



Marcondes Agostinho Gonzaga Júnior

Avaliação da qualidade de filés de pirarucu (*Arapaima gigas*, CUVIER 1829), refrigerados e embalados sob atmosfera modificada.

Rio Grande, RS

2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA**

**Avaliação da qualidade de filés de pirarucu (*Arapaima gigas*, CUVIER
1829), refrigerados e embalados sob atmosfera modificada.**

Aluno: Marcondes Agostinho Gonzaga Júnior

Orientador: Prof. Dr. Carlos Prentice-Hernández

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Aqüicultura no Programa de Pós - Graduação em Aqüicultura da Universidade Federal do Rio Grande

Rio Grande – RS
Fevereiro, 2010.

Ata de aprovação.

Ficha catalográfica.
A cargo da Biblioteca.

ÍNDICE

DEDICATÓRIA.....	vi
AGRADECIMENTOS.....	vii
RESUMO GERAL.....	viii
GENERAL ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	10
REFERÊNCIAS.....	23
CAPITULO I.....	31
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	33
INTRODUÇÃO.....	34
MATERIAL E MÉTODOS.....	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS.....	56
ANEXOS (FIGURAS).....	64

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Marcondes e Conceição, que desejaram e buscaram toda felicidade dos filhos e que, no estudo, acreditavam estar o começo do caminho para a concretização de sonhos. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela minha existência.

Escrever uma dissertação de mestrado é um ato conjunto de uma equipe. Muitas foram às pessoas e situações que me levaram, ao longo desses dois anos, a concretização dessa pesquisa.

Agradeço minha família, pelo seu amor, dedicação, compreensão, por perdoarem os meus momentos de ausência e mesmo assim estarem sempre ao meu lado torcendo por mim.

Ao meu Orientador Prof. Carlos Prentice, pela oportunidade, confiança, orientação, atenção e grande amizade, que foram fundamentais em todos os momentos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pela bolsa concedida.

À equipe, do Laboratório de Tecnologia em Alimentos, em especial ao William Cortez-Vega, pela ajuda preciosa em todas as etapas deste trabalho. Agradeço também a todos os estagiários (Anne, Bernardo, Carol's, Dani, Juliana e Marcelo). À Técnica do LTA Sabine e aos amigos Felipe, Inajara, Sandriane e Professora Myriam pelo auxílio, estímulo e aconselhamentos.

Aos piscicultores Raimundo “Chicó” e Carlos Kimaki, por disponibilizarem os espécimes de pirucu, tornando possível a elaboração do presente trabalho.

À Estação Marinha de Aqüicultura - Ema, na pessoa do “*diretor geral*” o amigo Getulio pelo apoio administrativo e pela convivência. A todos os professores, colegas do programa de pós-graduação, e os amigos da “Equipe Lontra” (em ordem alfabética da Ana Carolina a Viviana), pela convivência sempre cordial e pela contribuição direta ou indireta para a elaboração deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos. Em especial, ao professor e amigo, Mario Chim, pela confiança desde o primeiro contato, pela dedicação, carinho e atenção.

Aos meus amigos Engenheiros de pesca professor Nilson Carvalho, Mizael Seixas, Carlos André e Rodrigo Moura pelo apoio, incentivo e auxílio na aquisição da matéria-prima.

A Mayara Vilela, pela paciência, pelo amor, pela compreensão, e por ser uma excelente amiga.

À Banca examinadora, Dra. Myriam Salas-Mellado e ao Dr. Mario Roberto Chim Figueiredo pela excelente contribuição.

Enfim, à Universidade Federal do Rio Grande – FURG, ao Instituto de Oceanografia, pela oportunidade de realização deste curso.

RESUMO GERAL

O pescado é um alimento altamente perecível, e como tal exige cuidados especiais em sua manipulação, estando sujeito a contaminação por diversos organismos. Em condições normais de refrigeração, o prazo de vida útil dos alimentos está limitado pelos processos de deterioração enzimática, microbiológica e oxidativa o que limita seu prazo de distribuição e comercialização. A efetiva consolidação da aqüicultura depende do escoamento da produção que por sua vez dependerá da demanda dos produtos. Para que o consumo de pescado no Brasil seja ampliado, é necessário que haja oferta de produtos com a qualidade exigida pelo consumidor. Este trabalho objetivou avaliar o efeito sobre a embalagem em atmosfera modificada (EAM) em filés de pirarucu (*Arapaima gigas*). Foram utilizados espécimes provenientes de áreas de cultivo do Estado do Amazonas, da região de Manacapuru, Norte do Brasil, os quais foram beneficiados, eviscerados, filetados e acondicionados em sacos plásticos de alta densidade de etileno-álcool-vinílico – EVOH. As amostras foram submetidas a 6 tratamentos: A (Controle), 4 atmosferas contendo aproximadamente 0,5 L de ar: B (100 % CO₂); C (40% O₂ / 60% CO₂); D (50% O₂ / 50% CO₂), E (30% O₂ / 30% N₂ / 40% CO₂) e um F (a vácuo). As amostras embaladas foram mantidas sob refrigeração, na faixa de 2 ± 1°C, quando foram submetidas a análise nos tempos zero, 1, 7, 14, 21, 30, 45 e 50 dias de armazenamento refrigerado em estufa climatizada. Foram realizadas análises físico-químicas (bases voláteis totais – N-BVT, pH), da estabilidade lipídica (TBA), de textura (força de cisalhamento), de cor e microbiológicas. Observou-se que as amostras mantidas em aerobiose (controle) apresentaram um rápido aumento dos valores de N-BVT, com seu pico máximo no 50º dia de estocagem (67,59 mg N-BVT/100 g). A produção de N-BVT nos outros tratamentos manteve-se, durante o decorrer do período de armazenamento, em torno de 21 mg de N-BVT/100g. As amostras controle apresentaram aumento de pH, a partir do 30º dia de armazenamento, tendo seu valor máximo (6,98) no 50º dia. Os tratamentos com atmosferas modificadas mostraram comportamento de valores de pH ao longo do armazenamento semelhantes e próximos ao pH inicial (6,4). A maioria dos tratamentos ultrapassou o limite proposto pela legislação no 30º dia de estocagem (7 Log. de UFC/g). Durante o período de armazenamento não foi detectada a presença de Salmonela nem de E. coli. Os índices de TBA mantiveram-se abaixo de 1,5 mg MA/Kg, os padrões de cor oscilaram pouco e a textura (força de cisalhamento) variaram entre 2,39 e 6,88N. De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que a embalagem B(100 % CO₂), se destacou das demais, apresentando um bom desempenho, estendendo o prazo de vida-útil por até 45 dias, sendo eficaz para manutenção dos parâmetros físico-químicos e de qualidade dentro dos limites de aceitabilidade propostos pela legislação vigente.

Palavras-chave: Pirarucu, Embalagem em atmosfera modificada, Vida-útil, qualidade, deterioração, gases.

GENERAL ABSTRACT

Quality evaluation of Pirarucu (*Arapaima gigas*, Cuvier 1829) fillets refrigerated and packaged in modified atmosphere.

Fish meal is a type of perishable food, which is required special cares in handling because it could be contaminated for several organisms. Under normal cooling conditions, the deadline of food shelf-life is limited by enzymatic, microbiological and oxidative deterioration processes limiting their period of distribution and marketing. The effective consolidation of aquaculture depends on the production outflow which in turn depends on product demand. For the fish consumption in Brazil be expanded, it is necessary product offering with the quality required by consumer. The aim of this study was to evaluate the effect of modified atmosphere packaging (MAP) in pirarucu fillets (*Arapaima gigas*) from Manacapuru region, Amazonas, Brazil. The specimens used were acquired from fishfarm and were processed, gutted, turned into fillet and packed in plastic bags with high density of ethylene-vinyl alcohol – EVOH. The samples were submitted to 6 treatments: A (control), and four atmosphere conditions with 0.5 L of air; B – 100% of CO₂; C – 40% of O₂ and 60% of CO₂; D – 50% of O₂ and 50% of CO₂; E – 30% of O₂, 30% of N₂ and 40% of CO₂; and F – vacuum. The packaged samples were maintained under cooling in temperatures about to $2 \pm 1^{\circ}\text{C}$, and then the samples were submitted to analysis with eight different times of storage and cooling in an acclimated heater (zero, 1, 7, 14, 21, 30, 45 and 50 days). Physical-chemical analysis (TVB-N, pH) lipid stability (TBARS), texture (breaking strength), color and microbiology were examined. The samples stored under aerobic conditions (A) showed fast increase of N-BVT values, with a peak on day 50th of storage (67.59mg TVB-N/100g). The production of TVB-N in the others treatments kept up about 21mg TVB-N /100g thought of storage time. The samples from treatment A (control) showed an increase of pH from the 30th day of storage getting its maximum value (6.98) on the 50th day. The others treatments demonstrated equal pH behavior, the values was near to initial pH value of the sample. The treatments exceeded the microbiological limit proposed by legislation on the 30th day of storage (7 Log de UFC/g). Throughout of the storage stage was not detected the occurrence of *Salmonella* e *E. coli*. . The TBA indexes remained below 1.5 mg MA / kg, the color patterns varied little and texture (shear force) ranged between 2.39 and 6.88 N. According to the results of this study, was concluded that the package B (100% CO₂), distinguished from the others treatments, showing a fine performance, increasing the deadline of lifetime up to 45 days. Therefore this time is effective to the physical-chemical parameters maintenance and the quality of the fish within the limits of acceptability proposed by legislation in vigor.

Key-words: pirarucu, modified atmosphere packaging, MAP, shelf-life, deterioration quality, gases.

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 -O Pirarucu

O pirarucu (*Arapaima gigas*, CUVIER 1829) (Figura 1), também conhecido como “bacalhau da Amazônia”, é um dos mais importantes recursos pesqueiros da região amazônica brasileira.



Figura 1. Pirarucu (*Arapaima gigas*).

A palavra pirarucu é de origem indígena formada pela associação de “pira”, que significa peixe e “urucu”, vermelho, cor característica da semente de urucu (*Baixa orellana Lin.*), semelhante à cor avermelhada do peixe (Figura 2), devido às escamas dos flancos, do ventre e da cauda, principalmente no macho, durante o período de reprodução (SOUSA e VAL, 1990).



Figura 2. Visão superior das escamas de exemplar vivo de pirarucu (*Arapaima gigas*).

É considerada, uma das maiores espécies da ictiofauna de água doce do mundo, chegando a atingir até 3 metros de comprimento e peso superior a 200 quilogramas (GAVIS *et al.* 2006). Pertence à Família *Osteoglossidae*, da Ordem *Osteoglossiforme*, subfamília *Arapaminae*, Gênero *Arapaima*, e Espécie *Arapaima gigas*, (FONTENELE, 1959).

O habitat natural dessa espécie corresponde às águas pretas e tranqüilas, principalmente dos lagos de grande extensão na região Amazônica, preferencialmente em regiões de várzea, que sofrem a influência do ciclo hidrológico das estações de seca e cheia, podendo, raramente, ser encontrado em rios com pouca correnteza. O sistema respiratório é composto de brânquias para respiração aquática e bexiga natatória modificada que funciona como um pulmão para respiração aérea. (SOUSA e VAL, 1990; GOULDING *et. al.*, 2003).

