F.G.; HOSHIBA, M.A.; SENHORINI, J.A.; URBINATI, E.C. Canibalismo em larvas de matrinxã, *Brycon cephalus*, após imersão dos ovos à diferentes concentrações de triiodotironina (T3). **Boletim Instituto da Pesca**, v. 34, n.2, p. 231 – 239, 2008.
- LIUSON, E. **Pesquisa de coliformes totais, fecais e Salmonella spp em tilápias de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo**. 2003. 94 f. Dissertação (Mestrado em

Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade de São Paulo. São Paulo, SP: Universidade de São Paulo. 2003.

LOPES, M.M.; MÁRSICO, E.T.; SOBREIRO, L.G.; SILVA, L.P.; CONTE-JR, C.A.; PARDI, H.S.; MANO, S.B. Efeito da embalagem em atmosfera modificada sobre a conservação de sardinhas (*Sardinella brasiliensis*). **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 99, n. 552, p. 207-210. 2004.

MASNIYOM, P. Deterioration and shelf-life extension of fish and fishery products by modified atmosphere packaging. **Songklanakarin J of Sci and Technology**, v. 33, n. 2, p. 181, 2011.

MOHAN, C.O.; RAVISHANKAR, C.N.; GOPAL, T.K.S.; LALITHA, K.V.; KUMAR, K.A. Effect of reduced oxygen atmosphere and sodium acetate treatment on the microbial quality changes of seer fish (*Scomberomorus commerson*) steaks stored in ice. **Food Microbiology**, v. 27, p. 526-534, 2010.

NURHASAN, M.; MAEHRE, H.K.; MALDE, M.K.; STORMO, S.K.; HALWART, M.; JAMES, D. ELVEVOLL, E.O. Nutritional composition of aquatic species in Laotian rice field ecosystems. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 3, p. 205–213, 2010.

OCAÑO-HIGUERA, V.M. MAEDA-MARTÍNEZ, A.N. MARQUEZ-RÍOS, E. CANIZALES-RODRÍGUEZ, D.F. CASTILLO-YÁÑEZ, F.J. RUÍZ-BUSTOS, E. GRACIANO-VERDUGO, A.Z. PLASCENCIA-JATOMEA, M. Freshness assessment of ray fish stored in ice by biochemical, chemical and physical methods. **Food Chemistry**. v. 125 p. 49-54, 2011.

OGAWA, M.; MAIA, E.L. Química do pescado, In: **Manual de pesca**. OGAWA (ed.) *Ciência E Tecnologia Do Pescado*. Livraria Varela. São Paulo. v. 1. 1999. p. 411 – 419.

ORDÓNEZ, J.A. **Tecnologia de alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, v. 2, 2005. 280p.

PACHECO-AGUILAR, R.; LUGO-SÁNCHEZ, M.E.; ROBLES-BURGUEÑO, M.R. Postmortem Biochemical and Functional Characteristic of Monterey Sardine Muscle Stored at 0 °C. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 1, 2000.

PESTANA, C.M.P.P. 2007. **Conservação de filetes de sardinha, *Sardina pilchardus*, sujeitos a estabilização com gás solúvel (SGS), embalados em ar, vácuo e atmosfera modificada**. 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado em Controle da Qualidade e Toxicologia dos Alimentos), Universidade de Lisboa/Faculdade de Farmácia. 2007.

PHILLIPS; C.A. Review: Modified Atmosphere Packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 31, n. 6, p. 463–479, 1996.

PRENTICE, C. SAINZ, R.L. Cinética de deterioração apresentada por filés de Carpa – Capim (*Ctenopharyngodon idella*) embalados a vácuo sob diferentes condições de refrigeração. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**. v. 25, n.1, p.127 -131, jan./mar, 2005.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de Alimentos**. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 184 p. . 2004.

SALGADO, R.L.; COSTA, J.C.B.; CONTE JÚNIOR, C.A.; FERNÁNDEZ, M.; FREITAS, M.Q.; MANO, S.B. Efeitos da embalagem em atmosfera modificada sobre as alterações

- microbiológicas, químicas e sensoriais de pargo (*Pagrus pagrus*). **Revista bras. Ciência Vet.** v. 13, n. 2, p. 94-97, maio/ago. 2006.
- SANTOS, G.M.; FERREIRA, E.J.G.; ZUANON, J.A.S. **Peixes Comerciais de Manaus.** IBAMA / PRO-VÁRZEA. 2006. 144 p.
- SANTOS, J.S. OLIVEIRA, M.B.P.P. Revisão: Alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. **Braz. J. Food Technol. Campinas**, v. 15, n. 1, p. 1-14, jan./mar, 2012.
- SILVA, F.A. M. BORGES, M. F. M. FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Revista Química Nova**, v. 22, n. 1, p.94 – 103.1999.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.; TANIWAKI, M.H.; SANTOS, R.F.S.; GOMES, R.A.R. A. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água.** 4ª ed. Livraria Varela. 2010. 624 p.
- SIMÕES, D.R.S. PEDROSO, M.A. AUGUSTO RUIZ, W. ALMEIDA T.L. Hambúrgueres formulados com base protéica de pescado. **Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas**, v. 18, n. 4, Out-Dez. 1998.
- SIVERTSVIK, M.; JEKSRUD, W.K.; ROSNES, 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, p. 107-127, 2002.
- SOARES, M.G.M.; COSTA, E.L.; SIQUEIRA-SOUZA, F.K.; ANJOS, H.D.B.; YAMAMOTO, K.C.; FREITAS, C.E.C. **Peixes de Lagos do Médio Rio Solimões.** EDUA. 2007. 176p.
- SOCOL, M.C.H.; OETTERER, M. Use of Modified Atmosphere in Seafood Preservation. **Brazilian Archives of Biology And Technology**, v. 46, n. 4, p. 569-580, 2003.
- SOUZA, H.C.S. **Aproveitamento de tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado para elaboração de produtos de pescado minimamente processados.** 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. 2012.
- SOUZA; A.F.L. **Rendimento, composição química e perfil de minerais das principais espécies de peixes comercializadas no estado do Amazonas.** 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) Universidade Federal do Amazonas/ Faculdade de Ciências farmacêuticas. 2008.
- TEODORO, A.J. ANDRADE, E.C.B.; MANO, S.B. Avaliação da utilização de embalagem em atmosfera modificada sobre a conservação de sardinhas (*Sardinella brasiliensis*). **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n.1, p. 158-161, jan./mar. 2007.
- USYDUS, Z.; SZLINDER-RICHERT, J.; POLAK-JUSZCZAK, L.; KOMAR, K.; ADAMCZYK, M.; MALESA-CIECWIERZ, M. RUCZYNSKA, W. Fish products available in Polish market – Assessment of the nutritive value and human exposure to dioxins and other contaminants. **Chemosphere**, v. 74, n.11, p. 1420–1428, 2009.
- VALLEY, G. The Effect of Carbon Dioxide on Bacteria. **Quarterly Review of Biology**, v. 3, n. 2, p. 209–224, 1928.
- VIEIRA, R.H.S.F. **Microbiologia, Higiene e Qualidade do Pescado.** Teoria e Prática. Livraria Varela. São Paulo. 2003. 380 p.

VISENTAINER, J.V.; CARVALHO, P.O.; IKEGAKI, M.; PARK, Y.K. Concentração de ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA) em peixes marinhos da costa brasileira. **Ciênc. Technol. Aliment.** v. 20, n. 1, 2000.

WILSON, R.P.; COWEY, C.B. Amino acid composition of whole body tissue of rainbow trout and atlantic salmon. **Aquaculture**, v. 48, p. 373-376, 1985.

CAPÍTULO I

EFEITO DA ATMOSFERA MODIFICADA NA CONSERVAÇÃO DO MATRINXÃ (*Brycon amazonicus*).

Artigo redigido conforme as normas da revista Journal of Food Science

Fator de Impacto: 1.658

On-line ISSN: 1750-3841

Efeito da atmosfera modificada na conservação do matrinxã (*Brycon amazonicus*)

RESUMO

A população da Região Amazônica tem o hábito de adquirir pescado preferencialmente “*in natura*” e/ou refrigerado tanto que nas épocas de entressafas a demanda aumenta nos pontos de venda que consistem em mercados públicos, feiras livres e supermercados. Para prolongar o tempo de vida comercial é fundamental o desenvolvimento de técnicas associadas à conservação, de modo que o alimento mantenha ao máximo suas qualidades nutritivas e organolépticas como também sua segurança de consumo, portanto, o uso da Embalagem em Atmosfera Modificada poderá ser eficiente para manter esses parâmetros. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da atmosfera modificada associada à refrigeração como técnica de prolongar o tempo de armazenamento do matrinxã (*Brycon amazonicus*) mantido a $2 \pm 1^\circ\text{C}$. Os peixes foram processados e lavados em solução com hipoclorito de sódio a 5 ppm, em seguida, com solução de cloreto de sódio a 5% durante 10 minutos e analisados quanto a sua composição centesimal, características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais para avaliação da qualidade do produto durante o tempo de armazenamento das embalagens com atmosfera modificada (vácuo, CO_2 100% e CO_2/N_2 60/40%). Os resultados obtidos apresentaram maior crescimento microbiano nas amostras controle (sem tratamento) e vácuo, que mantiveram boa qualidade por acerca de 21 dias de conservação, quando atingiram os limites estipulados pela legislação para *Staphylococcus* coagulase positiva; no entanto, evidenciou considerável redução bacteriana nos tratamentos com EAM CO_2/N_2 -60/40% e CO_2 -100% que estendeu a boa qualidade por, aproximadamente 35 dias de armazenamento. As bactérias mesófilos e psicrotrófilos não atingiram os limites estabelecidos de $6,5 \log \text{UFC.g}^{-1}$ em todos os tratamentos e tempos de conservação. O pH mostrou não ser bom índice para avaliar a qualidade do produto. Não foram detectadas variações na oxidação lipídica nos tratamentos ao longo do tempo. O tratamento a vácuo foi o único onde o N-BVT atingiu valores de $29,65 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ aos 21 dias de conservação. A análise sensorial do pescado, através do método de índice de qualidade, não indicou limites de rejeição durante o armazenamento, entretanto, no teste de aceitabilidade das amostras embaladas com o CO_2 -100% não obteve bons resultados, possivelmente pela elevada concentração de dióxido de carbono nas amostras. As embalagens com atmosfera modificada quando associada à refrigeração é uma técnica promissora para estender a vida útil do matrinxã por mais tempo, comparando-se aos métodos convencionais (vácuo e ar), auxiliando desta forma, no transporte em longas distâncias e melhorando a logística do produto.

Palavras-chave: Peixe de água doce, qualidade do pescado, embalagens com atmosfera modificada.

Effect of modified atmosphere storage in the matrinxã (*Brycon amazonicus*)

ABSTRACT

The Amazon region population has a habit of acquiring preferably fish "*in natura*" and / or chilled than in seasons between harvests demand increases in retail outlets consisting of public markets, fairs and supermarkets. To prolong the life business is the development of fundamental techniques associated with maintenance, so the food to keep up their nutritional and organoleptic as well as its consumer security, so the use of Modified Atmosphere Packaging can be efficient to keep these parameters. The aim of this study was to evaluate the influence of modified atmosphere associated with refrigeration technique as prolong the storage matrinxã (*Brycon amazonicus*) maintained at 2 ± 1 ° C. The fish were processed and washed with sodium hypochlorite solution to 5 ppm, then with saturated sodium chloride solution at 5% for 10 minutes and analyzed for chemical composition, physical-chemical, microbiological and sensory evaluation for Product quality during the time of storage of modified atmosphere packaging (vacuum, CO₂ and 100% CO₂/N₂ 60/40%). The results showed higher microbial growth in control samples (untreated) and vacuum, which maintained good quality for about 21 days of storage, when they reached the limits set by law for Staphylococcus coagulase positive, however, showed considerable reduction in bacterial treatments EAM with CO₂/N₂-60/40% and 100% CO₂-good quality that extended for approximately 35 days of storage. Mesophilic bacteria and psychrotrophs not reached the limits of 6.5 log CFU g⁻¹ in all treatments and storage times. The pH shown not to be a good index for evaluating the quality of the product. No changes were detected in lipid oxidation treatments over time. The vacuum treatment was the only one where the TVB-N values reached 29.65 mg 100g⁻¹ at 21 days of storage. The sensory analysis of fish, through the method of quality score did not indicate rejection limits during storage, however, the acceptability test of packaged samples CO₂-100% not achieved good results, possibly due to high concentration of carbon dioxide in the samples. The modified atmosphere packaging when associated with chilling is a promising technique to extend the life of matrinxã longer, compared to the conventional methods (vacuum and air), thus supporting the transport over long distances and improving logistics product.

Keywords: Freshwater fish, fish quality, Modified atmosphere packaging.

1. INTRODUÇÃO

O consumo de pescado contribui em muitas regiões do mundo para o bem estar das populações, sendo essencial para o crescimento, desenvolvimento e manutenção da saúde dessas pessoas, pelo fato de ser considerado um alimento rico em nutrientes, como proteína, micronutrientes, minerais e ácidos graxos essenciais, (USYDUS et al., 2009; MOHAN et al., 2010; NURHASAN et al., 2010; KARAPANAGIOTIDIS et al., 2010; FAO, 2012).

O pescado é a principal dieta das populações ribeirinhas da região Amazônica, aonde o consumo “*per capita*” chega a mais de 100 kg/ano e, nos grandes centros urbanos esta ingestão chega a nove quilos por ano (BATISTA et al., 2004b), é menor devido a concorrência com frango congelado e carne bovina, pois ambos são abundantes na região (JUNIOR; ALMEIDA, 2006).

Em 2007, a produção brasileira do matrinxã cultivado foi de 2.899,5 t, e da a pesca extrativa foi de 5.059,5 t. Somente para o Estado do Amazonas a produção foi de 2.094,5 t e 2.394,5 t. respectivamente (IBAMA, 2007).

Devido à alta perecibilidade do pescado, há uma variedade de métodos alternativos para sua conservação, como a salga e secagem, a defumação, o congelamento e o enlatamento, mas são tecnologias que modificam as características do pescado *in natura*. Dependendo do tipo de conservação utilizado, será definido o tempo de prateleira e de conservação do produto. Essa conservação deve ser de forma que o alimento conserve ao máximo suas qualidades sensoriais, nutritivas, organolépticas como também sua seguridade de consumo (MASNIYOM, 2011; FAO, 2012).

O método de conservação de EAM é usado para manter as características originais do pescado por mais tempo, através da substituição do ar que o rodeia no momento em que está sendo embalado, por um gás ou mistura de gases (O₂, N₂, CO₂) inibindo a sua degradação, além de controlar a ação enzimática e evitando o desenvolvimento microbiológico que ocorre durante o período de armazenamento (HALL, 1992; MANTILLA et al., 2010). Vários estudos foram realizados com diversas espécies de peixes e comprovaram o aumento no tempo de vida de prateleira, dentre eles estão *Macrodon ancylodon* (LEMPEK; PRENTICE; LOPES, 2001), *Scomber japonicus* (ERKAN; OZDEN; INUGUR, 2007), *Sardinella brasiliensis* (TEODORO; ANDRADE; MANO, 2007), *Salmo salar* (HANSEN et al., 2009), *Arapaima gigas* (GONZAGA-JUNIOR, 2010). (SOUZA, 2012), *Colossoma macropomum*.

A distribuição de peixe fresco, principalmente em países tropicais, ainda é problemática, apesar da disponibilidade da cadeia de frios e equipamentos de transporte

(MOHAN et al., 2010). A temperatura baixa associada à EAM tem maior impacto na atividade enzimática e microbiana que são responsáveis pela deterioração do pescado. Esta interação aumenta consideravelmente o tempo de prateleira do produto, pois o peixe mantido sobre refrigeração sem embalagens permanece bom para consumo em torno de dois dias e com EAM pode alcançar entre 10 e 20 dias (HUSS, 1998; FELLOWS, 2006).

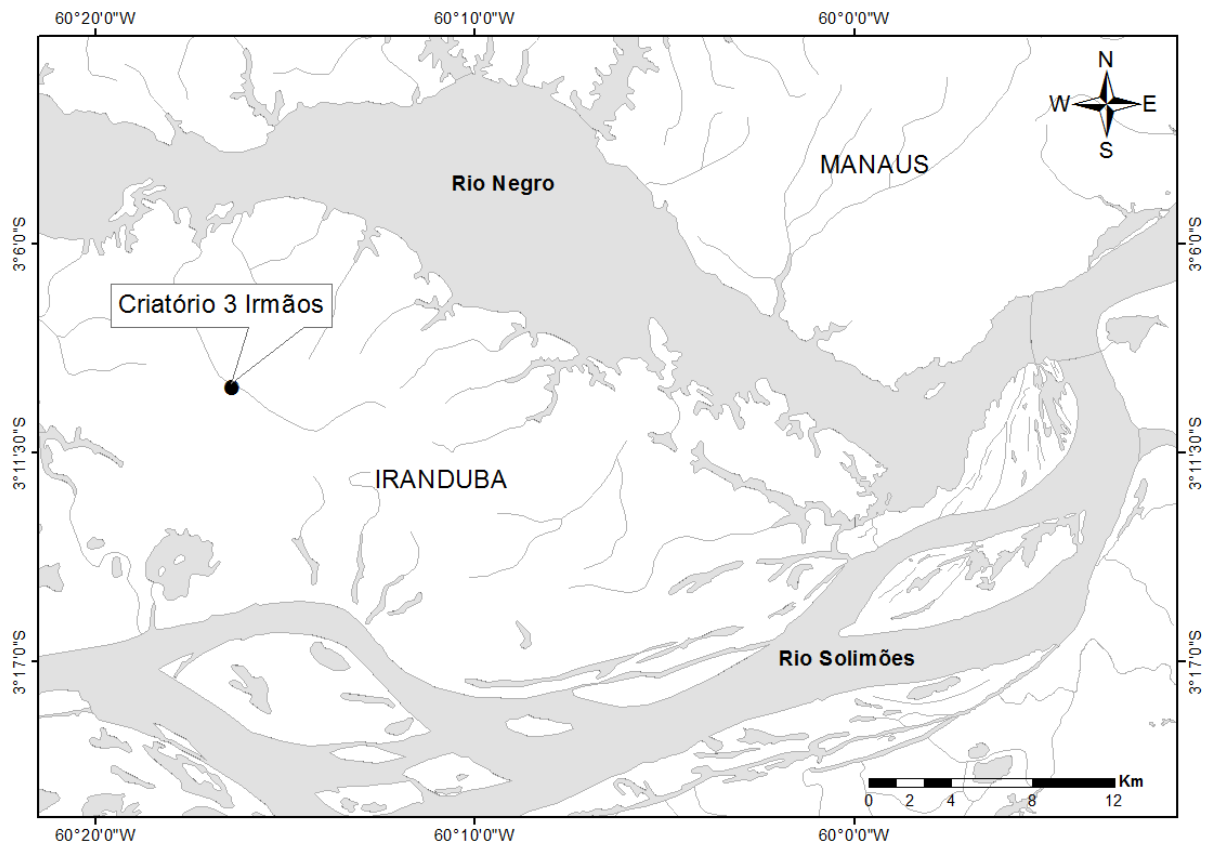
A espécie matrinxã (*Brycon amazonicus*) tem importância no valor comercial, econômico e de produção no Estado do Amazonas, pois a população local tem o hábito de adquirir o pescado “*in natura*”. Deste modo, o desenvolvimento de técnicas de conservação do pescado é fundamental para prolongar o tempo de prateleira do matrinxã e mantê-lo com boa qualidade até o consumidor final. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência da embalagem em atmosfera modificada associada à refrigeração como técnica de prolongamento do tempo de armazenamento do matrinxã (*Brycon amazonicus*).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta das amostras

Os 130 exemplares da espécie *Brycon amazonicus* foram adquiridos no criatório Três Irmãos, localizado na estrada AM-080 - Manoel Urbano, s/n km 23, Iranduba- Amazonas (Figura 2), que possui criações de peixes em canal de igarapé.

Figura 2- Mapa de localização da área de estudo, no Município de Iranduba-AM, com a indicação do criatório três irmãos.



Os peixes foram capturados, abatidos por hipotermia e acondicionados em caixa isotérmica com gelo na proporção de 1:1 (gelo/peixe) e transportados para o laboratório de tecnologia do pescado da Universidade Federal do Amazonas para mensuração, pesagem e processamento.

2.2 Processamento e tratamentos

Os exemplares selecionados foram lavados em solução de água clorada (5 ppm) por 5 minutos com intenção de inibir a microbiota na superfície corporal e a seguir foram eviscerados, mas com a manutenção das escamas; após foram lavados novamente em solução de hipoclorito de sódio (5 ppm) e em seguida, com solução de NaCl (5%) durante 10 minutos com finalidade de retirar o excesso de sangue e sujidades superficiais. Então as amostras foram drenadas por 10 minutos e posteriormente embaladas em sacos plásticos (5 camadas, 180 micras, 20 x 55 cm), tratadas e fechadas em seladora a vácuo modelo 200-B marca Selovac, e armazenadas à temperatura de 2 ± 1 °C.

2.3 Delineamento experimental

As amostras embaladas foram aplicados três tratamentos antes da selagem: T1- tratamento a vácuo; T2 - CO₂ (100%); T3 - CO₂/N₂ (60/40%), e a amostra controle, todos com três repetições. Todas as análises foram executadas nos tempo 0, 07, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento.

2.4 Composição centesimal

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico, através de perda de massa do material aquecido a 105 °C em estufa, até peso constante conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (São Paulo, 2008).

A proteína Bruta foi determinado pelo método de Kjeldahl – pela medição do Nitrogênio Total (NT), descrito pela técnica oficial 47.021 da A.O.A.C. (1990).

Os Lipídios foram determinados pelo método de soxhlet para a extração e purificação dos lipídios totais conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (São Paulo, 2008).

As cinzas (Resíduo Mineral Fixo) foram determinadas por incineração do material em mufla a 550-660 °C até peso constante, segundo o método descrito pela A.O.A.C. (1990).

2.5 Análise Microbiológica

Foram retiradas amostras da região dorsal do matrinxã para realização das análises microbiológicas para quantificação de microrganismos mesófilos a 35 °C, psicotrófilos a 5 °C, coliformes ambientais e coliformes termotolerantes (NMP), *Staphylococcus* coagulase

positiva; detecção da presença ou ausência de *Escherichia coli* e *Salmonella* sp. Todas as análises microbiológicas seguiram as recomendações da Instrução Normativa Nº 62 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2003).

2.6 Análise físico-química durante o armazenamento

A determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA) foi quantificada segundo metodologia proposta por Vyncke (1970) e modificada por Jesus et al., (2001).

A medição de pH foi realizada conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (São Paulo, 2008).

O nitrogênio de bases voláteis totais (NBV-T) foi determinado de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (São Paulo, 2008), extração de extração em TCA a 7,5% conforme Wootlon e Chuam (1981), modificado por Jesus (2001).

2.7 Análise Sensorial

As análises sensoriais foram realizadas por 15 avaliadores treinados a cada sete dias de estocagem. O projeto teve aprovação do Comitê de ética da Universidade Federal do Amazonas com protocolo nº 11684612.0.0000.5020 (Anexo C), cada provador assinou um termo de consentimento que permitiu o uso de seu julgamento nessa pesquisa. Para a avaliação do índice de qualidade (MIQ) do matrinxã “in natura” foi utilizada a tabela elaborada por Rodrigues (2008), para a avaliação da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), que foi adaptado para o matrinxã (Anexo A - questionário 1). Foram avaliados os seguintes aspectos: aparência geral, olhos, abdome e musculatura. Foram atribuídas notas por demérito para cada parâmetro de qualidade atribuído. A cada atributo foi dado um escore, que variou de 0 a 2 ou de 0 a 3, que classificou as amostras em 4 classes: A (qualidade especial), B (boa qualidade), C (qualidade de consumo corrente), D (rejeitável).

Para a avaliação da escala hedônica de aceitabilidade, porções do músculo foram retiradas da região dorsal das amostras, embaladas em papel alumínio, cozidas no vapor por 10 minutos à 100 °C. Foi utilizada a escala hedônica de 5 pontos (Anexo B- questionário 2), com valores numéricos variando de 1 (inaceitável) a 5 (excelente), empregada para avaliação das características sensoriais da aparência, odor, sabor, cor e textura do produto durante o período de estocagem conforme o modelo do Anexo II, adotado por Teixeira et al. (1987).

3. ESTATÍSTICA

Os resultados da análise centesimal, peso e comprimento dos exemplares foram avaliados através de estudo quantitativo onde os dados foram agrupados, ordenados e transferidos para um banco de dados, em seguida, determinadas as médias e desvio padrão.

Diferenças entre os tempos de conservação e tratamentos foram testados utilizando uma ANOVA one-way. Sempre que necessário, os dados foram log-transformados ($\log(x+1)$), a fim de homogeneizar as variâncias. A significância das diferenças emparelhadas foi avaliada utilizando pós hoc teste de Tukey (Zar, 1996). Dados não-normais foram examinadas pelo teste de Kruskal-Wallis não paramétrico de análise de variância. Diferenças específicas foram examinadas usando uma classificação por meio de teste de comparação múltipla.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Biometria

Os valores biométricos das amostras analisadas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Valores médios de 20 exemplares de matrinxã *Brycon amazonicus*, procedente de piscicultura (canal de Igarapé) mantidos em refrigeração (2 ± 1 °C).

Comprimento padrão (cm)	Peso inteiro (Kg)	Peso eviscerado (Kg)
$35,12 \pm 1,48$	$0,890 \pm 1,16$	$0,752 \pm 0,12$
Média e desvio padrão		

Em estudo realizado por Santos-Filho e Batista (2009), sobre a dinâmica populacional da espécie *Brycon amazonicus* na Amazônia Central, por meio de informações de desembarque pesqueiro, foi encontrada variações nos comprimentos furcais variando de 29 a 37 cm, valores próximos aos encontrados neste trabalho.

No entanto, em estudo realizado por Souza e Inhamuns (2011), onde fizeram a análise de rendimento cárneo das principais espécies de peixes comercializadas no Estado do Amazonas, os autores encontraram para o matrinxã valores médios de comprimento padrão de 29,3 cm e peso 621,6 g durante a cheia e, na seca 24,5 cm e 365,4 g.

4.2 Composição centesimal

Os resultados dos teores de umidade e lipídios para a espécie *Brycon amazonicus*, procedente de cultivo em canal de Igarapé, classificaram-na como semi-gorda, pois segundo Ackman (1989), o limite de variação do teor de gordura para esta categoria é entre 4,0 e 8,0. Desta forma os resultados obtidos neste trabalho estão na faixa dos valores citados pelo autor (Tabela 2).

Tabela 2- Composição química do tecido muscular dos filés de matrinxã em comparação com outros autores.