O pirarucu é uma espécie de crescimento muito precoce entre os peixes de grande porte, sua curva de crescimento em relação ao peso demonstra que até 0,75 metros de comprimento, o incremento de peso é relativamente baixo, porém a partir deste tamanho, acelera-se a produção de músculo rapidamente até chegar a 1,50 metros, (FONTENELE, 1948; BARD e IMBIRIBA. 1986). Desova de forma parcelada e tem hábitos de reprodução peculiares, formando casais, selecionando e isolando a área de desova, construindo ninho e liberando óvulos e esperma (FONTENELE, 1948; LULING, 1964; BARD e IMBIRIBA, 1986; VENTURIERI e BERNARDINO, 1999; IMBIRIBA 2001).

Existem registros de sua comercialização para o consumo humano direto desde o início do século XIX (VERÍSSIMO, 1895) principalmente na forma de mantas salgadas e secas. Por todos esses anos vem sendo explorado pelos pescadores e ribeirinhos da Amazônia.

Muito apreciado pelos amazonenses, o pirarucu foi, até 1970 aproximadamente, a espécie mais importante para o comércio do pescado da região. Porém, devido ao grande esforço de pesca, os estoques sofreram grande redução (VAL e HONCZARYK, 1995).

Além da atenção para o manejo na natureza, algumas pesquisas estão sendo direcionadas para a criação do pirarucu, indicando seu alto potencial para a piscicultura (IMBIRIBA, 2001; CAVERO, 2002; CAVERO *et al.*, 2003). Com base em pesquisas de Imbiriba (2001), e Bard e Imbiriba (1986), o pirarucu é descrito como uma espécie com

características zootécnicas de alta qualidade. Devido à grande rusticidade, alto valor de mercado, excelente sabor da carne, porte e extraordinário desenvolvimento ponderal, que pode chegar até 10 kg no primeiro ano de vida (BARD e IMBIRIBA, 1986; CARVALHO e NASCIMENTO, 1992; IMBIRIBA, 2001). Pereira-Filho e Roubach (2005) relataram o comportamento do pirarucu em cativeiro, os aspectos da engorda em tanque-rede, qualidade de água e nutrição. A espécie é comumente criada de forma extensiva, baseado na oferta de peixes de baixo valor econômico aos viveiros (BARD e IMBIRIBA, 1986), ou com povoamento dos mesmos com peixes forrageiros e consórcios com bubalinos e suínos (CARVALHO e NASCIMENTO, 1992). Pode ser criado também de forma semi-intensiva e intensiva, destacando-se na criação intensiva em virtude da respiração aérea. Esse mecanismo respiratório faz com que esta espécie possa tolerar altas densidades em ambientes com baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água (BRAUNER e VAL, 1996; CAVERO *et al.*, 2004). Além desta característica, os juvenis de pirarucu ainda podem tolerar altas concentrações de amônia (CAVERO *et al.*, 2004).

No entanto a principal dificuldade da criação desta espécie é a produção de juvenis, visto que ainda não se tem o domínio da biologia reprodutiva da espécie, além da alta mortalidade das larvas. A reduzida produção os torna altamente valorizados. Neste elo da cadeia produtiva, algumas tecnologias foram desenvolvidas, principalmente no que concerne à sobrevivência e tolerância às condições adversas (CAVERO *et al.*, 2004), treinamento alimentar (CRESCÊNCIO, 2001) e exigências protéicas dos peixes nessa fase de vida (ITUASSÚ, 2002).

Para a região amazônica algumas medidas de preservação foram testadas. No Estado do Amazonas, surgiram as Reservas de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá, no município de Tefé e a Reserva de Desenvolvimento Sustentável, no município de Fonte Boa. Nesses locais a pesca do pirarucu está sendo manejada no intuito dos estoques se recuperarem. A implantação de locais de reservas como a de Mamirauá, tem contribuído para o conhecimento da biologia e na exploração racional do pirarucu (QUEIROZ e SARDINHA, 1999).

Conforme a Portaria N° 039, de 02 de dezembro de 1987, o IBAMA proíbe a comercialização de mantas de pirarucu, de comprimento inferior a 1 metro, podendo ser capturado somente quando o comprimento do animal for superior a 1,5 metros, quando já atingiu a fase adulta e teve a oportunidade de reproduzir-se. Pela Portaria número

480, de 04 de março de 1991, proíbem-se anualmente a captura dessa espécie no período de 01 de dezembro a 31 de maio em toda a bacia Amazônica, rio Araguaia e rio Tocantins. Desde 2005, no estado do Amazonas, a pesca do pirarucu está praticamente proibida. O IBAMA baixou a Instrução Normativa 001 que permite a captura, durante o período de 01 de junho a 31 de novembro, somente em áreas de reserva, através de cota de pesca por temporada (IBAMA, 2009).

1.2-Aqüicultura e Pesca

Segundo dados da FAO (2008), nas últimas décadas o cultivo de organismos aquáticos cresceu em média 8,8% ao ano, atingindo produção anual de aproximadamente 45,5 milhões de toneladas em 2004, com previsão de chegar até 83 milhões de toneladas em 2030.

A aqüicultura é possivelmente o setor de produção de alimentos de crescimento mais acelerado no mundo. Atualmente, representa aproximadamente 50% dos produtos pesqueiros mundiais destinados à alimentação (FAO, 2008). Em 2006 o Brasil ocupava uma posição próxima ao 27º entre os maiores produtores de pescado, sendo um dos países com maior crescimento (FAO, 2007). O desenvolvimento da aqüicultura brasileira está associado à ação das cadeias produtivas, principalmente, de camarões marinhos (*Litopenaeus vannamei*), aqüicultura de água doce para tilápia (*Oreochromis sp*), truta (*Oncorhynchus mykiss*), tambaqui (*C. macropomum*), bagres (Siluriformes), pirarucu (*A. gigas*) e moluscos bivalves (FAO, 2007).

Entre 1970 e 1990, a distribuição da produção pesqueira no Brasil mudou; a região Norte, que em 1979 contribuía com 10,6%, em 1999 passou a participar com 27,8% do total, enquanto que a região Sudeste tinha 32,7% em 1979, passou a ter 16,6% de participação (IBAMA, 2001).

Durante todos esses anos, a estatística pesqueira não tem identificado a captura total desembarcada nos principais municípios do Amazonas, mas alguns dados sobre a produção de pirarucu foram detectados pelo IBAMA. Em 1996, o pirarucu apareceu com produção na região Norte, de 390,5 toneladas/ano, sendo o estado do Amazonas o principal produtor com 207,5 toneladas, ou seja, 53,1 % da produção (IBAMA, 2001).

As informações sobre a produção das pisciculturas no Estado do Amazonas ainda são escassas, devido ao pouco tempo desta atividade com essa espécie na região; além do mais, a atenção está voltada para coletar dados da produção proveniente da

captura realizada nos rios (ALMEIDA *et al.*, 2004; IBAMA, 2006). Segundo Cavero *et al.* (2003), o pirarucu é considerado a espécie mais promissora para o desenvolvimento da piscicultura em regime intensivo na região Amazônica

1.3-Produtos minimamente processados.

Em função do reduzido prazo de vida-útil, da crescente demanda por produtos frescos, e ainda, da necessidade de redução de custos relacionados à energia utilizada nos processos de refrigeração e congelamento, justifica-se a busca por tecnologias que permitam um aumento no prazo de vida comercial de alimentos altamente perecíveis e com alto teor protéico como pescado, carnes vermelhas e produtos derivados de aves (SIMPSON e CAREVIC, 2004).

A maior necessidade por produtos de conveniência, fáceis de preparar, motivada por mudanças no estilo de vida e, ainda, a invasão das prateleiras por produtos estrangeiros de alta qualidade e diversificação, vêm modificando o tradicional consumidor de alimentos. Este passou a se utilizar cada vez mais dos produtos de fácil preparo, higienicamente corretos e vantajosos, do ponto vista nutricional (OETTERER, 1999).

1.4-Embalagem em atmosferas modificadas (EAM)

A embalagem em atmosferas modificadas (EAM) é um conceito que teve início em 1910, quando se estabeleceu a sua utilização para conservar diversos alimentos (JAY, 2004) principalmente na Europa e que neste século é uma tendência mundial. Paralelamente ao desenvolvimento da tecnologia de EAM, encontra-se a tendência de produtos *read-to-eat* (prontos-para-consumir), onde não há a necessidade de acrescentar tipo algum de processo ao auto-serviço. As preferências detectadas entre os consumidores tem levado os processadores e o auto-serviço há dedicarem mais tempo e recursos a explorar e a comercializar, cada vez mais, produtos acondicionados em embalagens com atmosferas modificadas.

Com o avanço das embalagens individuais para um público cada vez mais exigente, a partir de 1970 a tecnologia de EAM apresentou um grande impulso

(WOLFE, 1980). Em 1974 foi introduzida a EAM no comércio varejista de alimentos de origem animal na França (CHURCH, 1994).

Avanços tecnológicos que lidam com a extensão, segurança, e tempo de vida-útil de alimentos altamente perecíveis e com alto teor protéico, como o pescado, são de grande significância econômica por possibilitarem transporte a longas distâncias, menor custo, redução de perdas em função da deterioração e conveniência para a indústria e consumidores (GENIGEORGIS, 1985).

Uma das formas de prevenir a decomposição e prolongar a vida-útil do pescado e seus produtos alimentícios é o uso de embalagens confeccionadas com materiais apropriados para cada alimento. Seu papel é decisivo na segurança, na qualidade e na prevenção de perdas por deterioração. Esses tipos de embalagens são utilizados em um amplo ramo de alimentos frescos e refrigerados, incluindo carnes cruas e cozidas, pescado, pastas frescas, frutas e hortaliças (SIMPSON e CAREVIC, 2004).

Muitos trabalhos têm citado a utilização de pescado conservado sob refrigeração com uso de atmosfera modificada, chamados de produtos minimamente processados à base de pescado (SOCCOL *et al.*, 2005; PRENTICE e SAINZ, 2005; TORRIERI *et al.*, 2006).

A EAM permite aumentar a vida-útil do pescado fresco, mas somente se combinada com um cuidadoso armazenamento a temperatura de refrigeração. Esta reduzirá a atividade enzimática do produto e a possibilidade de ocorrência de reações de oxidação, além disto, inibe a ação de microrganismos anaeróbios, tais como o *Clostridium botulinum* (CHURCH e PARSONS, 1995), que só aparecerá em caso de abusos de temperatura ou de vida-útil prolongada. Se a temperatura do armazenamento e a vida-útil ficam restritas, a $2\pm 1^{\circ}\text{C}$, o risco é mínimo. Em vários trabalhos tem sido proposto que os riscos associados com sistemas anaeróbios estritos podem ser reduzidos pela inclusão de pequenas quantidades de oxigênio (PRENTICE e SAINZ, 2005).

O método de embalagem em atmosfera modificada consiste em eliminar, ou substituir a atmosfera que rodeia o produto no momento da embalagem por outra (seja um gás ou mistura otimizada de gases tais como CO₂, N₂ e O₂), num processo hipobárico (JAY, 2004), especialmente preparada para cada tipo de alimento. Este método permite controlar melhor as reações químicas, enzimáticas e microbiológicas, minimizando as principais degradações produzidas durante o período de armazenamento (PARRY, 1993; MADRID, 1997).