Componente (%)	Este trabalho ¹	Batista <i>et al.</i> (2004)	Souza (2008)	
			Cheia	Seca
Umidade	73,48 ± 0,22	72,3	71,51	71,80
Proteína	18,14 ± 0,66	18,4	18,39	25,50
Lipídios	5,06 ± 0,29	7,5	8,53	1,75
Cinzas	1,21 ± 0,02	0,9	1,08	0,88
NIFEXT	2,40	0,8	0,49	0,07

¹Média ± desvio padrão, n=3

De acordo com Huss (1998) e Özden; Erkan e Ulusoy (2010), a composição química do peixe pode variar entre as espécies e indivíduos da mesma espécie, dependendo da idade, gênero, ambiente e estação do ano, embora estejam intimamente relacionadas com os alimentos, natação migratória e alterações sexuais associadas à desova.

Estudos realizados por Souza (2008), com espécimes de matrinxã oriundos da pesca extrativa no período da seca mostram diferenças no teor de proteína e lipídios, quando comparados aos resultados obtidos por Batista *et al.* (2004a) e com o presente estudo, uma vez que estes exemplares foram oriundos de cultivo. Segundo Gonzaga-Junior (2010), a dieta fornecida a peixes de piscicultura pode refletir diretamente na composição do tecido muscular.

4.3 Análise microbiológica

Neste estudo, o resultado para os coliformes ambientais foi menor que 0,48 log UFC.g⁻¹ em todos os tratamentos e tempo de armazenamento. As análises de *Salmonella* spp. (em 25 g de amostra) e *E. Coli* apresentaram ausência de colônias típicas/g de amostra, tornando o produto aceitável para o consumo humano quando relacionado à análise microbiológica e dentro dos padrões estabelecidos pela Agencia Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (Brasil, 2001).

Os resultados obtidos para as bactérias mesófilas e psicrófilas (Figuras 3 e 4, ver Tabela 3 em anexo D) mostraram que a contagem para todos os tratamentos não ultrapassou o limite máximo recomendado pela legislação do Estado de São Paulo (1991) que estabelece $6,5 \log \text{ UFC.g}^{-1}$ em seu Código Sanitário, apesar de ter sido observado uma elevação nos valores conforme o aumento do tempo de armazenamento com diferenças significativas quando comparado com a carne fresca (tempo 0).

O tratamento com CO_2/N_2 (60/40%) se destacou em relação aos demais, tanto no controle de microrganismos mesófilos (ANOVA, $p < 0,05$), quanto para os psicrófilos (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) por apresentar os menores valores no desenvolvimento microbiano. Este resultado pode ser atribuído a formação de ácido carbônico, que influenciou na redução do pH da carne, alterando as reações enzimáticas e bioquímicas, diminuindo desta forma o desenvolvimento bacteriano (BANKS; NICKELSON; FINNE, 1980; FLOROS; MATSOS 2005).

Estudos realizados por Lalitha et al. (2005), Yesudhaso et al. (2009), Bono e Badalucco (2012), com as espécies *Eetroplus suratensis* Bloch, *Scomberomorus commerson* e *Mullus surmuletus*, respectivamente, confirmaram a eficácia da embalagem com atmosfera modificada com concentrações elevadas de CO_2 como efeito inibidor no desenvolvimento bacteriano, estendendo desta forma a vida útil do produto.

Em relação ao resultado dos tratamentos com a amostra controle e vácuo, que obtiveram aumento na contagem bacteriana de mesófilos e psicrófilos, pode ser explicado pelo possível desenvolvimento de bactérias aeróbias facultativas, que podem se desenvolver na presença ou ausência de oxigênio.

Figura 3 - Interações das médias da bactérias mesófilas para cada tratamento e tempo, em matriz armazenada sob refrigeração (2 ± 1 °C).

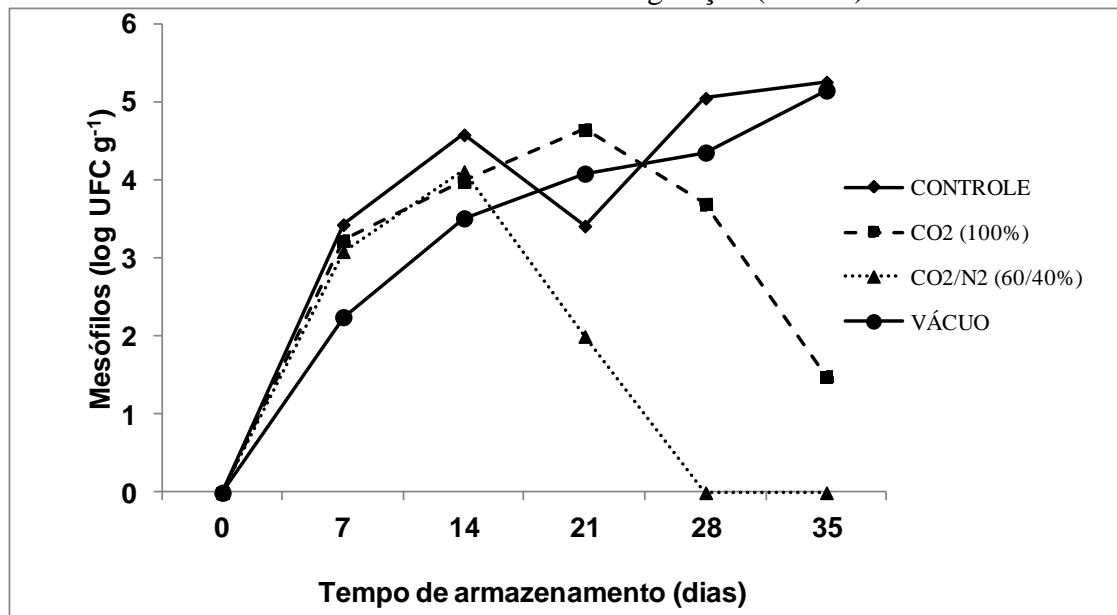
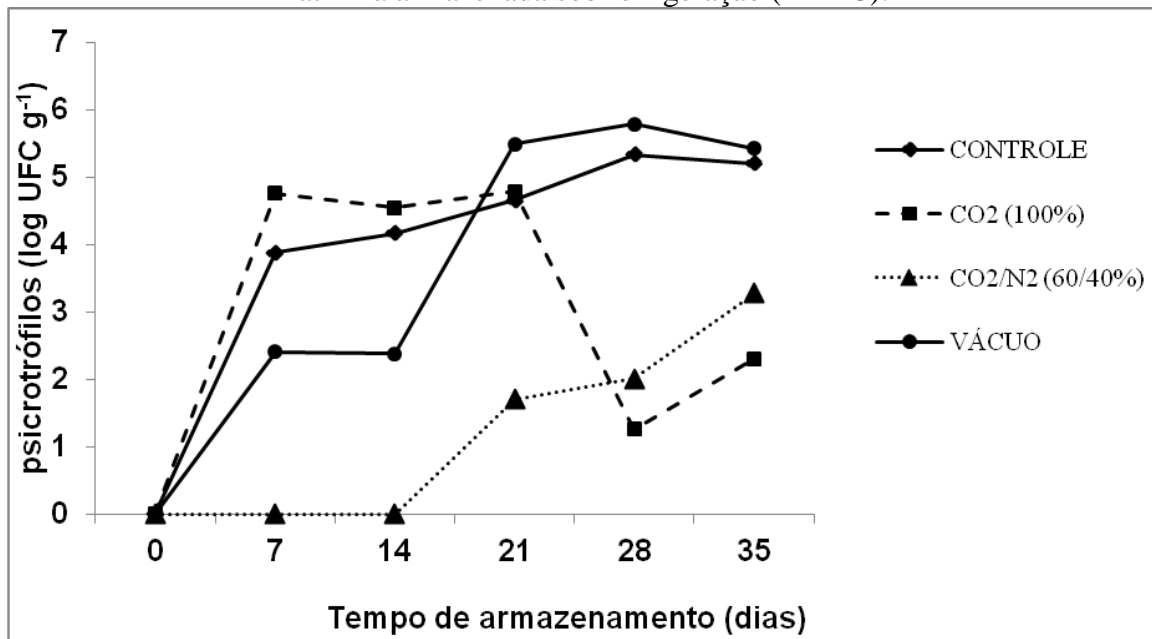


Figura 4 - Interações das médias das bactérias psicrotróficas para cada tratamento e tempo, em matriz armazenada sob refrigeração (2 ± 1 °C).

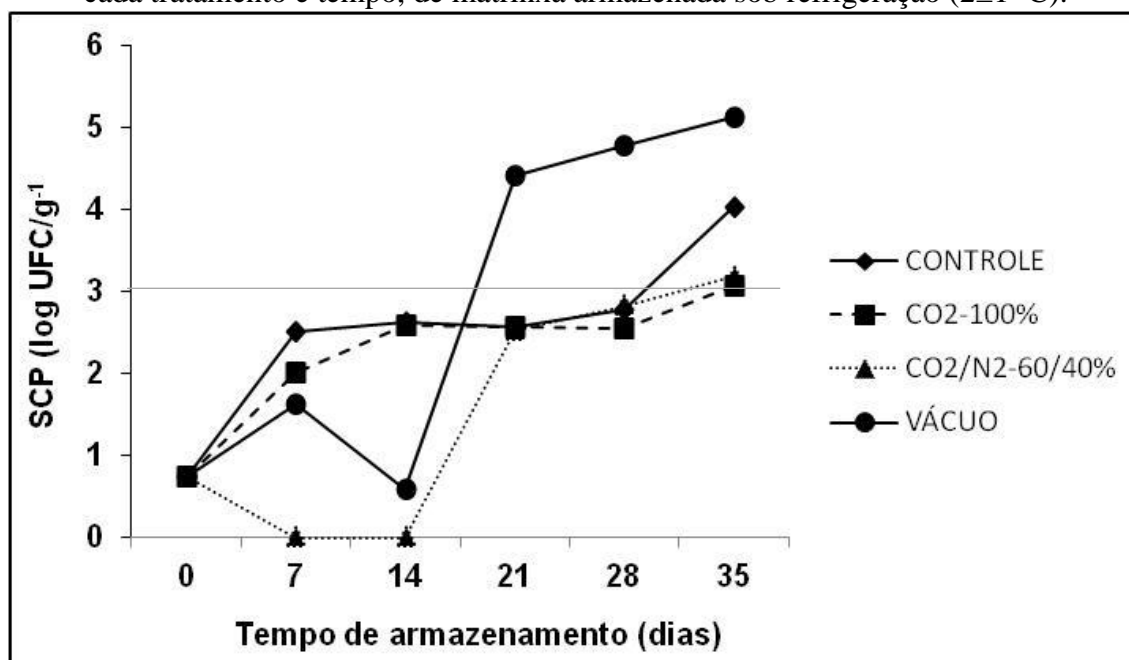


Para as análises de *Staphylococcus* coagulase positiva, em todos os tratamentos, o tempo de conservação 35 dias apresentou valores acima dos limites máximos estabelecidos pela legislação vigente ($3 \log \text{UFC.g}^{-1}$), acrescentando, ainda que para o tratamento a vácuo e controle o tempo de prateleira foi limitada aproximadamente aos 21 e 28 dias,

consecutivamente, devido o quantitativo de *Staphylococcus* coagulase positiva ultrapassar o limite estabelecido pela ANVISA (BRASIL, 2001).

Apesar disso foi observado que com o passar do tempo de conservação a quantidade de bactérias tenderam a aumentar com resultados significativamente diferentes (ANOVA, $p < 0,05$) em relação a carne fresca (tempo 0). Quanto aos tratamentos analisados, houve diferença significativa apenas entre a embalagem a vácuo e CO_2/N_2 -60/40% (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), em que o segundo tratamento apresentou os valores médios mais baixos. (Figura 5, ver Tabela 3 em anexo D).

Figura -5 - Interações das médias das bactérias *Staphylococcus* coagulase positiva (SCP) para cada tratamento e tempo, de matrinxã armazenada sob refrigeração (2 ± 1 °C).



A linha horizontal no gráfico representa o limite determinado pela ANVISA ($3 \log \text{UFC.g}^{-1}$)

Estudos realizados por Gonzaga-Junior (2010) apresentaram resultados menores que 3 UFC.g⁻¹ em todos os tratamentos (controle; (100 % CO_2); (40% O_2 / 60% CO_2), (50% O_2 / 50% CO_2); (30% O_2 / 30% N_2 / 40% CO_2), vácuo) e tempos de armazenamento.

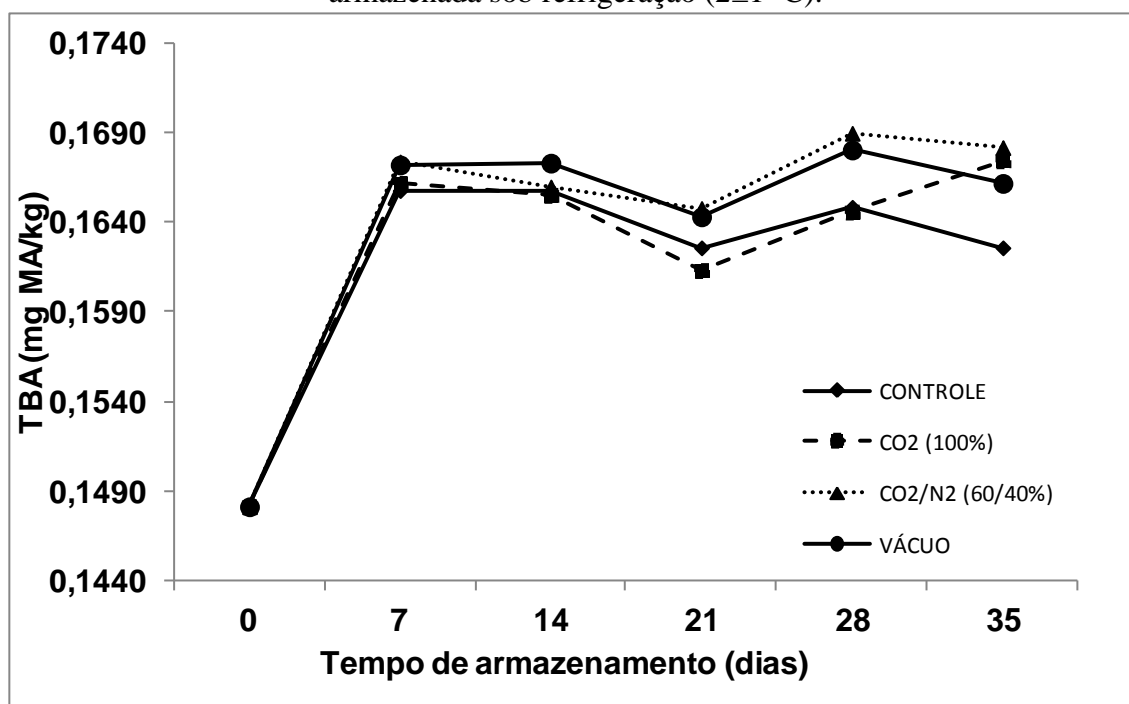
4.4 Oxidação Lipídica

Os resultados encontrados para TBA mostraram que, para todos os tratamentos realizados (ar, vácuo, CO_2 -100% e CO_2/N_2 -60/40%) os valores obtidos foram abaixo do limite estabelecido (1,4 mg MA/Kg) para o consumo humano em todo o período de

armazenamento considerado na pesquisa, mostrando que as amostras não sofreram modificação na estrutura lipídica suficiente para alterar a qualidade da carne do pescado (Figura 6, ver Tabela 4 em anexo E). Resultados semelhantes foram encontrados por Prentice e Sainz (2005) com filé da Carpa Capim (*Ctenopharyngodon idella*) onde os valores não atingiram 0,4 mg MA/Kg.

Os resultados encontrados de TBA não variaram significativamente entre os tratamentos ($p > 0,05$), mas observou-se que quando se considerou o tempo de armazenamento do pescado houve um aumento significativo ($p < 0,05$) nos valores de TBA quando se comparou o pescado fresco (tempo 0) com os demais períodos. Indicando desta forma, que ocorreu uma leve oxidação lipídica no início do armazenamento, indicado pelo aumento no índice de TBA.

Figura 6 - Interações das médias de TBA para cada tratamento e tempo, para matrinxã armazenada sob refrigeração (2 ± 1 °C).



Apesar das diferenças encontradas entre os períodos de armazenamento, o estudo feito por Osawa; Felício e Gonçalves (2005), em que consideraram vários métodos de determinação de TBA mostrou que em peixes congelados com valores inferiores a 0,6 mg MA/Kg não havia rancificação; entre 0,7 a 1,4 mg MA/Kg a qualidade era aceitável, porém, ligeiramente rancificados; e acima de 1,5 mg MA/Kg foram rejeitados pelos provadores. Desta forma, pode-se dizer que, apesar das variações que ocorrem ao longo do tempo de

armazenamento, o tempo de estocagem não foi suficiente para tornar a carne inapropriada para o consumo, considerando o índice TBA.

Em especial quando se observa o trabalho realizado por Yesudhasan et al. (2009) que obtiveram resultados de TBA para filés de *Scomberomorus commerson*, variando de 0,08 a 2,07 mg MA/Kg, caracterizando um sabor ranço no momento da rejeição sensorial. Resultado semelhante foi encontrado por Pacheco-Aguilar (2000) para a espécie *Sardinops sagax caerulea* com valores que variaram de 4,3 a 37,2 mg MA/Kg de carne, e por Monteiro et al. (2012) com *Oreochromis niloticus* que variou de 0,47 a 5,07 de mg MA/kg.

4.5 Análise Química

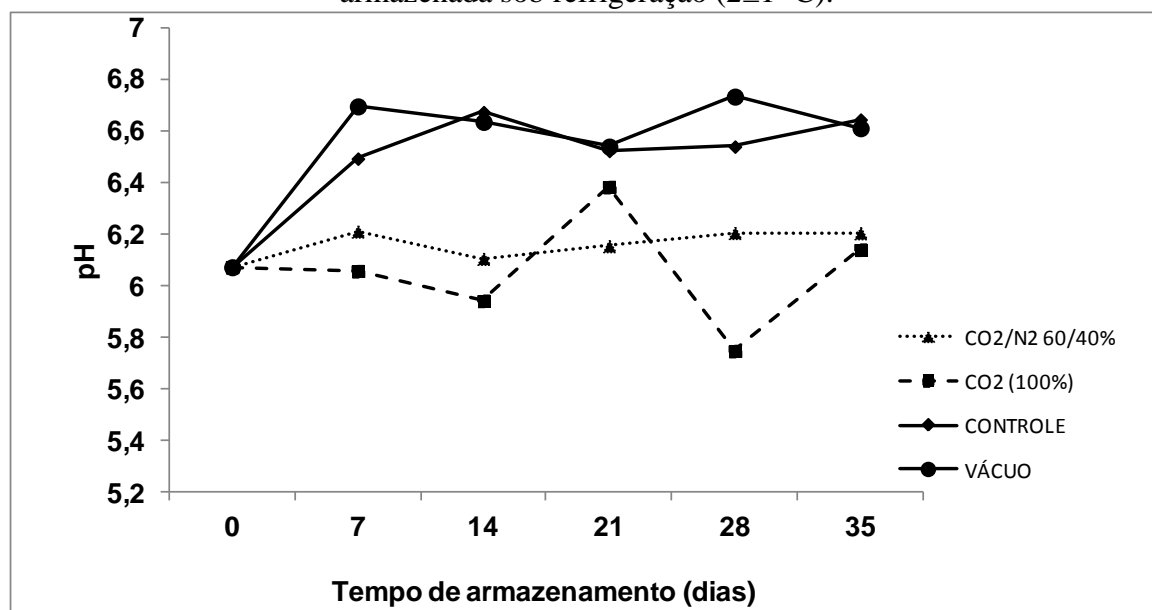
4.5.1 pH

Os resultados encontrados para o pH mostraram uma pequena variação na acidez das amostras relacionadas principalmente ao tempo de armazenamento, com resultados significativos (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) apenas para o peixe fresco (tempo 0) que apresentou valores mais baixos em relação aos demais períodos (Figura 7). Entre os tratamentos não houve variação significativa (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$), embora tenha-se observado variações entre as médias. Provavelmente este índice não tenha sido um bom parâmetro definitivo para analisar a qualidade do matrinxã embalado em diferentes atmosferas.

O pH aumenta durante o tempo de armazenamento devido a degradação de substâncias nitrogenadas, notadamente as não proteicas, devido a autólise, oxidação e atividade bacteriana, no entanto, quando o pH está baixo pode ser devido ao acúmulo de ácido lático proveniente da glicólise e da hidrólise do ATP que podem estar diretamente relacionados a resistência dos peixes no momento da captura (LEITÃO, 1988; FRANCO; LANDGRAF, 2005; ORDÓÑEZ, 2005; SALGADO, 2006).

Estudos realizados por Batista et al. (2004a), com a espécie *Brycon amazonicus*, mostraram que o término do rigor-mortis ocorreu no 10º dia e o pH variou de 6,2 a 6,37. O gás CO₂-100% favorece o desenvolvimento de microrganismos como as bactérias que produzem o ácido lático, que possivelmente a partir do 14 dias de conservação influenciou nas variações dos valores de pH nos tempos 21, 28 e 35 dias (6,38, 5,74 e 6,14), respectivamente.

Figura 7 - Interações das médias de pH para cada tratamento e tempo, para matrinxã armazenada sob refrigeração (2 ± 1 °C).



Este comportamento entre os tratamentos, provavelmente, foi devido à presença de CO₂ em elevadas concentrações no tecido muscular do pescado formando o ácido carboxílico que, por conseguinte, reduziu o pH das amostras conforme relata Gonzaga-Junior (2010), em estudos com filés de *Arapaima gigas*. Para as amostras CO₂N₂(60/40%) houve pouca variação, de 6,11 a 6,21. O valor mais elevado foi encontrado nas amostras controle com pH 6,67 aos 28 dias.

O Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 2001b), determina valores máximos para pH de 6,5 no pescado, embora, Fontes *et al.* (2007) tenham observado em suas revisões, que no pH do pescado fresco, podem ocorrer variações de 6,6 a 6,8 e a medida que esse se deteriora, os valores podem atingir 7,2. Durante os 35 dias de estocagem acompanhados neste estudo os valores não ultrapassaram os limites sugeridos pelo autor.

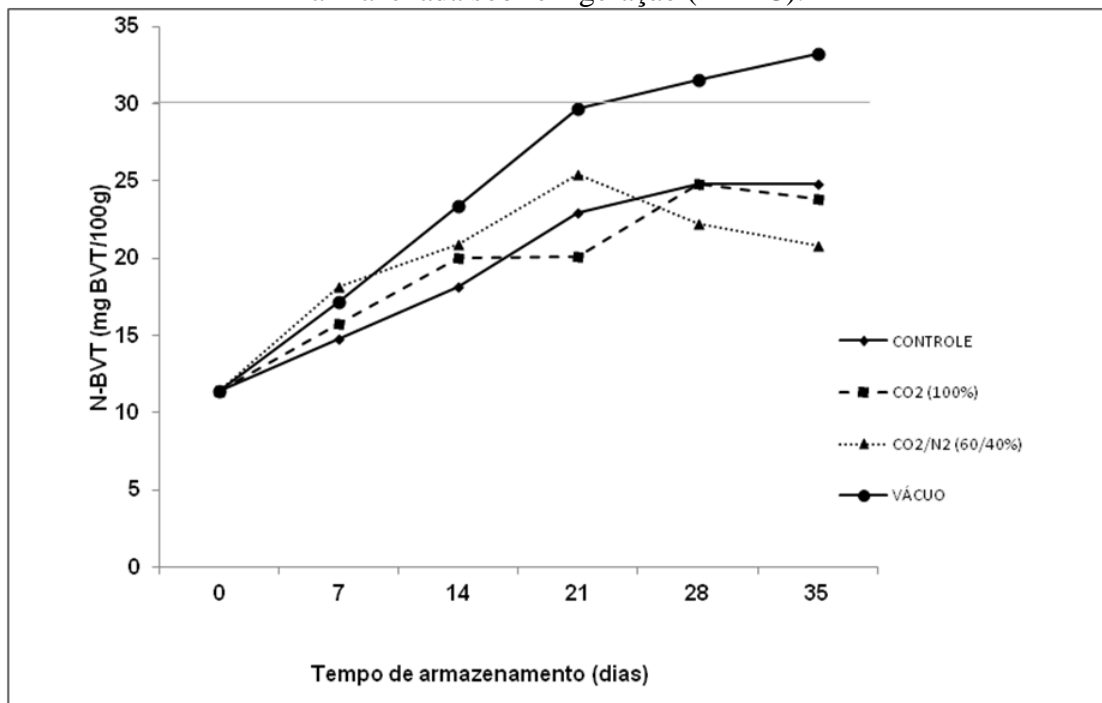
Estudos realizados por Lempek, Prentice e Lopes (2001), Erkan; Ozden e Inugur (2007), Teodoro; Andrade e Mano (2007), com as espécies *Macrodon ancylodon*, *Scomber japonicus*, *Sardinella brasiliensis*, demonstraram que o pH aumenta durante o período de armazenamento, e pode estar diretamente relacionado com o aumento de bactérias heterotróficas, atividades proteolíticas, e lipolíticas, que ao atingir limites que deterioram o pescado, conseqüentemente, não podem ser mais aceitos para consumo humano.

4.5.2 Bases Voláteis Totais

Os resultados encontrados para o N-BVT mostrou que os valores estavam dentro dos limites estabelecidos pelo RIISPOA (BRASIL 2001b), que é de 30 mg N/100g, para quase todos os tratamentos, exceto para a conservação a vácuo onde os valores foram mais elevados (Figura 8, ver Tabela 5 em anexo F) e com diferenças significativas em relação aos demais tratamentos (ANOVA, $p < 0,05$).

Segundo Stammen et al. (1990), Mohan et al. (2010) quando o pescado é embalado em atmosfera modificada os valores de N-BVT e TMA podem permanecer baixos durante todo o período de armazenamento, devido as alterações da microbiota e a redução de oxigênio. No presente estudo, o N-BVT aumentou acentuadamente a partir do 14º dia de armazenamento para o tratamento a vácuo em relação aos outros tratamentos, possivelmente devido à ação enzimática, microbiana e conteúdo total de compostos básicos gerando compostos nitrogenados (trimetilamina, amônia e ácidos voláteis), conseqüentemente, apresentando perda na qualidade do pescado refrigerado (HUSS, 1998; BONO e BADALUCCO, 2012).

Figura 8 - Interações das médias de N-BVT para cada tratamento e tempo, para matrinxã armazenada sob refrigeração (2 ± 1 °C).



A linha horizontal no gráfico representa o limite determinado pelo RIISPOA (2001) 30 mg/100g.