O dióxido de carbono (CO₂) exerce um forte efeito inibidor sobre o crescimento bacteriano, sendo particularmente eficiente contra as bactérias aeróbias gram-negativas da decomposição como *Pseudomonas* e *Shewanella*, que provocam alterações de cor e odor principalmente em pescado (CHURCH, 1994). Mesmo em baixas concentrações de CO₂ produz efeitos eficientes na preservação do pescado (BROWN *et al.*, 1980). Parry (1993) afirma que as concentrações de CO₂ acima de 5% inibem o crescimento da maior parte das bactérias causadoras de deterioração, especialmente as psicrófilas, que crescem em grande parte dos alimentos refrigerados.

O oxigênio (O₂) geralmente estimula o crescimento de bactérias aeróbias e pode inibir o crescimento de bactérias estritamente anaeróbias, embora haja uma variação muito ampla na sensibilidade de anaeróbios ao oxigênio (FARBER, 1991). É o responsável pela coloração vermelho-brilhante da carne fresca, por se ligar à hemoglobina formando o complexo oximioglobina, sendo utilizado em embalagens com o intuito de melhorar a aparência dos produtos cárneos (PHILLIPS, 1996). No entanto, a presença do O₂ em grandes proporções induz ao aparecimento do ranço, devendo ser evitado, por favorecer o processo de rancificação oxidativa (STAMMEN *et al.*, 1990), gerando sabor e odor desagradáveis, levando a uma redução no prazo de vida-útil desses produtos.

O nitrogênio (N₂) é um gás insípido, incolor, inerte e com baixa solubilidade em água e em lipídeos. É usado para o deslocamento do oxigênio em embalagens, diminuindo o ranço oxidativo e inibindo o crescimento de microrganismos aeróbios (FARBER, 1991). Também é usado para manter a integridade da embalagem comercial, evitando o colapso ocasionado pela diferença de pressão pela retirada do ar, em alimentos que consomem dióxido de carbono (CHURCH, 1994).

O uso das EAM ligado à correta manipulação e aplicação do frio, permite prolongar a vida-útil do pescado fresco refrigerado (PRENTICE E SAINZ, 2005). Outros pesquisadores como Brown *et al.* (1980) verificaram o efeito da temperatura, solubilidade e inibição de CO₂ e concluíram que, ao contrário do mecanismo sinérgico entre temperatura e solubilidade, todas as evidências apontam que o aumento de temperatura reduz a solubilidade e aumenta o crescimento microbiano.

Prentice e Sainz (2000) desenvolveram um produto minimamente processado a base de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) partindo de lavagens dos filés com

hipoclorito de sódio e salmoura para depois submetê-los a embalagem a vácuo, chegando à vida-útil desse produto por até 60 dias.

O estudo de misturas gasosas mais convenientes para a conservação e otimização do armazenamento ainda não está totalmente definido, assim como alterações na caracterização sensorial e nos parâmetros físico-químicos de várias espécies, quando embaladas em atmosfera modificada; entretanto, a mais promissora parece ser a atmosfera enriquecida com altas concentrações de CO₂, como afirmado por Soccol *et al.* (2005) e Fernandez *et al.* (2009), que compararam o efeito da EAM na conservação de filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e salmão (*Salmo salar*), respectivamente. Atualmente a EAM está difundida em praticamente todos os países desenvolvidos, e entre 10 e 40% dos produtos de origem animal já são comercializados sob EAM. Na Europa é onde se verifica a maior proporção de alimentos comercializados embalados sob atmosfera modificada nas prateleiras dos supermercados (SORHEIM e NISSEN, 2009).

1.5-Qualidade do Pescado

A carne do pescado comercializado de diferentes formas é o principal produto final da atividade pesqueira e da piscicultura. Sua qualidade e quantidade são fatores básicos em sua relação com o mercado consumidor. Pesquisadores europeus vêm se reunindo para estabelecer padrões de análise visando avaliar a qualidade do pescado comercializado refrigerado inteiro e congelado (OLAFSDÓTTIR *et al.*, 1997; OZOGUL e OZOGUL, 2004; TORRIERI *et al.*, 2006).

Quando se refere a Brasil, em regiões como na Amazônia, há o costume de se adquirir o pescado em feiras e mercados por se entender que está com suas características naturais preservadas, ou seja, *fresco*, como é chamado em Manaus o pescado que permaneceu sob congelamento por pouco tempo. As feiras e mercados por sua vez, são montados de forma improvisada, em locais próximos à margem dos rios ou em locais sem nenhuma estrutura higiênico-sanitária para a venda de produtos perecíveis, fator este que não garante a inocuidade do pescado comercializado e muito menos que este seja *fresco* (SEPROR/SEPA, 2006).

Na região Norte, foi avaliada a qualidade em gelo de espécies capturadas na natureza, como a matrinxã (CASTELO, 1992) e o jaraqui (CASTELO 1987; JESUS,

1989; JESUS *et al.*, 1990 e JESUS, 1999). Com espécies procedentes da piscicultura, existem trabalhos de pesquisa executados por Batista (2002) para a matrinxã e, Almeida *et al.* (2005) para o tambaqui. Em todas essas pesquisas se destaca a importância do conhecimento das características da qualidade bioquímica, sensorial, física e química do produto para o mercado de transformação e para o consumidor.

As principais alterações bioquímicas, físicas, químicas e microbiológicas que ocorrem no pescado após ser abatido, dependem de vários fatores, dentre eles, o modo de abate, a concentração de enzimas endógenas e a contaminação microbiana. A forma como o animal foi manejado no momento do sacrifício, e as condições de armazenagem são efeitos importantes para se avaliar tais parâmetros (OZOGUL e OZOGUL, 2004).

A compreensão dos diversos fatores pode ser medida por diferentes métodos. Em geral a velocidade de deterioração depende das condições de armazenamento, é mais rápida no pescado pequeno, maior para o pescado com alto teor de lipídeos, sendo maior em pescado cartilaginoso do que em pescado ósseo. Assim, têm-se diversos fatores a considerar e muitos ainda continuam em nível de hipótese (HUSS, 1998).

Em relação aos aspectos microbiológicos, o controle da qualidade na indústria pesqueira é extremamente importante em face da fragilidade da matéria-prima, tendo deste modo uma maior atenção e, conseqüentemente, um maior desenvolvimento de técnica de detecção de microorganismos deterioradores e patogênicos (VILHELMSSON, 1997). Os microrganismos somente utilizam como alimento, moléculas menores de peptídeos e aminoácidos, pois não são capazes de atravessar a membrana celular (FRANCO e LANDEFGRAF, 1996).

Dentre os microrganismos mais importantes destacam-se os do gênero *Vibrio*, onde o *Vibrio parahaemolyticus* está usualmente presente nas águas costeiras (LIMA, 1997); bactérias do gênero *Salmonella*, comumente encontradas em águas poluídas por esgotos ou excretas de animais (GERMANO *et al.*, 1993); *Streptococcus sp.* e *Staphylococcus aureus*, podem estar presentes nas mucosas e superfície da pele, onde encontram ambiente favorável para sua multiplicação, e são conseqüência direta da manipulação inadequada (GERMANO *et al.*, 1998). Esse rápido crescimento na população bacteriana ao longo do processo de deterioração é conseqüência da intensa multiplicação de *Aeromonas* e *Pseudomonas*, visto que estes gêneros se adaptam rapidamente às condições de refrigeração e se utilizam de maneira eficaz em extratos da carne de pescado (SIKORSKI, 1990).

Conforme os dias de armazenamento em gelo avançam, a população bacteriana se concentra na superfície da pele do pescado. A lenta penetração no tecido muscular ocorre principalmente em pontos onde estejam presentes ferimentos na pele, que facilitem o ingresso bacteriano. A taxa de penetração dependerá das características próprias da pele do organismo aquático, podendo apresentar diferenças entre uma espécie e outra (SIKORSKI, 1990), principalmente quando se trata de uma espécie como o pirarucu, que é protegido por escamas grandes, duras e espessas (NELSON, 1994).

1.6-Alterações físicas, químicas e bioquímicas.

Existem alguns fatores intrínsecos de grande importância e influência sobre a microbiologia e degradação do pescado. Entre estes fatores estão a natureza pecilotérmica do peixe e o seu ambiente aquático, o alto pH *post-mortem* da carne do pescado, a presença de grandes quantidades de nitrogênio não protéico e a presença do óxido de trimetilamina (OGAWA e KOIKE, 1987; GRAM e HUSS, 1996).

Em pescado magro, o nível de bases voláteis totais é resultante de processo autolítico que age na hidrólise das proteínas, no desdobramento enzimático endógeno do óxido de trimetilamina (OTMA) e creatinina. As enzimas endógenas são as principais responsáveis pela perda do frescor nos primeiros momentos após a morte, além do que o baixo conteúdo de glicogênio no tecido muscular conduz a um valor de pH geralmente maior ou em torno de 6,0. Nos dias seguintes, as principais responsáveis pela perda do frescor são as enzimas produzidas pelas bactérias. Por outro lado, em pescados de água doce, onde o OTMA não está presente, espera-se um nível baixo de bases voláteis e o principal responsável pelo aumento do pH é o processo de deterioração conduzido pela ação das enzimas exógenas de bactérias específicas (GRAM e HUSS, 1996; HUSS, 1997; KYRANA e LOUGOVOIS, 2002).

1.6.1-Potencial hidrogeniônico (pH)

É uma análise utilizada na determinação do grau da acidez de um determinado produto, podendo fornecer um dado valioso sobre o estado de conservação dos alimentos. O processo de decomposição altera quase sempre a concentração de íons hidrogênio do alimento. Os íons, então, são indicados pelo pH, em processos eletrolíticos. É uma determinação, simples e precisa (TAVARES *et. al.*, 1988).

O pH do pescado, logo após sua captura, apresenta geralmente redução do seu valor. Com a morte, o processo de respiração pára e instala-se o processo de degradação do glicogênio por via glicolítica ou amilolítica, produzindo o ácido láctico. Em geral, o ácido láctico gerado a partir do glicogênio, em condições de anaerobiose, é a principal causa da queda do pH após a morte. Porém, essa acidificação também é influenciada pela liberação de fosfatos inorgânicos e amoníaco, como consequência da degradação enzimática do ATP (SIKORSKI, 1990).

O pH do pescado capturado em águas frias não será inferior a 6,2. No entanto, com o início do processo de deterioração, o pH do pescado aumenta em função da decomposição de aminoácidos, da uréia e da desaminação, criando um meio favorável ao crescimento bacteriano. Segundo Ogawa e Maia (1999) com o aumento do ácido láctico o pH do tecido muscular do pescado de carne vermelha alcança valores de 5,6 e no pescado de carne branca o valor de 6,0.

De uma maneira geral, valores de pH próximos a 7,0 são indicativos de decomposição e à medida que os valores passam de neutros a alcalinos, o produto torna-se impróprio para o consumo (BRASIL, 2002).

Segundo o Laboratório Nacional de Referência Animal (LANARA, 1981), se estabelece que os valores de pH para carnes de pescado próprias para consumo imediato variem entre 5,8 e 6,4 e que, acima deste índice, a carne encontra-se em início de decomposição.

1.6.2-Bases voláteis totais

As bases voláteis totais são formadas pelo amoníaco, trimetilamina, dimetilamina e metilamina. O composto mais acentuado é o amoníaco produzido principalmente pelas enzimas endógenas e de origem bacteriana (SIKORSKI, 1994).