Em relação ao tempo de conservação, houve diferença significativa (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre o período inicial de conservação (pescado fresco e 7 dias de armazenamento)

com os períodos mais longos (14, 21, 28, 35 dias). Nesse tempo inicial os valores médios não ultrapassaram $13,92 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ para os tratamentos Ar, CO₂ (100%) e CO₂/N₂ (60/40%) e $14,29 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ para o tratamento a vácuo. Esses valores aumentaram conforme o avanço no tempo de armazenamento chegando ao valor médio de $22,40 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ para os tratamentos Ar, CO₂ (100%) e CO₂/N₂ (60/40%) e $29,46 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ para o tratamento a vácuo. Destaca-se ainda que neste tratamento, as amostras com 21 dias de estocagem apresentaram valores de $29,65 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ próximo ao limite máximo determinado pelo RIISPOA ($30 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), corroborando com resultados obtidos com a contagem de bactérias *Staphylococcus* coagulase positiva que no mesmo período atingiu o valor máximo permitido pela legislação.

Estudos realizados anteriormente (BATISTA et al., 2004a; LALITHA et al., 2005; TEODORO; ANDRADE; MANO, 2007; BONO; BADALUCCO, 2012) em outras espécies (*Brycon amazonicus*; *Etroplus suratensis* Bloch, *Sardinella brasiliensis*, *Mullus surmuletus*) demonstraram que quanto maior o período de armazenamento maior a probabilidade deste produto se tornar impróprio para consumo. Em seus trabalhos eles comprovaram que em até 10 dias de armazenamento, a carne do pescado ainda apresentava alto nível de frescor e dentro dos padrões estabelecidos pela legislação. Após este tempo os valores ultrapassaram o limite que determina a boa qualidade ($30 \text{ mg}/100\text{g}^{-1}$).

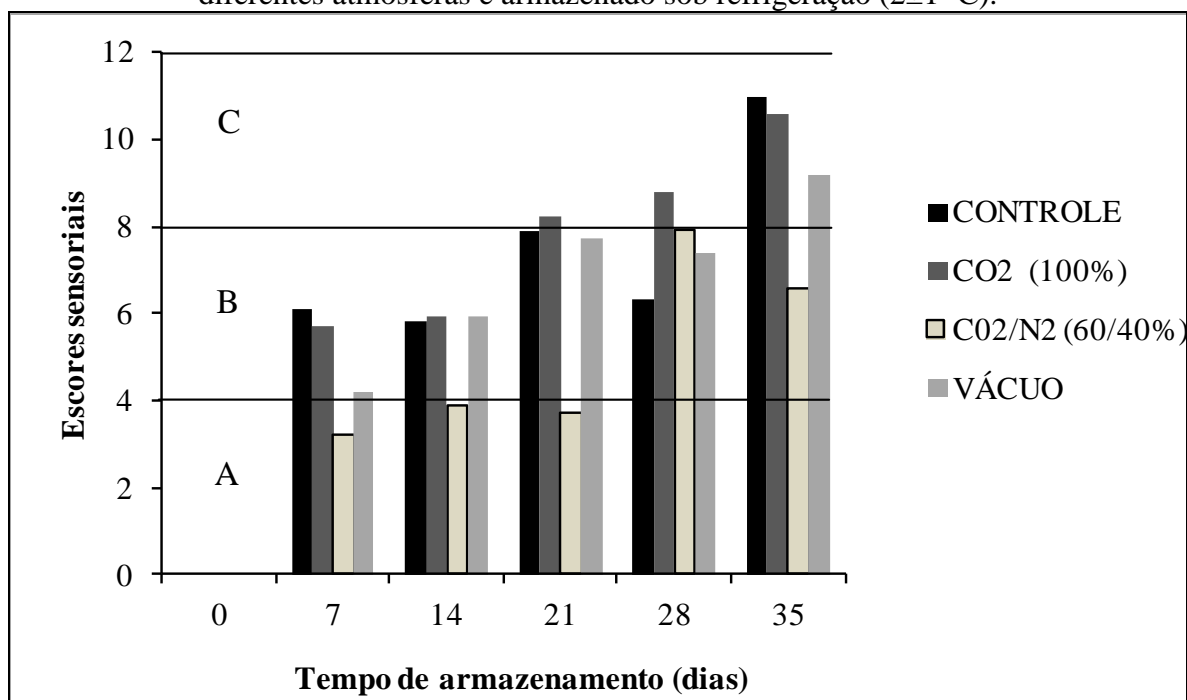
4.6 Análise sensorial

Nas análises do Método de Índice de Qualidade (MIQ), foi observado diferenças na qualidade entre os tratamentos analisados (ANOVA, $p < 0,05$), onde apenas o tratamento com CO₂/N₂ (60/40%) obteve valores médios abaixo de 4, e no tempo de armazenamento (ANOVA, $p < 0,05$), em que os valores foram aumentando conforme o tempo. O tratamento com CO₂/N₂ (60/40%) manteve-se até 21 dias de estocagem em qualidade especial (A); em 28 e 35 dias (7,9 e 6,6 respectivamente) estavam em boa qualidade (B) sendo os mais aceitos entre os avaliadores. O tratamento com CO₂ (100%) estava na classe B até 14 dias com escore de 5,9; para o vácuo (7,4) e amostra controle (6,3) mantiveram-se até 28 dias, e aos 35 cinco dias de armazenamento estavam em qualidade de consumo corrente, com escore de 9,2 para o tratamento vácuo e 11 para a amostra controle (Figura 9).

Estudos realizados por Batista et al. (2004a), obtiveram escores máximos aos 26 dias com matrinxãs inteiros conservados em gelo, corroborando com este trabalho, pois todas as amostras não atingiram o limite para rejeição entre os avaliadores, desta forma se estenderia por mais tempo a vida de prateleira devido ao processamento realizado. A análise sensorial

MIQ foi contrária aos resultados obtidos pela contagem de bactérias *Staphylococcus* coagulase e N-BVT, para o tratamento a vácuo, que aos 21 dias tornou-se impróprio para consumo por estrapolar os limites microbianos determinados por legislação, não sendo um bom índice de avaliação para o matrinxã inteiro eviscerado e embalado a vácuo.

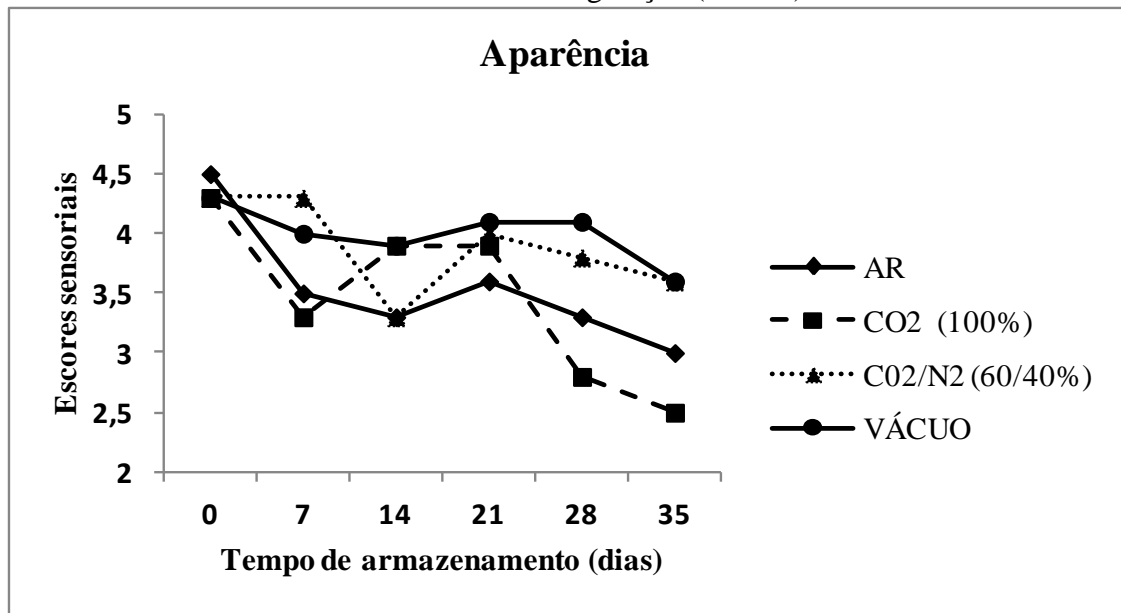
Figura 9 - Avaliação do método do índice qualidade (MIQ) do matrinxã embalado em diferentes atmosferas e armazenado sob refrigeração (2 ± 1 °C).



A – Qualidade especial; B – Boa qualidade; C – Qualidade consumo corrente.

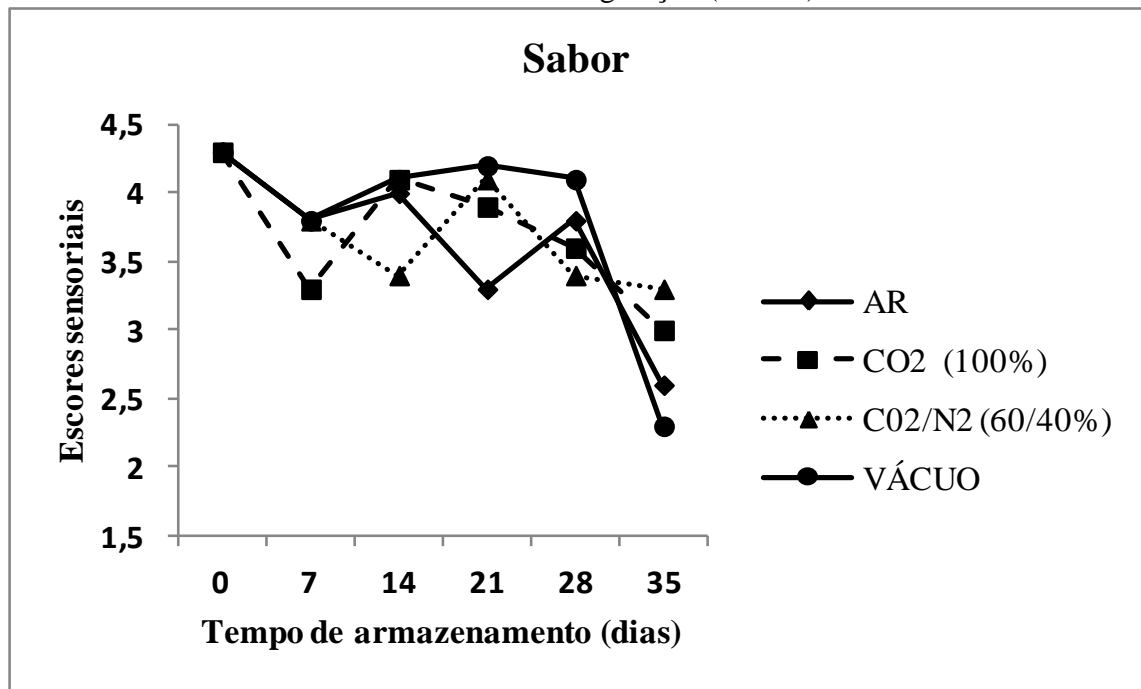
O parâmetro aparência (Figura 10) é um dos primeiros requisitos para aquisição de um produto, que no início da pesquisa foram bem aceitos e com diferenças significativas em relação aos períodos maiores de armazenamento (ANOVA, $p < 0,05$), com escore médio variando de $4,3\pm 0,67$ a $4,5\pm 0,53$, classificado como bom. O tratamento com embalagem a vácuo foi o que apresentou maior aceitabilidade e com resultados significativos em relação aos demais tratamentos, exceto para o CO₂-100% (ANOVA, $p < 0,05$).

Figura 10 - Avaliação sensorial da escala hedônica de aceitabilidade do parâmetro aparência da amostra retirada da parte dorsal do matrinxã embalado em diferentes atmosferas e armazenado sob refrigeração (2 ± 1 °C).



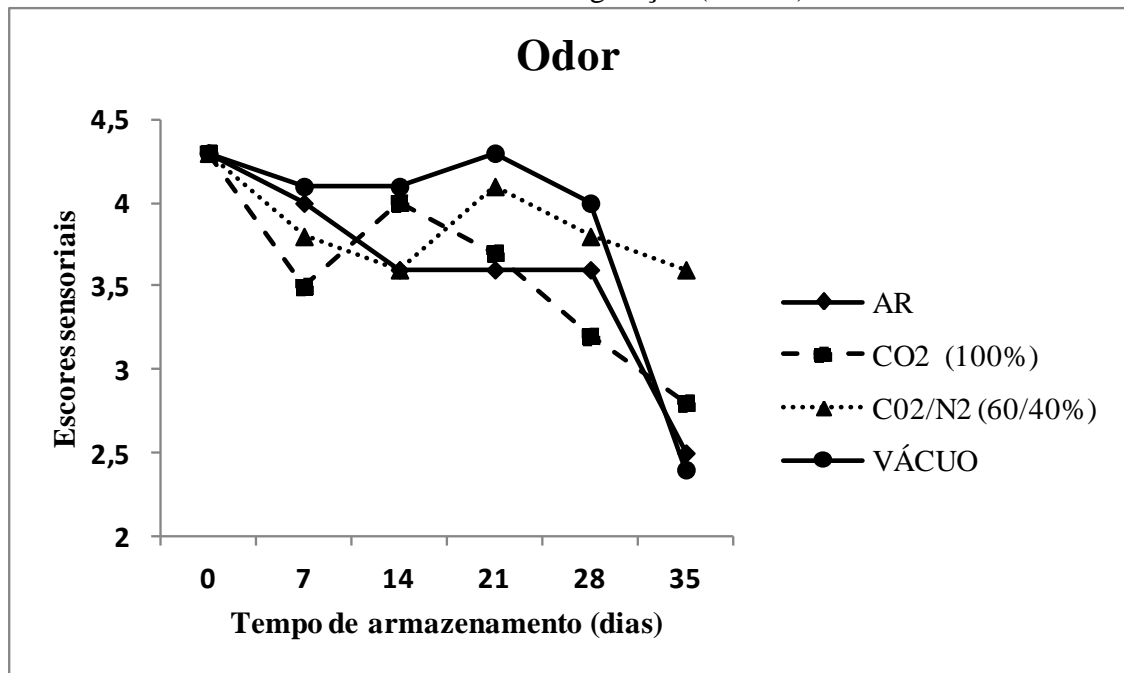
O sabor é considerado o principal atributo para avaliar a aceitação, sendo determinante ao consumidor se voltará a ou não comprar o produto. Não houve diferenças significativas no sabor entre os tratamentos analisados (ANOVA, $P > 0,05$). Para todos os tratamentos os escores iniciais foram de $4,3 \pm 0,82$ (Figura 11). Entretanto, entre o tempo de armazenamento foi observado alteração no sabor para as amostras armazenadas por 35 dias (ANOVA, $p < 0,05$).

Figura 11 - Avaliação sensorial da escala hedônica de aceitabilidade do parâmetro sabor da amostra retirada da parte dorsal do matrinxã embalado em diferentes atmosferas e armazenado sob refrigeração ($2\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$).



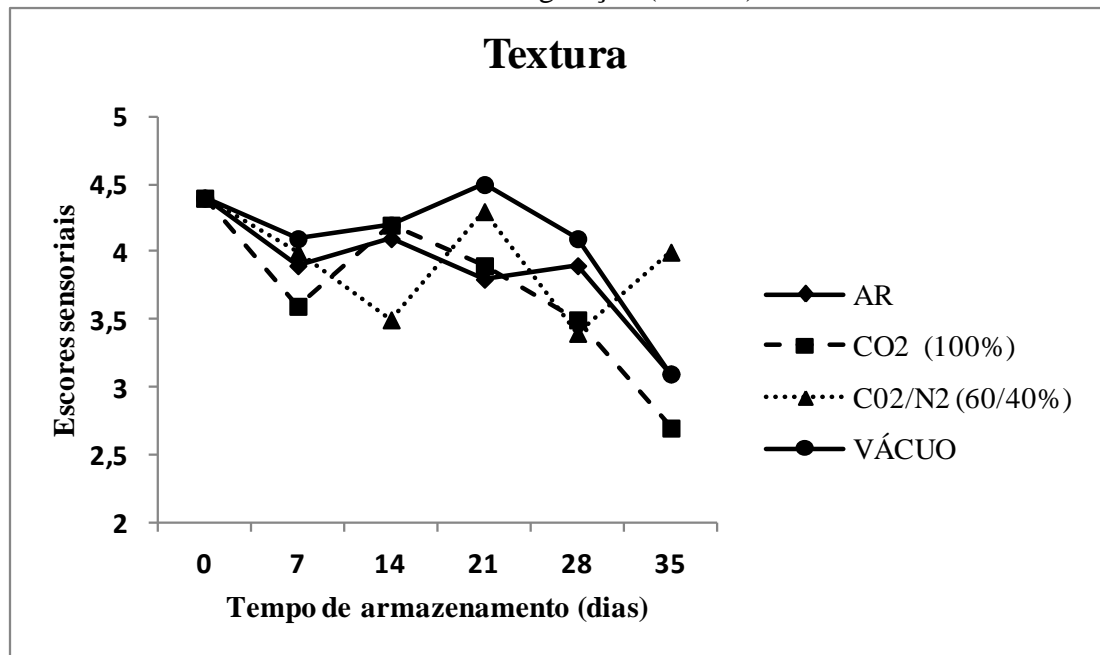
A outra característica importante é o odor para a aceitação do produto, pois pode indicar a sanidade e qualidade do produto, além de poder atrair ou afastar o consumidor na hora da compra. Esta rejeição provavelmente se dá pela formação de substâncias voláteis liberadas ao longo do tempo. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos estudado (ANOVA, $p > 0,05$), mas foi observado diferenças entre o período de armazenamento (ANOVA, $p < 0,05$). A maior rejeição ocorreu aos 35 dias de armazenamento, com escores médio de $2,4 \pm 0,96$ para o vácuo, sendo consideradas pouco aceitáveis entre os avaliadores (Figura 12).

Figura 12 - Avaliação sensorial da escala hedônica de aceitabilidade do parâmetro odor da amostra retirada da parte dorsal do matrinxã embalado em diferentes atmosferas e armazenado sob refrigeração ($2\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$).



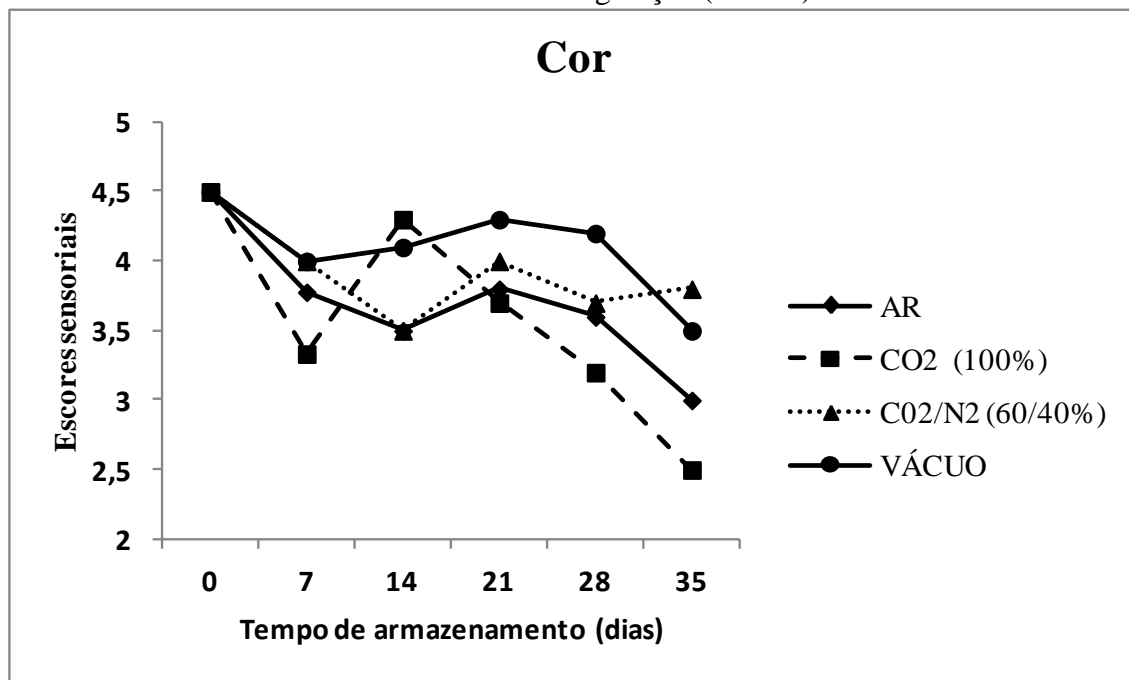
Não houve diferenças significativas na textura entre os tratamentos analisados (ANOVA, $P>0,05$), mas foi observado diferenças entre o período de armazenamento (ANOVA, $p<0,05$). Em todos os tratamentos no tempo de 35 dias houve diferença significativa com os demais tempos exceto para o tempo 28, e entre o tempo 28 dias com zero. A embalagem contendo CO_2/N_2 -60/40% flutuou durante este período de armazenamento com valor final médio de $4,0\pm 0,66$. O tratamento CO_2 -100% foi o que recebeu menor pontuação final ($2,07\pm 1,4$), considerado pouco aceitável entre os provadores, provavelmente devido a ação do ácido carboxílico em concentrações altas atuando no tecido muscular do pescado (Figura 13).

Figura 13 - Avaliação sensorial da escala hedônica de aceitabilidade do parâmetro textura da amostra retirada da parte dorsal do matrixã embalados em diferentes atmosferas e armazenado sob refrigeração (2 ± 1 °C).



O parâmetro cor é um critério importante para a aceitabilidade do consumidor no momento em que julga a qualidade da carne. Entre os tratamentos analisados houve diferenças significativas entre a amostra controle e CO₂-100% (ANOVA, $P>0,05$), foi observado diferenças entre o período de armazenamento (ANOVA, $p<0,05$). O tempo zero (carne fresca) houve diferenças entre todos os tempos exceto para tempo 21, o mesmo ocorreu para o tempo 35 com 28 (Figura 14). O escore inicial teve uma aceitação boa para todos os tratamentos com valor médio de $4,5\pm 0,52$.

Figura 14 - Avaliação sensorial da escala hedônica de aceitabilidade do parâmetro cor da amostra retirada da parte dorsal do matrinxã embalado em diferentes atmosferas e armazenado sob refrigeração (2 ± 1 °C).



Embalagens com alto índice de CO₂ possuem características negativas quando associadas à análise sensorial por apresentar perda de gotejamento, qualidade na textura e mudanças na cor (HUSS, 1995; MASNIYOM, 2011). Características que provavelmente podem ter influenciado nos escores sensoriais do MIQ e na escala de aceitabilidade para os parâmetros aparência, odor, textura e cor das amostras embaladas em CO₂-100% durante o período de armazenamento. No entanto, o tratamento CO₂/N₂-60/40% foi o que melhor correspondeu aos testes.

Lalitha et al. (2005) encontraram para a *Eetroplus suratensis* Bloch (eviscerados e sem guelras), aos 15 dias de estocagem para amostra controle odores intensos e indesejáveis foram detectados. Para atmosfera modificada CO₂/N₂/O₂ (40/30/30%) isso ocorreu aos 12-14 dias; com O₂/CO₂ (60/40%), O₂/CO₂ (50/50%) e O₂/CO₂ (70/30%) a vida útil foi de apenas 19 dias. Na concentração O₂/CO₂ (40/60%) a vida útil se estendeu por 21 dias.

Escore para escala hedônica de aceitabilidade para aparência, sabor, odor, textura e cor do filé cozido de matrinxã para a amostra controle, vácuo, CO₂-100% e CO₂/N₂-60/40% diminuíram ao longo do tempo de armazenamento neste estudo. Este declínio dos parâmetros sensoriais da escala hedônica de aceitabilidade durante o tempo de armazenamento e extensão no prazo de validade do produto foi detectado em vários estudos realizados por Sivertsvik;

Rosnes e Kleiberg (2003); Erkan; Ozden e Inugur (2007); Yesudhasan et al. (2009); Mohan et al. (2010); com as espécies *Salmo salar*; *Scomber japonicus*; *Scomberomorus commerson*, *Scomberomorus Commerson*, observaram que durante o tempo de armazenamento ocorreu a deterioração do pescado que proporcionou a liberação de substâncias voláteis, ranço e odor desagradável, entretanto, ressaltam a importância da EAM para estender a vida útil do produto quando comparada aos métodos convencionais.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou que o tratamento em atmosfera modificada CO_2/N_2 -60/40% reduziu significativamente a deterioração microbiana, sendo considerada uma técnica promissora para estender a vida útil do matrxã por até 35 dias sob refrigeração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKMAN, R.G. Nutritional composition of fats in seafoods. **Progress in Food & Nutrition Science**, v. 13, n. 3-4 p. 161-289. 1989.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16.ed. Washington. 1990. 1094 p.
- BANKS, H.; NICKELSON, R.; FINNE, G. Shelf life studies on carbon dioxide packaged finfish from the Gulf of Mexico. **Journal of Food Science**, v. 45, n. 157–162, 1980.
- BATISTA, G.M.; LESSI, E. KODAIRA, M.; FALCÃO, P.T. Alterações bioquímicas *post-mortem* de matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869) procedente da piscicultura, mantido em gelo. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 573-581, 2004a.
- BATISTA, V. S. ISSAC, V. J. VIANA, J. P. Exploração e manejo dos recursos pesqueiros da Amazônia, p. 63 – 152. In: Em RUFINO, M. L. (Eds.). **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira**. ProVárzea. Manaus, Ibama, 2004b. 268 p.
- BONO, G. BADALUCCO, C. Combining ozone and modified atmosphere packaging (MAP) to maximize shelf-life and quality of striped red mullet (*Mullus surmuletus*). **Food Science and Technology**, v. 47, p. 500-504. 2012.
- BRASIL, **Agência Nacional de Segurança Sanitária**, RDC, nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=34859&word>>. Acesso em: 08 janeiro 2010.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal – RIISPOA: pescados e derivados. 2001. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/MercadoInterno/Requisitos/RegulamentoInspecaoIndustrial.pdf>. Acesso em: 14 fevereiro 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 62 de 26 de agosto de 2003. Métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 18 set. 2003. Disponível em: <http://www.abef.com.br/Legislacoes/INST_NORMATIVA_62_iframe.asp>. Acesso em: 15 fevereiro 2012.
- ERKAN, N. OZDEN, O. INUGUR, M. The effects of modified atmosphere and vacuum packaging on quality of chub mackerel. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 42, p. 1297-1304, 2007.
- FAO, El estado mundial de la pesca y la acuicultura. 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s.pdf>> . Acesso em: 11 set. 2012
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Porto Alegre, ARTMED. 2006. 602 p.
- FLORES J.D. MATSOS K.I. Introduction to modified atmosphere packaging. In: Han JH (ed) **Innovations in food packaging**. Elsevier, Oxford, UK. 2005. 159–172 p.
- FONTES, M.C. ESTEVES, A. CALDEIRA, F. SARAIVA, C. VIEIRA – PINTO, MARTINS, C. Estado de frescor e qualidade higiênica do pescado vendido numa cidade do interior de Portugal. Arq. **Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 59, p. 1308-1315. 2007.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M., DESTRO, M. T. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo. Atheneu. 2005. 182 p.