A degradação, após a morte do animal, dos compostos nitrogenados é a principal responsável pela perda gradual do frescor do pescado e pelo aparecimento dos primeiros sinais de putrefação, devido principalmente à decomposição de alguns componentes não protéicos, que vem influenciar no aroma dos pescados. Também a formação de compostos voláteis e degradação de proteínas, originam colorações e propriedades sensoriais indesejáveis à sua carne (HUSS, 1995).

Segundo Contreras-Guzman (1994), pescados marinhos e de água doce armazenados em gelo apresentam evolução diferentes nas bases voláteis totais. A comparação entre essas espécies mostra que, nem sempre, as espécies de água doce alcançam o limite de aceitação do pescado de 30 mg N/100g durante o período de armazenamento (CONNELL, 1995). A Portaria nº 185, de 13 de maio de 1997, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento–MAPA, determina que o limite legal para as bases voláteis totais (BVT) em pescados não elasmobrânquios é de 30mgN/100g (BRASIL, 2002). Esses valores nem sempre são os mesmos para todas as espécies, o que torna importante a realização de estudos para determinar o nível para cada uma delas.

Dentre as alterações que originam os compostos voláteis, a mais importante será a redução do óxido de trimetilamina (OTMA) em trimetilamina (TMA) e o desdobramento endógeno do OTMA até dimetilamina (DMA) e formaldeído. Conforme se inicia o processo degradativo, a base volátil mais representativa é a amônia, originária dos produtos da desaminação dos derivados do ATP e, posteriormente, tem-se o incremento da amônia derivada da degradação de outros compostos nitrogenados e TMA, formada a partir do OTMA. Segundo Ogawa e Maia (1999), isto ocorre através da ação de bactérias anaeróbias, capazes de empregar o OTMA como acceptor final da cadeia de elétrons, durante a respiração anaeróbia, posteriormente reduzida a TMA.

1.6.3-Oxidação lipídica

Os lipídeos definem um conjunto de substâncias químicas que, ao contrário das outras classes de compostos orgânicos, não são caracterizadas por algum grupo funcional comum, e sim pela sua alta solubilidade em solventes orgânicos e baixa solubilidade em água. Em pescado, a quantidade é muito variável, mas em geral, pescados fluviais e lacustres apresentam tendência de ter maior quantidade de lipídios do que os marinhos (CONTRERAS-GUZMAN, 1994).

O processo oxidativo inicia-se logo após a morte do pescado, podendo ser favorecido pela exposição ao ar atmosférico, temperatura elevada, desidratação e a presença de agentes pró-oxidantes (MACHADO, 1994).

Os lipídios dividem-se em dois grupos: o triacilglicerol e os fosfolipídios e colesterol, que junto com as proteínas, ácidos nucleicos e carboidratos, são os componentes essenciais das estruturas biológicas, e fazem parte de um grupo conhecido como biomoléculas. Existem diversos tipos de moléculas diferentes que pertencem à classe dos lipídeos. Embora não apresentem nenhuma característica estrutural comum, todas elas possuem muito mais ligações carbono-hidrogênio do que as outras biomoléculas. Estas moléculas são pouco solúveis em água ou etanol (solventes polares) e altamente solúveis em solventes orgânicos (geralmente apolares). Ao contrário das demais biomoléculas, os lipídeos não são polímeros, isto é, não são repetições de uma unidade básica. Embora possam apresentar uma estrutura química relativamente simples, as funções dos lipídeos são complexas e diversas, atuando em muitas etapas cruciais do metabolismo e na definição das estruturas celulares (CONTRERAS-GUZMAN, 1994).

O desenvolvimento da oxidação das gorduras em pescado depende da temperatura de armazenamento e, com o tempo, ocorre o desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis. Um dos índices mais utilizados para verificar a qualidade do pescado é o índice de determinação da reação ao ácido tiobarbitúrico (TBA). Osawa *et al.* (2005) revisaram alguns métodos para determinação do TBA, bem como os valores do índice TBA, com relação à análise sensorial. Portanto, constataram que para pescados congelados com índices menores do que 0,6 mg/kg, os exemplares eram considerados não rancificados, entre 0,7 a 1,4, de qualidade aceitável; índices maiores do que 1,5 caracterizam pescados ligeiramente rancificados. Contudo, os valores de TBA variam bastante, pois dependem do perfil de ácidos graxos e das limitações dos testes.

1.6.4-Textura

A textura é um atributo fundamental em alimentos. É uma propriedade física cuja percepção envolve os sentidos, principalmente a visão e o tato, mas, por vezes, também o sistema auditivo quando se trata de alimentos crocantes (DUTCOSKY, 2007).

A condição de armazenamento do pescado, seja refrigerado, congelado ou em gelo é um fator bastante importante na conservação, visto que pode influenciar de forma direta nas propriedades texturais do mesmo (MORKORE *et al.*, 2002).

Na maioria dos produtos alimentícios, a aceitabilidade pelos consumidores leva fortemente em conta fatores de textura, aparência e sabor. A análise da textura deve refletir as características mecânicas do alimento, quando submetido à força definida. A avaliação pode ser realizada por métodos subjetivos, que se utiliza de painéis compostos por pessoas, que realizam o processo de mastigação ou pressionando com os dedos para emissão de conceitos ou notas sobre o grau de textura. Através de métodos objetivos, a avaliação é feita com a utilização de texturômetro, segundo o qual a amostra é submetida a um método que medirá o perfil da textura (BOTTA, 1991).

O texturômetro é considerado muito importante para se avaliar o perfil de textura (ou TPA- texture profile analysis). Na análise da curva força/tempo é possível extrair sete parâmetros (cinco diretamente e dois calculados): dureza, coesividade, adesividade, elasticidade, gomosidade, fragilidade, mastigabilidade (BOURNE, 1978). Trabalhos de pesquisa têm buscado correlacionar a medida instrumental da textura com as medidas sensoriais (MORKORE e EINEN, 2003; PEREZ-WON *et al.*, 2006; HALLIER *et al.*, 2007) .

Os métodos instrumentais são utilizados para avaliar as propriedades mecânicas dos alimentos, e, de um modo geral, a modificação (força) aplicada na amostra deve ser relacionada à característica que melhor define os parâmetros de textura para aquele alimento específico. A força aplicada à amostra pode medir em cinco formas diferentes: compressão, cisalhamento, corte, tensão, e pressão. Geralmente os equipamentos são constituídos de três elementos básicos: a célula de medição (probe), que fica em contato com o alimento; o sistema mecânico, que produz o deslocamento das células de medição; e o sistema que registra a resposta do alimento. Programas computadorizados como o (Texture Exponent 32) são utilizados para a condução e análise, obtenção de gráficos e também para facilitar os cálculos dos parâmetros de textura (ANJOS, 1999).

2. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, N.M.; BATISTA, G.M; KODAIRA, M; VAL, A.L; LESSI, E.. Determinação do índice de rigor-mortis e sua relação com a degradação dos nucleotídeos em tambaqui (*Colossoma macropomum*), de piscicultura e conservados em gelo. **Ciência Rural** 35(3):698-704, 2005.
- ALMEIDA, O.T.; CABRAL, W.; ANDROCZEVECZ, S.; AMARAL, L.; ARAÚJO, B.. **A Indústria Pesqueira na Amazônia**. Relatório Final. IBAMA-PROVARZEA. 218 p. 2004
- ANJOS, V. D. A. **Avaliação instrumental de textura em alimentos**. Campinas: Unidade Laboratorial de Referência de Análises Físicas, Sensoriais e Estatística do Instituto de Tecnologia de Alimentos – LAFISE/ITAL. Apostila do Curso Textura Instrumental..não paginada. 1999.
- BARD, J.; IMBIRIBA, E.P. **Piscicultura do pirarucu (*Arapaima gigas*)**. *Circular Técnica*, EMBRAPA, n.52. 1986.
- BATISTA, G.M. **Alterações bioquímicas post-mortem de matrinxã (*Brycon cephalus*, GUNTHER, 1869) procedente da piscicultura, mantido em gelo**. 2002, 111p. Dissertação, Mestrado em Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Amazonas, Manaus. AM.
- BOTTA, J.R.. Instrument for non-destructive texture measurement of raw Atlantic cod (*Gadus morhua*) fillet. **Journal Food Science**. 56, 962-964, 1991.
- BOURNE, M. C. Texture profile analyses. **Food Technology**. p.62- 67, July. 1978.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal- RIISPOA. **Pescados e derivados**, C.7, seção 1.Brasília. 2002.
- BRAUNER, C. J.; VAL, A. L. The interaction between O₂ and CO₂ exchange in the obligate air breather, *Arapaima gigas*, and the facultative air breather, *Lipossarcus pardalis*. In: VAL, A. L.; ALMEIDA-VAL, V. M. F.; RANDALL, D. J. (Ed.). **Physiology and biochemistry of the fishes of the Amazon**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1996. cap. 9, p.101-110.
- BROWN, W.D.; ALBRIGHT, M.; WATTS, D.A.; HEYER, B.; SPRUCE, B.; PRICE, R.J. Modified atmosphere storage of rockfish (*Sebastes miniatus*) and silver salmon (*Oncorhynchus kisutch*). **Journal of Food Science**, v.45, n.1, p.93-101, 1980.
- CARVALHO, L. O. D. de M.; NASCIMENTO, C. N. B. do. **Engorda de pirarucus (*Arapaima gigas*) em associação com búfalos e suínos**. Belém, EMBRAPA - CPATU,1992. 21p. (Circular técnica, 65).

CASTELO, F. P.. Avaliação sensorial do frescor dos jaraquis *Semaprochilodus taeniurus*, (Vallenciennes,1811) e *S. insignis*, (Schombugk, 1841).. In: **Anais Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca**, Fortaleza, Associação dos Engenheiros de Pesca do Ceará, 1987, p. 555-571.

CASTELO, F.P.. Aproveitamento racional de pescado de água doce da Amazônia. Avaliação do frescor da matrinxã (*Brycon sp*) em gelo. **Acta Amazonica**. v.22, facs.3, p. 449-460, 1992.

CAVERO, B. A. S. **Densidade de estocagem de juvenis de pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) em tanques- rede de pequeno volume**. 2002. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Fundação Universidade do Amazonas, Manaus.

[CAVERO, B. A. S.](#); [PEREIRA-FILHO, M.](#); [ROUBACH, R](#) .. Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento de juvenis de pirarucu em ambiente confinado. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**., Jan., vol.38, no.1, p.103-107, 2003.

CHURCH, N. Developments in modified-atmosphere packing and related technologies. **Food Science and Technology**, v.5, p.345-352, 1994.

CHURCH, I.J.; PARSONS, A.L.. Modified Atmosphere Packaging Technology: A Review. **Journal of Science and Food Agricultural**, v. 67, p. 143-152. 1995.

CONNELL, J. J. **Control of Fish Quality** (4th ed.). London: Fishing News Books Limited, 1995.

CONTRERAS-GUZMÁN, E. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409p.

CRESCÊNCIO, R. **Treinamento alimentar de alevinos de pirarucu, *Arapaima gigas* (CUVIER, 1829), utilizando atrativos alimentares**. 2001. 35 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**.. 2ª Edição. Coleção Exatas Editora Champagnat, 239 p. 2007

FAO- **FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS**. 2007, 2008. www.fao.org

FARBER, J. M. Microbiological aspects of modified atmosphere packaging technology – a review. **Journal of Food Protection**. v. 54, n.1, p. 58-70, 1991.

FERNÁNDEZ K.; ASPE, E., ROECKEL M. Shelf-life extension on fillets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) using natural additives, super chilling and modified atmosphere packaging. **Food Control**, vol. 20, pág.1036–1042. 2009

FONTENELE, O. Contribuição para o conhecimento da biologia do pirarucu, (*Arapaima gigas*, Cuvier), em cativo (Actinopterygii, Osteoglossidae). **Revista Brasileira de Biologia** 8(4):445-459, 1948.

FONTENELE, Os **Hábitos de desova do pirarucu (*Arapaima gigas*, Cuvier), (Pisces: *Isopndylii*, Arapaimidae) e evolução de sua larva.** *Col.Trab.Tec. DNOCS* (153):18. 1959.

FRANCO, B.D.G.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos.** São Paulo: Editora Ateneu. 1996. 182 p.

GAVIS, G.; MOJICA, J.I.; DUQUE, S.R.; CASTELLANOS, C.; SANCHEZ-DUARTE, P.; ARCE, M.; GUTIERREZ, A.; JIMENEZ, L. F.; SANTOS, M.; VEJARANO-RIVADENEIRA, S.; ARBELANEZ, F.; PRIETO, E.; LEIVA, M. **Peces del médio Amazonas. Región de Letícia.** Serie de Guías Tropicales de Campo N^o5. Consevación International. Ed. Panamericana, Bogotá, Colômbia, 2006, 548p.

GENIGEORGIS, C. A. Microbial and safety implications of the use of modified atmosphere to extend the storage life of fresh meat and fish. **International Journal of Food Microbiology**, v.1, n.5, p.237-251, 1985.

GERMANO, P.M.L.; OLIVEIRA, J.C.F.; GERMANO, M.L.S. O pescado como causa de toxinfecções bacterianas. **Revista Higiene Alimentar**, v.7, n.28, p.40-45, 1993.

GERMANO, P.M.L.; OLIVEIRA, J.C.F.; GERMANO, M.L.S. Aspectos da qualidade do pescado de relevância em saúde pública. **Revista Higiene Alimentar**, v.7, n.53, 1998.

GRAM, L.; HUSS, H.H.. Microbial spoilage of fish and fish products. **International journal of food microbiology** 33:121-137., 1996.

GOULDING, M.; BARTHEM, R.; FERREIRA, E. J. G. **The Smithsonian atlas of the Amazon.** Washington, DC: Smithsonian Institution Press. 2003

HALLIER, A.; CHEVALLIER, S.; SEROT, T.; PROST, C. Influence of farming conditions on color and texture of European catfish (*Silurus glanis*) flesh. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 87(5):814-823. 2007.

HUSS, H.H. Quality and quality changes in fresh fish: FAO fisheries technical paper 348. Roma: **Food and Agriculture Organization of de united nations**, 193p. 1995

HUSS, H.H.. **Asseguramiento de la Calidad de los Productos Pesquero.** FAO Doc. Tec. Pesca 334, 174p. 1997

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

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2001. **Estatística da pesca 1999: Brasil: grandes regiões e unidades da Federação.** Tamandaré: IBAMA. 95 p.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis 2006. **Estatística Pesqueira do Amazonas e Pará – 2003**. Mauro Luís Ruffino (coordenador). Manaus. IBAMA. Pro Várzea, 76 p.

IBAMA, 2009. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. www.ibama.gov.br.

IMBIRIBA, E.P.. Potencial de criação do pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. **Acta Amazônica**, 31 (2): 299-316p. 2001.

ITUASSÚ, D. R. **Exigência protéica de juvenis de pirarucu *Arapaima gigas* (CUVIER, 1829)**. 2002. 38f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e (Pesca Interior) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

JAY, J. M. **Microbiologia dos alimentos**. Ed. Guanabara Koogan, p. 308-324, 2004

JESUS, R. S. **Qualidade do jaraqui (*Semaprochilodus spp*) mantido em gelo e comercializado na cidade de Manaus-Am**. 1989. Dissertação de Mestrado. Manaus, INPA/FUA. 131p.

JESUS, R.S.. **Estabilidade de “minced fish” de peixes amazônicos durante o congelamento**. 1999, São Paulo: Tese de Doutorado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo. 105 p.

JESUS, R. S.; FALCÃO, P. T.; LESSI, E. . Deterioração do pescado de água doce da Amazônia. Qualidade dos jaraquis (*Semaprochilodus spp*) comercializado em Manaus, Am. **Ciência Tecnologia de Alimentos**. v.10, fasc.2, p.216-230, 1990.

KYRANA, V. R.; LOUGOVOIS, V. P. Sensory, chemical and microbiological assessment of farm-raised European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in melting ice. **International Journal of Food Science and Technology**, 37, 319–328. 2002

LANARA - 1981. Laboratório Nacional de Referência Animal, Métodos Analíticos Oficiais para Controle de Produtos de Origem Animal e seus ingredientes. **1. Métodos Microbiológicos**. Brasília. Ministério da Agricultura, 112p.

LIMA, F.C. Vibrios marinhos: 1. *Vibrio parahaemolyticus*. **Revista Higiene Alimentar**, v.11, n.47, p.14-22, 1997.

LÜLING, K. H. Zur Biologie und ökologie von *Arapaima gigas* (Pisces Osteoglossidae). **Zoologie Morph, Ökol**, v. 54, p. 436-530, 1964.

MADRID, A **Refrigeración, Conservación y Envasado de Los Alimentos**. Mundi-Prensa. Madrid, Espanha. 1997, 174p.

MACHADO, I.C. Alterações “post-mortem” no pescado. In: Simpósio sobre controle de qualidade microbiológico, químico, físico e organoléptico de pescado e derivado, Campinas, 1994. **Anais Campinas: ITAL**, p.1-10.

MORKORE, T.; EINEN, O.. Relating Sensory and Instrumental Texture Analyses of Atlantic Salmon. **Journal of Food Science** 68(4):1492-1497. 2003

MORKORE, T.; HANSEN, A. A.; UNANDER, E.; EINEN, O. Composition, liquid leakage, and mechanical properties of farmed rainbow trout: Variation between fillet sections and the impact of ice and frozen storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v.67, n.5, p.1933-1934, 2002.

NELSON, J. S., **Fishes of the World**, New York, NY: Columbia University Press. 3rd ed. p.600. 1994.

OETTERER, M. **Agroindústrias beneficiadoras de pescado cultivado: unidades modulares e polivalentes para implantação, com enfoque nos pontos críticos e higiênicos e nutricionais**. 1999.198p. Tese (Livre-docente) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

OGAWA, M; KOIKE, J. **Manual de Pesca**. Associação dos Engenheiros de Pesca. Estado do Ceará. Fortaleza – Ceará 1987.

OGAWA, M.; MAIA, E.L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Varela, v.1, 430p. 1999.

OLAFSDOTTIR, G.; MARTINSDOTTIR, E.; OEHLENSCHLAGER, J.; DALGAARD, B.; JENSEN, B.; UNDERLAND, I.; MACKIE, I.M.; HENEHAN, G.; NIELSEN, J.; NILESEN, H.. Methods to evaluate fish freshness in research and industry, Review. **Trends in Food Science & Technology** vol. 8, 258-265. 1997.

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** 28(4): 655-663. 2005.

OZOGUL, Y.; OZOGUL, F.. The effects of slaughtering methods on the freshness quality of rainbow trout. **European Food Research and Technology**, 219(3):211-216. 2004.

PARRY, R. T.. **Envasado de los alimentos en atmósfera modificada**. Madrid (España): A Madrid Vicent, 1993, p.13-31.

PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R.. Pirarucu, Arapaima gigas. *In*: editor Baldisseroto, B. Gomes, L.C. **Espécies Nativas para a Piscicultura no Brasil**. UFSM Santa Maria, 37-66 p. 2005.

PEREZ-WON, M.; BARRAZA, M.; CORTES, F.; MADRID, D.; CORTES, P.; ROÇO, T.; OSÓRIO, F.; TABILO-MUNIZAGA, G. Textural characteristics of frozen blue squat lobster (*Cervimunida johni*) tails as measured by instrumental and sensory methods. **Journal of Food Process Engineering** 29(5):519-531. 2006.

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, p. 1723-1728, 1996.

PRENTICE, C.; SAINZ, R.. Desenvolvimento de um produto minimamente processado a base de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*). In: Anais Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 17, Fortaleza, 2000. **Resumos Fortaleza, SBCTA**, v.3, p.11.116.

PRENTICE, C.; SAINZ, R.. Cinética de deterioração apresentada por filés de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) embalados a vácuo sob diferentes condições de refrigeração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, 25 (1): 127-131, jan-mar 2005

QUEIROZ, H.L.R; SARDINHA, A.D.. A preservação e o uso sustentados dos pirarucus (*Arapaima gigas*, Osteoglossidae) em Mamirauá. In: **Estratégias para Manejo de Recursos Pesqueiros em Mamirauá** Helder L. Queiroz e William G.R Clayton (Eds). CNPq. Brasília, 1999.

SEPROR/SEPA. (Secretaria de Estado da Produção Rural do Estado do Amazonas) / (Secretaria Executiva Adjunta de Pesca e Aqüicultura). **Relatórios técnicos**. 2006.

SIKORSKI, Z.E. **Composición nutritiva de los principales grupos de organismos alimenticios marinos**. Tecnología de los productos del mar: recursos. Zaragoza: Acribia, 1990. p.41-72.

SIKORSKI, Z. E. **Tecnología de los Productos del Mar: Recursos, composición nutritive y conservación**. Zaragoza: Editorial ACRIBIA S.A.. 1994, 315 p..

SIMPSON, R., CAREVIC, E. Designing a modified atmosphere packaging system for foodservice portions on non-respiring foods: optimal gas mixture and food/headspace ratio. **Food service Research International**,(4), 257-272. .2004

SOCCOL, M.C.H.; OETTERER, M.; GALLO, C.R.; SPOTO, M.H.F.; BIATO, D.O. Effects of modified atmosphere and vacuum on the shelf life of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.8, n.1, p.7-15, 2005.

SORHEIM, O.; NISSEN, H. Current technology for modified atmosphere packaging of meat. Disponível em: [HTTP://www.foodsciencecentral.com](http://www.foodsciencecentral.com). 2009.

SOUSA, R. H. S., VAL, A. L. O gigante das águas doces. **Ciência Hoje** (Manaus), v. 11, n. 64, p. 9 – 13 1990.

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

TAVARES, M.; AUED. S.; BACETTI, L.B.; ZAMBONI, C.Q. **Métodos sensoriais, físicos e químicos para análise de pescado**. In: KAI, M.; RUIVO, U.E. Controle de Qualidade do Pescado. Santos: Leopoldianum. p. 117-133, 1988.

TORRIERI, E.; S. CAVELLA, S.; VILLANI, F.; MASI, P. Influence of modified atmosphere packaging on the chilled shelf life of gutted farmed bass (*Dicentrarchus labrax*). **Journal of Food Engineering** 77 1078–1086. 2006.

VAL, A.L.; HONCZARYK, A. **Criando Peixes na Amazônia**. Manaus: MCT/INPA. 1995, 160p.

VENTURIERI, R. E BERNARDINO, G. Pirarucu espécie ameaçada pode ser salva através do cultivo. **Panorama da Aqüicultura**, maio/junho, 13-21. 1999.