GONZAGA JR, M. A. G. **Avaliação da qualidade de filés de pirarucu (*Arapaima gigas*, CUVIER 1829), refrigerados e embalados sob atmosfera Modificada**. 2010. 74 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura), Universidade do Rio Grande, Rio Grande/RS. 2010.

HALL, G. M. Fish processing technology / edited by George M. Hall. **London : Blackie Academic & Professional** , 1992. 309 p.

HANSEN, A.A.; MORKORE, T.; RUDI, K.; LANGSRUDA, O.; EIE, T. The combined effect of superchilling and modified atmosphere packaging using CO₂ emitter on quality during chilled storage of pre-rigor salmon fillets (*Salmo salar*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 1625-1633 p, 2009.

HUSS, H. H. 1995. *Quality and quality changes in fresh fish*. FAO Fisheries Technical Paper 348, Rome, 195 p, 1995. Disponível em:

<<http://www.fao.org/docrep/v7180e/V7180E00.HTM#Contents>>. Acesso em: 07 fev. 2012.

HUSS, H. H. *El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad*. FAO Doc. Tec. De Pesca n. 348, Roma, 202 p. 1998. Disponível em:

<<http://www.fao.org/docrep/V7180S/V7180S00.HTM>>. Acesso em: 07 fev.2012.

IBAMA. Estatística da pesca 2007. Brasil: Grandes regiões e unidades da federação. Brasília: Ibama/Ministério do Meio Ambiente. 151 p, 2007. Disponível em:

<<http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/Jonathan/mpa3/info-estatistica/docs/Estatistica-da-Aquicultura-e-Pesca-no-Brasil-2007.pdf>>. . Acesso em: 19 abr. 2011.

JESUS, R.S. LESSI, E. L. TENUTA-FILHO, A. Estabilidade química e microbiológica de “minced fish” de peixes amazônicos durante o congelamento. **Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas**, v. 21, n. 2, p. 144-148, maio/ago. 2001.

JUNIOR, W. C. ALMEIDA, O. T. **Indústria Pesqueira na Amazônia**. Avaliação do Pescado da Indústria Pesqueira na Amazônia. IBAMA / PRÓ – VÁRZEA. 2006. 17 – 39 p.

KARAPANAGIOTIDIS, L.T.; YAKUPITIVAGE, A.; LITTLE, D.C.; BELL, M.V.; MENTE, E. The nutritional value of lipids in various tropical aquatic animals from rice–fish farming systems in northeast Thailand. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 1, p. 1–8, 2010.

LALITHA, K.V.; SONAJI, E.R.; MANJU, S.; JOSE, L.; GOPAL, T.K.S. RAVISANKAR, C.N. Microbiological and biochemical changes in pearl spot (*Etroplus suratensis* Bloch) stored under modified atmospheres. **Journal of Applied Microbiology**. v. 99, p. 1222–1228, 2005.

LEITÃO, M.F.F. Microbiologia e deterioração do pescado fresco e refrigerado de origem fluvial ou marinha. In:KAI, M.; RUIVO, U.E. **Controle de Qualidade do Pescado**. Santos: Leopoldianum, 1988. 40-58 p.

LEMPEK, T. S. PRENTICE, C. LOPES, M. L. Efeito do vácuo na qualidade da pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 1, p. 64-67, jan./abr. 2001.

MANTILLA, S. P. S; SANTOS, E.B.; VITAL, H.C.; MANO, S.B.; FRANCO, R.M. Atmosfera modificada e irradiação: métodos combinados de conservação e inocuidade

- alimentar. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 8, n. 15, Jul./2010. <http://revista.inf.br/veterinaria15/revisao/ANOIIIEDI15RL11.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2012.
- MASNIYOM, P. Deterioration and shelf-life extension of fish and fishery products by modified atmosphere packaging. Songklanakarín. **Journal of Science and Technology**, v. 33, n. 2, p. 181-192, Mar. /Abr. 2011.
- MOHAN, C.O.; RAVISHANKAR, C.N.; GOPAL, T.K.S.; LALITHA, K.V.; KUMAR, K.A. Effect of reduced oxygen atmosphere and sodium acetate treatment on the microbial quality changes of seer fish (*Scomberomorus commerson*) steaks stored in ice. **Food Microbiology**, v. 27, p. 526-534, 2010.
- MONTEIRO, M.L.G.; MARSICO, E.T.; TEIXEIRA, C.E.; MANO, S.B.; CONTE JUNIOR, C.A.; VITAL, H.C. Validade comercial de filés de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) resfriados embalados em atmosfera modificada e irradiados. **Ciência Rural**, v.42, n.4, abr-2012.
- NURHASAN, M.; MAEHRE, H.K.; MALDE, M.K.; STORMO, S.K.; HALWART, M.; JAMES, D. ELVEVOLL, E.O. Nutritional composition of aquatic species in Laotian rice field ecosystems. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 3, p. 205–213, 2010.
- ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnología de alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, v. 2, 2005. 280 p.
- OSAWA, C.C.; FELÍCIO, P.E.; GONÇALVES, L.A.G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v. 28, n.4, p. 655-663, 2005.
- ÖZDEN, O.; ERKAN, N.; ULUSOY, S. Determination of mineral composition in three commercial fish species (*Solea solea*, *Mullus surmuletus* and *Merlangius merlangus*). **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 170, p. 353-363, 2010.
- PACHECO-AGUILAR, R.; LUGO-SÁNCHEZ, M.E.; ROBLES-BURGUEÑO, M.R. Postmortem Biochemical and Functional Characteristic of Monterey Sardine Muscle Stored at 0 °C. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 1, 2000.
- PRENTICE, C. SAINZ, R. L. Cinética de deterioração apresentada por filés de Carpa – Capim (*Ctenopharyngodon idella*) embalados a vácuo sob diferentes condições de refrigeração. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**. v. 25, n.1, p.127 -131, jan./mar.2005.
- RODRIGUES, T. P. **Estudo de critérios para avaliação da qualidade da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivada; eviscerada e estocada em gelo**. 2008. 116 f. Tese (Doutorado em Medicina veterinária), Universidade Federal Fluminense/ Faculdade de Medicina Veterinária. 2008.
- SALGADO, R.L.; COSTA, J.C.B.; CONTE JÚNIOR, C.A.; FERNÁNDEZ, M.; FREITAS, M.Q.; MANO, S.B. Efeitos da embalagem em atmosfera modificada sobre as alterações microbiológicas, químicas e sensoriais de pargo (*Pagrus pagrus*). **Revista bras. Ciência Vet.** v. 13, n. 2, p. 94-97, maio/ago. 2006.
- SANTOS-FILHO, L. C. BATISTA, L. C. Dinâmica populacional da matrinxã *Brycon amazonicus* (Characidae) na Amazônia Central. **Sociedade Brasileira de Zoologia**, v. 26, n. 2, p. 195-203, jun-2009.
- SÃO PAULO (Estado). Código Sanitário do Estado de São Paulo. São Paulo: IMESP, 1991. 412p.

SÃO PAULO. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** – Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo, ed. IV, 1ª ed. digital, 2008. 1020 p. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com_remository&Itemid=20&func=startdown&id=1>. Acesso em: 08 set. 2012.

SIVERTSVIK, M. ROSNES, J. T. KLEIBERG, G.H. Effect of Modified Atmosphere Packaging and Superchilled Storage on the Microbial and Sensory Quality of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Fillets. **Journal of food science**. v. 68, n. 4, 2003.

SOUZA, F. L. INHAMUNS, A. J. Análise de rendimento cárneo das principais espécies de peixes comercializadas no Estado do Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**. v. 41, n. 2, p. 289-296. 2011.

SOUZA, H.C.S. **Aproveitamento de tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado para elaboração de produtos de pescado minimamente processados**. 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. 2012.

SOUZA; A.F.L. **Rendimento, composição química e perfil de minerais das principais espécies de peixes comercializadas no estado do Amazonas**. 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) Universidade Federal do Amazonas/ Faculdade de Ciências farmacêuticas. 2008.

STAMMEN, K.; GERDES, D.; CAPORASO, F.; MARTIN, R.E. Modified atmosphere packaging of seafood. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. Nutr., v. 29, n. 5, p. 301-331. 1990.

TEIXEIRA, E.; MEINER, E.M.; BARBETTA, P.A. **Análise sensorial de alimentos**. UFSC Ed, editor. Florianopolis. 180 p. 1987.

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

USYDUS, Z.; SZLINDER-RICHERT, J.; POLAK-JUSZCZAK, L.; KOMAR, K.; ADAMCZYK, M.; MALESA-CIECWIERZ, M. RUCZYNSKA, W. Fish products available in Polish market – Assessment of the nutritive value and human exposure to dioxins and other contaminants. **Chemosphere**, v. 74, n.11, p. 1420–1428, 2009.

VYNCKE, W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette Seifen Anstrichm**, v. 12, p. 1084-1087, 1970.

WOOTLON, M.; CHUAN, S.H. 1981. The use the of sea mellet (Mujil Cephalus) the production of cold maniheds. **Food Technolgy in Australia**, Sidney. v. 33, n. 18, 392-397, 1981.

YESUDHASON, P.; GOPAL, T.K.S.; RAVISHANKAR, C.N.; LALITHA, K.V.; KUMAR, K.N.A. Effect of modified atmosphere packaging on chemical, textural, microbiological and sensory quality of seer fish (*Scomberomorus commerson*) steaks packaged in thermoformed trays at 0–2°C. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 33, p. 777–797, 2009.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. 3ª ed., Prentice Hall, 662 p. 1996.

ANEXOS

Anexo A

Questionário 1 – Método do Índice de Qualidade (MIQ) que foi utilizado para realização da análise sensorial da espécie *Brycon amazonicus* inteiro.

PARÂMETROS		CARACTERÍSTICAS	MCE ₁	MCE ₂	MCE ₃	MCE ₄	
ASPECTO GERAL	Pele	Com brilho, coloração acinzentada escuro no dorso e cinza claro no ventre	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()	
		Brilho menos intenso	1 ()	1 ()	1 ()	1 ()	
		Sem brilho	2 ()	2 ()	2 ()	2 ()	
	Escamas	Aderidas	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()	
		Perdas das escamas	1 ()	1 ()	1 ()	1 ()	
	Rigidez do Peixe	Tenso (Rigor)	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()	
		Menos Tenso	1 ()	1 ()	1 ()	1 ()	
		Mole	2 ()	2 ()	2 ()	2 ()	
	Firmeza da Carne	Firme	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()	
		Menos Firme	1 ()	1 ()	1 ()	1 ()	
	OLHOS	Transparência da Córnea	Limpida	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()
			Ligeiramente opaca	1 ()	1 ()	1 ()	1 ()
Leitosa, opaca			2 ()	2 ()	2 ()	2 ()	
Pupila		Preta, bem delineada	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()	
		Enevoada, ainda com delineamento	1 ()	1 ()	1 ()	1 ()	
		Enevoada, sem delineamento	2 ()	2 ()	2 ()	2 ()	
Forma		Protuberante, convexa	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()	
		Achatada, plana	1 ()	1 ()	1 ()	1 ()	
		Côncava, afundada	2 ()	2 ()	2 ()	2 ()	
ABDOME	Parede abdominal interna (peritônio)	Madrepérola brilhosa	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()	
		Madrepérola Ligeiramente opaco	1 ()	1 ()	1 ()	1 ()	
	Espinhas	Difícil de ser separado da carne	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()	
		Pode ser separado da carne	1 ()	1 ()	1 ()	1 ()	
		Grumoso, fácil de separar da carne	2 ()	2 ()	2 ()	2 ()	
MUSCULATURA	Cor	Rosa claro	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()	
		Rosa esbranquiçado	1 ()	1 ()	1 ()	1 ()	
		TOTAL					

Rodrigues (2008). Tabela adaptada para o matrinxã conservado sob ATM.

Anexo B

Questionário 2 - Escala Hedônica de aceitabilidade

Você está recebendo amostras do filé de matrinxã. Deguste cada uma delas cuidadosamente e atribua notas para cada característica avaliada, de acordo com os seguintes critérios:

5 Excelente

4 Bom

3 Aceitável

2 Pouco aceitável

1 Inaceitável

Características	Amostras (Notas)			
	MCE ₁	MCE ₂	MCE ₃	MCE ₄
Aparência				
Odor				
Cor				
Sabor				
Textura				

Teixeira *et al.* (1987).



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE
DO AMAZONAS - FUA (UFAM)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITO DA ATMOSFERA MODIFICADA NA CONSERVAÇÃO DO MATRINXÃ (*Brycon amazonicus*) "IN NATURA".