VILHELMSSON, O. The state of enzyme biotechnology in the fish processing industry: review. **Trends in Food Science & Technology**. Vol. 8, 265-269. 1997.

VERISSIMO, J. **A pesca na Amazônia**. Rio de Janeiro: Livraria Clássica Alves & Cia. 1895

WOLFE, S.K. Use of CO and CO₂ enriched atmospheres for meats, fish and produce. **Food Technology**, v.34, n.2, p.55-58, 1980.

**Avaliação da qualidade de filés de pirarucu (*Arapaima gigas*, CUVIER 1829)
refrigerados e embalados sob atmosfera modificada.**

**Artigo redigido conforme as normas da revista BRAZILIAN JOURNAL OF
FOOD TECHNOLOGY, disponíveis em: <http://www.ital.sp.gov.br/bj/html/bj.htm>**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE FILÉS DE PIRARUCU (*Arapaima gigas*,
CUVIER 1829) REFRIGERADOS E EMBALADOS SOB ATMOSFERA
MODIFICADA.**

**Marcondes Agostinho Gonzaga Junior^{1,2}, William Renzo Cortez-Vega¹ e Carlos
Prentice- Hernandez^{1,2}.**

¹ *Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, Cx. P. 474, 96201-900, Rio Grande, RS, Brasil. dqmprent@furg.br*

² *Estação Marinha de Aqüicultura, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Cx. P. 474, 96201-900, Rio Grande, RS, Brasil. jrgonzaga@bol.com.br*

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar o efeito sobre a embalagem em atmosfera modificada (EAM) em filés de pirarucu (*Arapaima gigas*). Foram utilizados espécimes provenientes de áreas de cultivo do Estado do Amazonas, da região de Manacapuru, Norte do Brasil, os quais foram beneficiados, eviscerados, filetados e acondicionados em sacos plásticos de alta densidade de etileno-álcool-vinílico – EVOH. As amostras foram submetidas a 6 tratamentos: A (Controle), 4 atmosferas contendo aproximadamente 0,5 L de ar: B (100 % CO₂); C (40% O₂ / 60% CO₂); D (50% O₂ / 50% CO₂), E (30% O₂ / 30% N₂ / 40% CO₂), e um F (a vácuo). As amostras embaladas foram mantidas sob refrigeração, na faixa de 2 ± 1°C, submetidas à análise nos tempos zero, 1, 7, 14, 21, 30,45 e 50 dias de armazenamento refrigerado em estufa climatizada. Foram realizadas análises físico-química da estabilidade lipídica (TBA), de textura (força de cisalhamento), de cor e microbiológicas. Observou-se que as amostras mantidas em aerobiose (controle) apresentaram um rápido aumento dos valores de N-BVT, com seu pico máximo no 50º dia de estocagem (67,59 mg N-BVT/100 g). A produção de N-BVT nos outros tratamentos manteve-se, durante o decorrer do período de armazenamento, em torno de 21 mg de N-BVT/100g. As amostras controle apresentaram aumento de pH, a partir do 30º dia de armazenamento, tendo seu valor máximo (6,98) no 50º dia. Os tratamentos com atmosferas modificadas mostraram comportamento de valores de pH ao longo do armazenamento semelhantes e próximos ao pH inicial (6,4). A maioria dos tratamentos ultrapassou o limite proposto pela legislação no 30º dia de estocagem (7 Log. de UFC/g). Durante o período de armazenamento não foi detectada a presença de Salmonela nem de E. coli. Os índices de TBA mantiveram-se abaixo de 1,5 mg MA/Kg, os padrões de cor oscilaram pouco e a textura (força de cisalhamento) variaram entre 2,39 e 6,88N. De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que a atmosfera B(100 % CO₂), se destacou das demais, apresentando um bom desempenho, estendendo o prazo de vida-útil por até 45 dias, sendo eficaz para manutenção dos parâmetros físico-químicos e de qualidade dentro dos limites de aceitabilidade propostos pela legislação vigente.

Palavras-chave: Pirarucu, Embalagem em atmosfera modificada, Vida-útil, qualidade, deterioração, gases.

Quality evaluation of Pirarucu (*Arapaima gigas*, Cuvier 1829) fillets refrigerated and packaging in modified atmosphere.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of modified atmosphere packaging (MAP) in pirarucu fillets (*Arapaima gigas*) from Manacapuru region, Amazonas, Brazil. The specimens used were acquired from fishfarm and were processed, gutted, turned into fillet and packed in plastic bags with high density of ethylene-vinyl alcohol – EVOH. The samples were submitted to 6 treatments: A (control), and four atmosphere conditions with 0.5 L of air; B – 100% of CO₂; C – 40% of O₂ and 60% of CO₂; D – 50% of O₂ and 50% of CO₂; E – 30% of O₂, 30% of N₂ and 40% of CO₂; and F – vacuum. The packaged samples were maintained under cooling in temperatures about to $2 \pm 1^{\circ}\text{C}$, and then the samples were submitted to analysis with eight different times of storage and cooling in an acclimated heater (zero, 1, 7, 14, 21, 30, 45 and 50 days). Physical-chemical analysis (TVB-N, pH) lipid stability (TBARS), texture (breaking strength), color and microbiology were examined. The samples stored under aerobic conditions (A) showed fast increase of N-BVT values, with a peak on day 50th of storage (67.59mg TVB-N/100g). The production of TVB-N in the others treatments kept up about 21mg TVB-N /100g throughout of storage time. The samples from treatment A (control) showed an increase of pH from the 30th day of storage getting its maximum value (6.98) on the 50th day. The others treatments demonstrated equal pH behavior, the values was near to initial pH value of the sample. The treatments exceeded the microbiological limit proposed by legislation on the 30th day of storage (7 Log de UFC/g). Throughout of the storage stage was not detected the occurrence of *Salmonella* e *E. coli*. . The TBA indexes remained below 1.5 mg MA / kg, the color patterns varied little and texture (shear force) ranged between 2.39 and 6.88 N. According to the results of this study, was concluded that the package B (100% CO₂), distinguished from the others treatments, showing a fine performance, increasing the deadline of lifetime up to 45 days. Therefore this time is effective to the physical-chemical parameters maintenance and the quality of the fish within the limits of acceptability proposed by legislation in vigor.

Key-words: Pirarucu, modified atmosphere packaging, MAP, shelf-life, deterioration quality, gases.

1. INTRODUÇÃO

O pirarucu (*Arapaima gigas*, CUVIER 1829), também conhecido como “bacalhau da Amazônia”, é um dos mais importantes recursos pesqueiros da região amazônica do Brasil. Existem registros de sua comercialização desde o início do século XIX (VERÍSSIMO, 1895) principalmente na forma de mantas salgadas e secas. Por todos esses anos vem sendo explorado pelos pescadores e ribeirinhos amazônicos.

Muito apreciado pelos amazonenses, o pirarucu foi, até 1970 aproximadamente, a espécie mais importante para o comércio do pescado da região, porém, devido ao grande esforço de pesca, os estoques sofreram redução (VAL e HONCZARYK, 1995).

Para o pirarucu, além da atenção para o manejo na natureza, algumas pesquisas estão sendo direcionadas para sua criação, que tem se mostrado promissora com alto potencial para piscicultura, descrito como uma espécie altamente rústica, tendo características zootécnicas de alta qualidade e que no primeiro ano de engorda pode alcançar até 10 kg. (IMBIRIBA, 2001; CAVERO, 2002; CAVERO *et. al.*, 2003).

Para a região amazônica algumas medidas de preservação foram testadas. No Estado do Amazonas, surgiram as Reservas de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá, no município de Tefé e a Reserva de Desenvolvimento Sustentável, no município de Fonte Boa. Nesses locais a pesca do pirarucu está sendo manejada no intuito dos estoques se recuperarem. A implantação de locais de reservas como a de Mamirauá, tem contribuído para o conhecimento da biologia e na exploração racional do pirarucu (QUEIROZ e SARDINHA, 1999).

A utilização racional da grande variedade de espécies de pescado encontradas nos rios e lagos que entrecortam a vasta bacia amazônica é um fator que confere a esta região uma importância estratégica, ligada ao dinamismo das atividades vinculadas a exploração dessa riqueza, aproveitando a vocação regional na exploração dos recursos pesqueiros, incorporando tecnologia e agregando valor aos produtos. Dentre estas espécies se destaca o pirarucu (SOUSA e VAL.,1990.; CAVEIRO *et al.*, 2003).

A vida útil dos alimentos perecíveis conservados em atmosfera normal é limitada principalmente pelo efeito do oxigênio atmosférico e pelo crescimento de microorganismos aeróbio produtores de alterações (OGAWA e MAIA, 1999). Cada um destes fatores, ou o conjunto deles resulta em alteração da cor, sabor, odor e na deterioração global da qualidade dos alimentos (SMITH *et. al.*, 1987). O

desenvolvimento de microrganismos deteriorantes leva à formação de produtos como trimetilamina, ácidos graxos de baixo peso molecular, formação de aldeídos e cetonas, quando as bactérias atuam sobre a gordura e formação de amônia, aminas, poliaminas e compostos sulfurados voláteis, devido à degradação de aminoácidos (TEODORO *et al.*, 2007).

Uma das formas de prevenir a decomposição e prolongar a vida-útil do pescado e seus produtos alimentícios é o uso de embalagens apropriadas para cada alimento. Seu papel é decisivo na segurança, na qualidade e na prevenção de perdas por deterioração. A embalagem em atmosfera modificada (EAM) atualmente é usada em um amplo ramo de alimentos frescos e refrigerados, incluindo carnes cruas e cozidas, pescado, pastas frescas, frutas e hortaliças (SIMPSON e CAREVIC, 2004).

Alguns trabalhos têm citado a utilização de pescado conservado sob refrigeração com uso de atmosferas modificadas, chamados de produtos minimamente processados à base de pescado (PASTORIZA *et al.*, 1998; LALITHA *et al.*, 2005; SOCCOL *et al.*, 2005; PRENTICE e SAINZ, 2005; TORRIERI *et al.*, 2006; TEODORO *et al.*, 2007;). Este sistema possibilita certo controle sobre as reações químicas, enzimáticas e microbiológicas (MADRID, 1997). Estas embalagens reduzirão a atividade enzimática do produto e a possibilidade de ocorrência de reações de oxidação. Além disto, inibem a ação de microrganismos anaeróbios, tais como o *Clostridium botulinum* (CHURCH e PARSONS, 1995). Porém, o mesmo só aparece em caso de abuso de temperatura ou de vida-útil prolongada. Se a temperatura do armazenamento e a vida-útil ficam restritas a $2\pm 1^{\circ}\text{C}$, o risco é mínimo. Tem sido proposto que os riscos associados com sistemas anaeróbios podem ser reduzidos pela inclusão de pequenas quantidades de oxigênio (PRENTICE e SAINZ, 2005).

Dessa forma, este trabalho objetivou a introdução da tecnologia para embalagem com atmosferas modificadas sob refrigeração em filés de pirarucu. Pelo fato de se entender que uma carne de sabor agradável, mas regional, poderia ser melhor aproveitada passando a agregar valor econômico maior ao atual e dando a cadeia produtiva melhores perspectivas, uma vez que o produto assim elaborado poderia ser exportado para outras regiões do Brasil e para outros países.