Pesquisador: Adriana Pontes Viana

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 11684612.0.0000.5020

Instituição Proponente: Faculdade de Ciências Agrárias

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 209.386

Data da Relatoria: 27/02/2013

Apresentação do Projeto:

A população regional tem o hábito de adquirir pescado preferencialmente *in natura* e/ou refrigerado que nas épocas de entressafra a demanda aumenta nos pontos de venda que consistem nos mercados públicos e feiras livres e supermercados. Para prolongar o tempo de vida comercial é fundamental o desenvolvimento de técnicas associadas a conservação de forma que o alimento conserve ao máximo suas qualidades sensoriais, nutritivas, organolépticas como também sua segurança de consumo, portanto, o uso da Embalagem em Atmosfera Modificada (EAM) poderá ser eficiente para manter esses parâmetros. O objetivo deste trabalho é avaliar a influência da atmosfera modificada associada a refrigeração como técnica de prolongar o tempo de armazenamento do matrinxã (*Brycon amazonicus*) *in natura* sob refrigeração ($2 \pm 1^\circ\text{C}$). Os peixes serão processados e lavados em solução com hipoclorito de sódio (5 ppm) em seguida, com NaCl (5%) durante 10 minutos e analisados quanto a sua composição centesimal, características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais para avaliação da qualidade do produto durante o tempo de armazenamento em embalagens com e sem atmosfera modificada (vácuo, CO₂ 100% e CO₂/N₂ 60/40%), visando a obtenção de produtos com boa aceitabilidade para o consumo humano. Com as determinações de pH, do nitrogênio de bases voláteis totais (N-BVT), TBA (Ácido Tiobarbitúrico), da análise microbiológica e sensoriais, esperam-se resultados e variações significativos durante o período de armazenamento em resposta aos tratamentos aplicados.

Endereço: Rua Teresina, 4050

Bairro: Adfandópolis CEP: 69.057-070

UF: AM Município: MANAUS

Telefone: (02)3305-5130 Fax: (02)3305-5130

E-mail: cep@ufam.edu.br



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE
DO AMAZONAS - FUA (UFAM)



Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar a influência da atmosfera modificada associada a refrigeração como técnica de prolongar o tempo de armazenamento do matrinxã (*Brycon amazonicus*) "in natura".

Objetivo Secundário:

Avaliar o efeito sobre a embalagem em atmosfera modificada (EAM) no matrinxã refrigerado; Determinar a composição centesimal da espécie matrinxã "in natura". Avaliar a qualidade microbiológica durante a estocagem; Avaliar a qualidade físico-química durante o período de estocagem; Avaliar sensorialmente durante o período de estocagem.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

São considerados quase nulos, pois para minimizar eventual intoxicação alimentar as amostras serão submetidas a uma análise microbiológica antes de ocorrer a análise sensorial. Caso venha ocorrer, a pesquisadora principal será a responsável em realizar o acompanhamento médico. Além do mais, os participantes terão a sua identidade preservada e a colaboração será apenas em responder aos questionários de análise sensorial de forma voluntária.

Benefícios:

Este trabalho poderá servir de subsídio para outros estudos, visto que, posteriormente a sua conclusão, será publicado um artigo com os resultados obtidos. Dessa forma auxiliará no desenvolvimento de técnicas de conservação do pescado, sendo fundamental para prolongar o tempo de vida comercial do matrinxã e mantê-lo com boa qualidade até o consumidor final.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

1. Metodologia

Coleta das amostras Os 130 exemplares da espécie a serem utilizados nos experimentos serão adquiridos de aqüicultores regionais cadastrados junto a Secretaria de Estado de Produção Rural (SEPROR). Os peixes serão capturados, abatidos por hipotermia e acondicionados em caixas isotérmicas com gelo na proporção de 1:1 (gelo/peixe) e transportados para o laboratório de tecnologia do pescado da Universidade Federal do Amazonas para mensuração, pesagem e processamento. 3.2 Processamento e tratamentos Os exemplares selecionados serão lavados em água clorada (5 ppm) por 5 minutos com finalidade de inibir a flora microbiana na superfície corporal e a seguir, eviscerados, mas com manutenção das escamas; a seguir serão lavados novamente com hipoclorito de sódio (5 ppm) e em seguida, com NaCl (5%) durante 10 minutos

Endereço: Rua Teresina, 4050

Bairro: Adfandópolis CEP: 69.057-070

UF: AM Município: MANAUS

Telefone: (02)3305-5130 Fax: (02)3305-5130

E-mail: cep@ufam.edu.br



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE
DO AMAZONAS - FUA (UFAM)



com finalidade de retirar o excesso de sangue e sujidades superficiais. As amostras serão drenadas por 10 minutos e posteriormente embaladas em saos plásticos (5 camadas, 180 micras, 20 x 55 cm), tratadas e fechadas em seladora a vácuo modelo 200-B marca SELOVAC, e a seguir armazenadas em geladeira marca Brastemp, modelo/tensão (V) BVR28/127 em temperatura 2 ± 1 OC.3.3 Delimitação experimental As amostras embaladas serão aplicadas em três tratamentos antes da selagem: T1 $\hat{=}$ produção de vácuo; T2 $\hat{=}$ Injeção de CO₂ (100%); T3 $\hat{=}$ Injeção da mistura de CO₂ e N₂ (60 e 40%), com 3 repetições em cada tratamento. 3.4 Análise da composição centesimal da matriz $\hat{=}$ "in natura" Para a análise da composição centesimal, serão retirados 100 gramas de amostra. As análises serão realizadas de acordo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008) e AOAC (1990).3.4.1 Proteína Bruta Nitrogênio Total: Baseia-se na determinação do teor de nitrogênio de origem orgânica (ácidos nucleicos, alcalóides, lipídios, nitrogenados, pigmentos nitrogenados, etc), geralmente realizada pelo processo da digestão ácida seguida de destilação e titulação. Será determinado pelo método de Kjeldahl $\hat{=}$ pela medição do Nitrogênio Total (NT), descrito pela técnica oficial 47.021 da A.O.A.C. (1990). Os cálculos serão efetuados multiplicando-se a porcentagem de Nitrogênio Total pelo fator 6,25 específico para carnes, para estimar o percentual de proteínas.3.4.2 Umidade Determinada pelo método gravimétrico, através de perda de massa do material aquecido a 105 °C em estufa, até peso constante.3.4.3 Lipídios Serão determinados pelo método de Soxhlet para a extração e purificação dos lipídios totais.3.4.4 Cinza (Resíduo Mineral Fixo) Determinado por incineração do material em muña a 550 - 660°C até peso constante, segundo o método descrito pela.3.5 Análise Microbiológica Serão retiradas 25 gramas da amostra da região dorsal do matriz $\hat{=}$ para realização as análises microbiológicas para quantificação de microrganismos mesófilos (MS), psicotróficos (PSI), coliformes ambientais (CT), coliformes termotolerantes (CF) e Staphylococcus coagulase positiva (STP); detecção da presença ou ausência de Escherichia coli (EC) e Salmonella sp.(SALM), todos conforme SILVA et al. (2010).3.6 Análises físicoquímica durante o armazenamento A cada sete dias de armazenamento serão realizadas análises para determinação de TBA, N-BVT e pH. 3.6.1 Determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA). A estabilidade oxidativa será quantificada segundo metodologia proposta por Vyncke (1970), serão acrescentados propilgato e EDTA com o intuito de minimizar a oxidação lipídica durante a fase de extração com o TCA. Será pesado 50 gramas de amostra, misturando-as com 100 mL de TCA 7,5%, em liquidificador por 1 minuto, seguida de filtração a vácuo, em funil ralado com papel de filtro qualitativo, depois de misturar com o TBA será colocado em banho-maria a 80 oC durante 30 minutos, e seguida de leitura em espectrofotômetro a 530nm. Maiores informações, vide projeto de pesquisa original anexo.

Endereço: Rua Teresina, 4950
Bairro: Adlandópolis CEP: 69.057-070
UF: AM Município: MANAUS
Telefone: (02)3305-5130 Fax: (02)3305-5130 E-mail: cep@ufam.edu.br



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE
DO AMAZONAS - FUA (UFAM)



- Tamanho da Amostra: 15 sujeitos

Critério de Inclusão:

$\hat{=}$ Somente pessoas treinadas para a realização da análise sensorial; $\hat{=}$ Pessoas de 18 a 50 anos; $\hat{=}$ Somente pessoas que não estejam gripadas, com alergias e que não estejam fazendo uso de algum medicamento; $\hat{=}$ Somente pessoas que não fumam, não ingeriram bebidas alcoólicas e mulheres que não estejam grávidas; $\hat{=}$ Desejo do participante em colaborar voluntariamente.

Critério de Exclusão:

$\hat{=}$ Pessoas não treinadas para a realização da análise sensorial; $\hat{=}$ Pessoas menores de 18 anos e maiores de 50 anos; $\hat{=}$ Pessoas que estejam gripadas, com alergias e que estejam fazendo uso de algum medicamento; $\hat{=}$ Fumantes; $\hat{=}$ Pessoas que ingeriram bebidas alcoólicas; $\hat{=}$ Mulheres grávidas.

(2) Cronograma - Adequado

(3) Orçamento - Adequado

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Folha de Rosto - adequado;

Termo Consentimento Livre e Esclarecido - Adequado

Termo de Anuência - Foi apensado ao projeto.

Declaração de que os resultados da Pesquisa - Adequado

Declaração de uso e destinação do material e/ou dados coletados - Adequado

Termo de Compromisso do Pesquisador - Adequado

Curriculas Lattes - Foi apensado ao projeto

Recomendações:

- Recomenda-se ao pesquisador iniciar a pesquisa somente após a análise e aprovação pelo CEP/UFAM, uma vez que o projeto está sendo analisado no dia 28/03/2013.

- Item ID grupo - Intervenções a serem realizadas No campo acima mencionado a pesquisadora indica fumantes, pessoas que beberam bebidas alcoólicas e mulheres grávidas. No campo Critério de Exclusão menciona o mesmo grupo. Corrigir no apontado.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

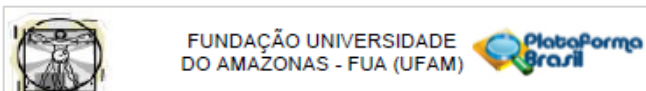
Em razão do exposto, sou de parecer favorável que o projeto seja APROVADO.

é o parecer.

Situação do Parecer:

Aprovado

Endereço: Rua Teresina, 4950
Bairro: Adlandópolis CEP: 69.057-070
UF: AM Município: MANAUS
Telefone: (02)3305-5130 Fax: (02)3305-5130 E-mail: cep@ufam.edu.br



Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

MANAUS, 01 de Março de 2013

Assinado por:
Pedro Rodolfo Fernandes da Silva
(Coordenador)

Endereço: Rua Teresina, 4050
Bairro: Adrianópolis CEP: 60.057-070
UF: AM Município: MANAUS
Telefone: (02)3305-5130 Fax: (02)3305-5130 E-mail: cep@ufam.edu.br

Anexo DTabela 3 - Alterações em análises microbiológicas das amostras de matrinxã embalados em CO₂ (100%), CO₂/N₂ (60/40%), vácuo e amostra controle armazenados a 2 ± 1 ° C.

Grupo de análises	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	7	14	21	28	35
Total de contagem de bactérias aeróbias mesófilas (log UFC g⁻¹)						
Controle	0	3,43	4,58	3,41	5,04	5,25
CO ₂ (100%)	0	3,23	3,98	4,64	3,69	1,48
CO ₂ /N ₂ (60/40%)	0	3,08	4,11	2,00	0	0
Vácuo	0	2,24	3,51	4,08	4,35	5,15
Contagem de bactérias psicrotrófilas (log UFC g⁻¹)						
Controle	0	3,88	4,16	4,65	5,33	5,20
CO ₂ (100%)	0	4,76	4,54	4,78	1,26	2,30
CO ₂ /N ₂ (60/40%)	0	0	0	1,70	2,00	3,28
Vácuo	0	2,40	2,37	5,49	5,79	6,42
Contagem de bactérias <i>Staphylococcus coagulase positiva</i> (log UFC g⁻¹)						
Controle	0,74	2,50	2,61	2,56	2,77	4,01
CO ₂ (100%)	0,74	2,00	2,58	2,56	2,54	3,05
CO ₂ /N ₂ (60/40%)	0,74	0,00	0,00	2,51	2,82	3,17
Vácuo	0,74	1,62	0,58	4,41	4,81	5,10

Anexo ETabela 4 – Valores de TBA das amostras de matrinxã embalados em CO₂ (100%), CO₂/N₂ (60/40%), vácuo e amostra controle armazenados a 2 ± 1 ° C.

Tempo de armazenamento	Controle	CO ₂ -100%	CO ₂ /N ₂ -60//40%	Vácuo
0	0,1481±0,02	0,1481±0,02	0,1481±0,02	0,1481±0,02
7	0,1658±2,94E-17	0,1662±0,00	0,1674±0,00	0,1672±5E-05
14	0,1658±2,94E-17	0,1655±0,00	0,1660±0,00	0,1673±5E-05
21	0,1626±0,00	0,1613±0,00	0,1648±2,94E-17	0,16430±0,00
28	0,1649±0,00	0,1646±0,00	0,1690±0,00	0,1681±0,00
35	0,1626±0,00	0,1675±0,00	0,1682	0,1662±0,00

Média e desvio padrão. n=3

Anexo F

Tabela 5 – Valores de N-BVT das amostras de matrixã embalados em CO₂ (100%), CO₂/N₂ (60/40%), vácuo e amostra controle armazenados a 2 ± 1 ° C.

Tempo de armazenamento	Controle	CO₂-100%	CO₂/N₂-60//40%	Vácuo
0	11,43±0,01	11,43±0,01	11,43±0,01	11,43±0,01
7	14,78±0,71	15,74±0,00	18,13±0,10	17,16±0,25
14	18,13±1,43	20,04±0,00	20,91±0,52	23,37±0,25
21	22,91±0,00	20,10±0,00	25,41±0,00	29,65±0,25
28	24,82±1,43	24,82±1,70	22,25±0,25	31,55±1,20
35	24,81±1,43	22,25±2,86	20,8±1,00	33,25±0,32

Média e desvio padrão. n=3