2. MATERIAL E MÉTODOS.

2.1-Obtenção da matéria-prima

Foram utilizados espécimes de pirarucu (*Arapaima gigas*) provenientes de piscicultura semi-intensiva (criatórios) do município de Manacapuru, localizado próximo à cidade de Manaus e do CPAQ – Coordenação de Pesquisas em Aqüicultura do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), no Estado do Amazonas, região norte do Brasil. Foram animais criados desde a fase juvenil com ração artificial seca e extrusada, específica para peixes carnívoros, com 40% de proteína, assim como suplementados com rejeitos da pesca. Os peixes foram capturados por meio de rede de arrasto e abatidos por hipotermia. Foram colocados diretamente em caixas de isopor, onde sofreram choque térmico, por meio da imersão dos animais em água acrescida de gelo (2 ± 1 °C). Após esse procedimento, os espécimes foram transportados para a Planta Piloto de Processamento de Pescado da Coordenação de Pesquisas em Tecnologia de Alimentos – CPTA do INPA, localizado na cidade de Manaus, Estado do Amazonas.

2.2-Preparação das amostras

O preparo das amostras iniciou-se com a lavagem do pescado inteiro. Posteriormente sofreu descabeçamento, evisceração, retirada de escamas, pele e couro, e imediatamente filetagem e lavagem utilizando soluções de 3% cloreto de sódio, para retirada de resíduos de sangue e impurezas e 0,3% hipoclorito de sódio, para reduzir a carga bacteriana residual. Finalmente foi feita nova lavagem por rápida imersão em solução de NaCl a 10%. Em seguida, as porções de filés foram acondicionadas em escorredores por 2 minutos para permitir a drenagem da solução de lavagem e pesados em balança automática da marca Filizola (aprox. 250g), colocados em bandejas com gelo e acondicionados em sacos de nylon-polietileno esterilizados. Estas operações foram conduzidas em mesa processadora de aço inoxidável com utensílios para apoio de plástico rígido e para corte, por operadores munidos de luvas, toucas, máscaras, avental e botas brancas. Os utensílios utilizados foram previamente autoclavados. Posteriormente, os filés foram acondicionados em caixa de isopor com gelo eutético (congelado por 72hs em freezer a -21 ± 2 ° C), na proporção de 20% do volume da caixa com gelo e 80% de filés pescado. Imediatamente os filés foram encaminhados (via

transporte aéreo e terrestre) ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Escola de Química e Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande, localizada na cidade de Rio Grande, Estado do Rio Grande do Sul.

2.3-Embalagem

No laboratório de tecnologia de alimentos (LTA-FURG) as porções de filés foram embalados individualmente e acondicionados em sacos plásticos de alta densidade de etileno-álcool-vinílico – EVOH a base de nylon- polietileno, de 5 camadas, denominados de coextrusão multicamadas. Antes da selagem, o ar foi removido automaticamente por meio de um sistema de retirada de ar (vácuo), e posteriormente foram injetadas diferentes misturas de gases naturais purificados, utilizando uma seladora automática, da marca TECMAQ, modelo AP - 450.

A embalagem dos filés foi realizada em duplicata conforme condições mostradas na Tabela 1. Utilizou-se a proporção 2:1 gás/pescado (250g/500 mL de gás) e submetidos à refrigeração, à temperatura de 2 ± 1 °C e armazenados em estufa climatizada.

Tabela 1. Composição das atmosferas utilizadas nas embalagens dos filés de pirarucu.

Atmosfera	% CO ₂	% O ₂	% N ₂	TOTAL (%)
A*	0,03	21	78	100
B	100	0	0	100
C	60	40	0	100
D	50	50	0	100
E	40	30	30	100
F**	0	0	0	0

* A (Controle); **F(Vácuo)

2.4-Composição proximal química

Para determinar a composição proximal química dos filés foram realizadas análises de umidade, lipídios, cinzas e proteínas.

A determinação da umidade foi realizada pelo método gravimétrico, através de perda de massa do material aquecido à 105° C em estufa, até massa constante, de acordo com a A.O.A. C (2000).

A determinação de lipídios foi realizada pelo método de Soxhlet, utilizando como solvente da gordura o éter de petróleo, conforme descrito pela A.O.A.C (2000).

A determinação de cinzas foi realizada pela queima em bico de Busen do material e em seguida incineração em mufla a 550° C, até apresentar cor cinza clara, ou branca, logo foi pesado até massa constante, de acordo com A.O.A.C (2000).

A determinação da proteína pelo método de Kjeldahl – pela medição do Nitrogênio Total (NT), descrito pela A.O.A.C (2000).

2.5–Caracterização dos produtos embalados

Todas as análises executadas a seguir foram realizadas nos tempos zero, 1, 7, 14,21, 30, 45 e 50 dias de armazenamento.

2.5.1-Análises físicas, físico-químicas e bioquímicas.

Para determinação de Bases voláteis totais (N-BVT), em mg de N/ 100 g de músculo, e da quantidade de ácido tiobarbitúrico (TBA), foi realizada a homogeneização de 50 gramas de amostra em 100 mL de TCA - ácido tricloroacético (7,5%) por um minuto, em um homogeneizador, seguida da obtenção do extrato a partir da filtração a vácuo do homogeneizado e seu posterior acondicionamento em balões volumétricos das quais foram subtraídas e pesadas às quantidades referentes a cada análise, baseados nos métodos da AOAC (2000). A determinação do N-BVT foi por meio de precipitação protéica com ácido tricloroacético e avaliação das bases voláteis nitrogenadas totais no TCA por extração, usando o método Micro Kjeldhal, conforme Jesus (1999). Para determinação do TBA, foi realizada a precipitação das proteínas associadas com lipídios e fosfolipídios e leitura em espectrofotômetro a 538 nm, utilizando-se um fator de conversão para transformar mg de malonaldeído por kg de alimento (SÃO PAULO, 1985).

A determinação do pH foi realizado de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (SÃO PAULO, 1985), pela leitura em potenciômetro, utilizando 50g do músculo do pirarucu homogeneizado em água destilada, na proporção 1:1

2.5.2-Textura

Para a determinação da textura dos filés adaptado conforme (SIGURGISLADOTTIR *et al.*, 1999) foi utilizado o analisador de Textura da marca SMS, modelo TA.XT plus, equipado com uma célula de carga de 10 kg. e com uma lâmina de corte tipo guilhotina, que opera a uma velocidade de 40 mm.s⁻¹ a uma distância de 25 mm. A textura da carne de pescado foi avaliada através da medida da resistência ao corte (força de cisalhamento). Os filés foram cortados em cubos, medindo aproximadamente 25x25x20 mm e estes cortados transversalmente à direção das fibras musculares. Obteve-se, assim, o parâmetro de força de quebra (cisalhamento) em Newton (N). A análise foi realizada em triplicata.

2.5.3-Cor

Para analisar a cor, os parâmetros L * (luminosidade), a * (vermelho), e b * (amarelo) foram medidos através de um colorímetro CR-400 Chroma Meter (Konica Minolta Instrument Systems) (MINOLTA, 2007). As porções dos filés de pirarucu, com aproximadamente 100 gramas, foram cortados em 3 partes, sendo escolhidos três pedaços (1, 2, e 3) dos diferentes pontos dos filés, conforme o esquema da Figura 1, para serem analisada individualmente, correspondendo às porções central, lateral e da ponta da porção do filé

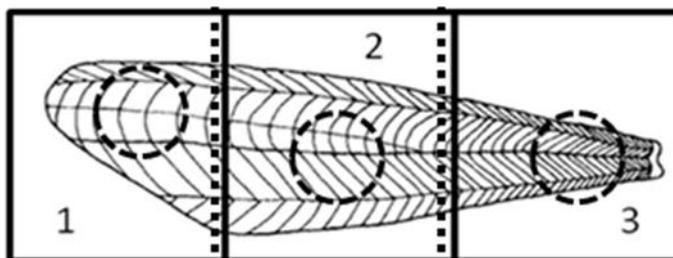


Figura 1. Esquema dos cortes (pontilhado) realizados nas porções dos filés de pirarucu analisados: (1) Porção anterior, (2) Porção média lateral e (3) Porção posterior.

2.5.4–Análise microbiológica.

Foram realizadas análises microbiológicas dos filés para *Staphylococcus* coagulase positiva, *Salmonela* (Detecção presuntiva), *Coliformes* termotolerantes

(através da técnica do NMP por grama de pescado), psicrofílos e mesófilos. Para isto, foram pesados $25 \pm 0,2$ g da amostra, adicionado em 225 ml de solução peptonada 0,1%, homogeneizados por aproximadamente 90 segundos em *Stomacher*, e realizadas as diluições correspondentes para cada análise e procedimento, segundo metodologia recomendada por Silva *et al.*, (1997).

2.6-Análise Estatística

O delineamento experimental adotado foi um fatorial $6 \times 8 \times 3$ em blocos casualizados, referentes a 6 tratamentos, 8 períodos de armazenamento e 3 blocos, onde se estudaram as variáveis, tratamentos, tempo de armazenamento e interação entre os fatores. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) através do programa STATISTICA 7.0. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade (ZAR, 1996).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Composição proximal química.

Os filés de pirarucu apresentaram a composição proximal química mostrada na Tabela 2.

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

Componente (%)	Este trabalho (2010)	Dias (1983)	Carvalho (1998)
Umidade	$77,36 \pm 0,35$	79,8	80,4
Proteína	$22,07 \pm 0,039$	18,3	18
Lipídios	$0,48 \pm 0,032$	0,2	0,4
Cinzas	$0,96 \pm 0,003$	1,7	0,7

Na natureza, a oferta e tipo de alimentos, além de outros fatores, determinam a composição química do pescado (HUSS, 1998), enquanto que em pescado cultivado, este será por causa dos componentes presentes na ração. A composição da carne do pirarucu analisada por Dias (1983) em exemplares selvagens apresentou valores médios de lipídios de 0,2% e cinzas de 1,69%, sendo diferentes do encontrado neste trabalho. A média da gordura no filé, que compreende a porção dorsal, segundo Carvalho (1998), foi de 0,4%. Neste estudo foram encontrados valores semelhantes, causados pela ação

dos lipídios da ração balanceada fornecida ao pirarucu. Portanto a dieta fornecida, com 40% de proteína bruta, refletiu diretamente a composição do tecido muscular.

Em estudos realizados por Jittinanda *et al.* (2006) com trutas alimentadas com ração enriquecida com vitamina E, se verificou o efeito desse composto no músculo do pescado, notando-se uma redução no teor de umidade e um aumento no teor de gordura dos filés congelados. Rora *et al.* (2005) mostraram as diferentes características da composição dos lipídios presentes no filé do salmão (*Salmo salar*), em função da dieta com diferentes tipos de óleo.

3.2 -pH

Os valores obtidos para pH dos filés de pirarucu EAM ao longo de 50 dias de armazenamento, são apresentados na Figura 2.

O aumento do pH é afetado pela espécie do pescado, tipo e carga microbiana, métodos de captura, manuseio e armazenamento (TEODORO *et al.*, 2007). Os valores de pH não foram afetados significativamente ($p > 0,05$) pelos tratamentos, apresentando-se estáveis, com pequenas variações. Porém, os mesmos foram afetados significativamente ($p < 0,05$) pelo período de armazenamento sendo que ao final, os tratamentos com elevadas quantidades de dióxido de carbono apresentaram menores valores de pH.

Na Figura 2 (ver Tabela 3 em anexos) pode-se observar que o pH da amostra controle (A) mostrou um aumento rápido, atingindo valores superiores a 6,5 já no 14º dia de armazenamento. Por volta do 30º dia de armazenamento o pH continuava a aumentar e tender à neutralidade (6,65), ressaltando que o pH máximo aceitável é $6,5 \pm 0,1$, segundo RIISPOA (BRASIL, 2002). Pôde-se verificar que os tratamentos B, C e D demoraram mais de 50 dias para superar este limite. Assim, pode-se afirmar que com relação ao pH, esses tratamentos apresentaram diferenças significativas em relação aos tratamentos (A), (E) e (F) apresentando os melhores resultados médios em torno de 6,3 durante o tempo de armazenamento, oscilando pouco em relação ao pH inicial da amostra.

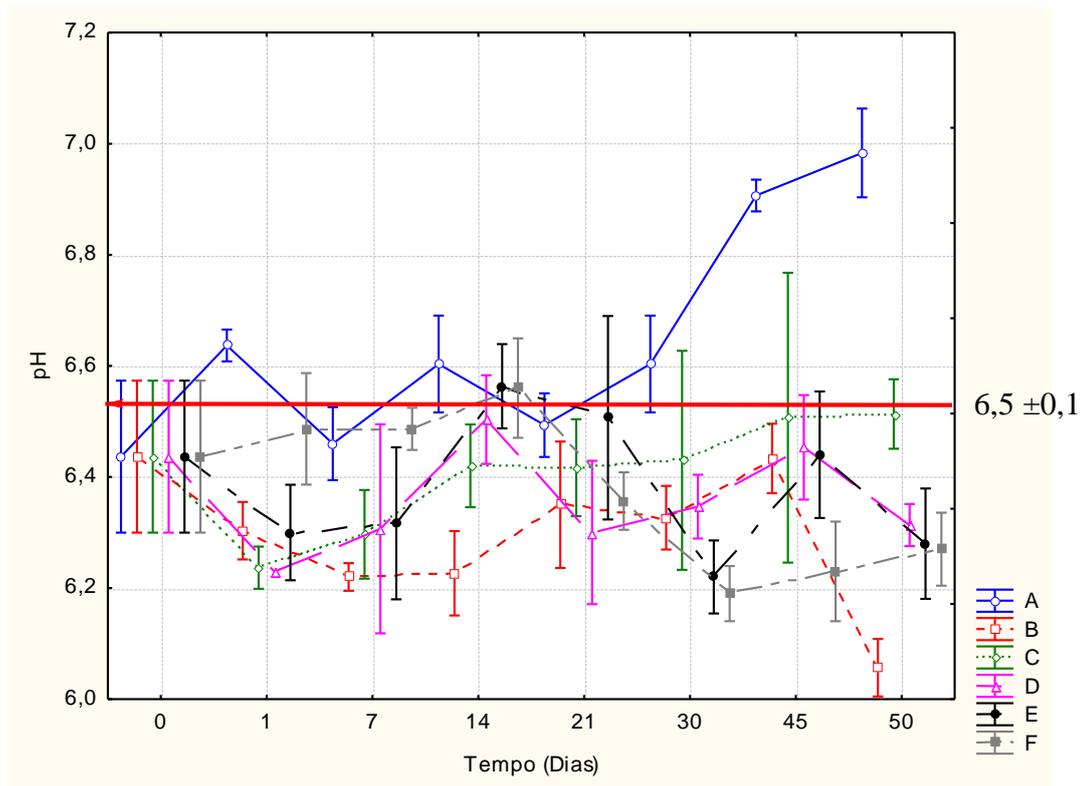


Figura 2. . Valores de pH em filés de pirarucu em EAM mantidos sob refrigeração a 2 ± 1 °C , onde: “A” (controle), “B” (100 % CO₂) “C” (40% O₂ / 60% CO₂), “D” (50% O₂ / 50% CO₂) “E” (30% O₂ / 30% N₂ / 40% CO₂), e “F” (à vácuo). A linha horizontal vermelha no gráfico representa o limite de aceitabilidade de pH $6,5 \pm 0,1$ pela legislação brasileira (BRASIL, 2002).

O pH do filé fresco foi 6,4, uma vez embalados em atmosfera modificada, o pH diminuiu para $6,25 \pm 0,05$, dependendo da composição da atmosfera de armazenamento. Somente a amostra controle (A) apresentou um aumento do pH para um valor de 6,64, possível consequência do acúmulo de substâncias básicas nos músculos do pescado (SIKORSKI, 1994), conforme observado por Dalgaard *et al.* (1993) durante a estocagem em atmosferas com baixa concentração de CO₂ houve um incremento dos valores de pH, mas nas atmosferas com altas concentrações de CO₂, o pH apresentou menor variação.

Resultados semelhantes foram relatados por Pastores *et al.* (1998) e Ruiz-Capillas e Moral (2001). De um ponto de vista prático, vale destacar que os tratamentos (C) e (D) apresentaram a menor variação do pH durante os 50 dias de armazenamento.

Analisando a Figura 2 observamos que até vigésimo primeiro dia de estocagem os tratamentos (E) e (F) apresentaram comportando semelhante, em seguida uma rápida queda atingindo um mínimo de 6,2 e 6,1 respectivamente, no 30º dia armazenamento, enquanto as outras amostras embaladas em atmosferas enriquecidas com CO₂ oscilavam

entre 6,3 e 6,4, próximos ao limite de aceitabilidade de 6,5 (BRASIL, 2002). Reddy *et al.* (1994) também observaram o decréscimo do pH de 6,2 para 6,0 em filés de tilápia embalados em EAM com 75% CO₂ e 25% N₂, depois de 30 dias de armazenamento sob refrigeração a 4 °C. Segundo, Loaiza (1996) a queda de pH no músculo do pescado pode ser devido ao desenvolvimento de bactérias lácticas e a presença de ácidos graxos livres, produzidos por microrganismos psicotróficos.

Mano *et al.*, (2000) relataram em seu estudo que as variações de pH foram menores nas atmosferas enriquecidas com CO₂, e que os aumentos dos valores atingiram 0,5 unidades de pH. De modo semelhante à carne de mamíferos e aves, qualquer produto alimentício procedente da água pode alterar-se por autólise, atividade bacteriana e/ou oxidação. A diferença básica consiste no fato de que o músculo do pescado é mais susceptível à deterioração do que a carne dos mamíferos, tendo em vista que o processo autolítico no pescado é mais rápido e sua reação menos ácida, havendo um favorecimento ao ataque bacteriano. (VIEIRA, 2003)

Já, Ordóñez *et al.* (2000) observaram no final do experimento o incremento de 0,7 unidades no valor de pH para atmosfera com 20% de CO₂ e 0,4 para 40% de CO₂. Os valores de pH não ultrapassaram 0,3 unidades de pH, como no presente estudo, mostrando a eficiência das EAM para estabilidade deste parâmetro. Entretanto, em outros trabalhos (DEBEVERE e BOSKOU, 1996; LOPES *et al.*, 2004), mesmo com o aumento dos valores de N-BVT, os valores de pH continuaram constantes, fato ocasionado pela difusão do CO₂ no tecido do pescado, gerando formação de ácido carbônico, que produz uma barreira contra o aumento do pH ocasionado pela produção de bases voláteis, resultando em uma estabilização deste parâmetro (LOPES *et al.*, 2004). Estes estudos e o presente trabalho, discordam dos resultados obtidos por Lalitha *et al.* (2005) que, ao estudarem Cromídeos verdes (*Etroplus suratensis*) embalados em atmosferas modificadas, não encontraram variação de pH entre as amostras em EAM e com o controle.

3.3 -Bases voláteis totais.

Os valores de (N-BVT) não foram afetados significativamente ($p>0,05$) pelos tratamentos, exceto o controle, mas pelo tempo de armazenamento ($p<0,05$), não ultrapassando o limite de 30 mg/100g (BRASIL, 2002) durante os 50 dias de

estocagem, exceto para o tratamento controle, dispostos na Figura 3 (ver Tabela 4 em anexos).

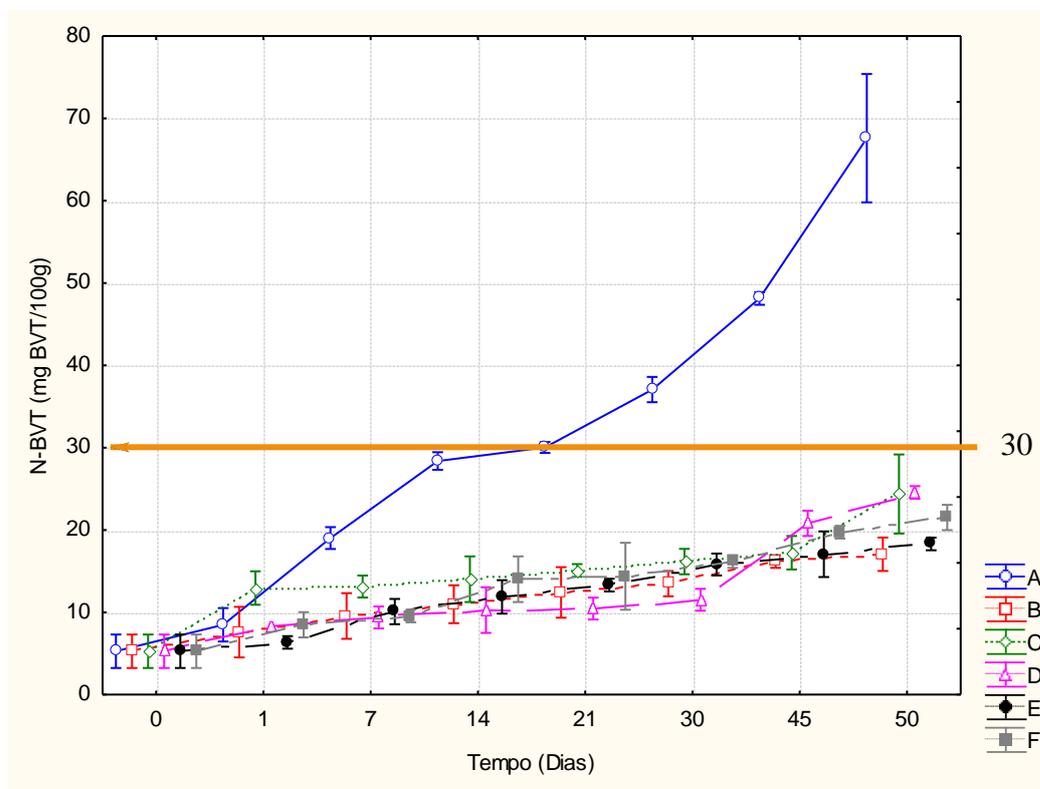


Figura 3. Valores de bases voláteis totais obtidos nas amostras de filés de pirarucu em EAM e mantidos sob refrigeração a 2 ± 1 °C , onde “A” (controle), “B” (100 % CO₂) “C” (40% O₂ / 60% CO₂), “D” (50% O₂ / 50% CO₂) “E” (30% O₂ / 30% N₂ / 40% CO₂), e “F” (à vácuo). A linha horizontal de cor laranja no gráfico representa o limite de aceitabilidade pela legislação brasileira, 30 (mg/100g) (BRASIL, 2002).

No presente estudo, as amostras mantiveram-se, com valores em torno de 15,5 mg N/100 g, não revelando picos mais expressivos, a não ser para o último período de armazenagem. Tais resultados podem comprovar a eficácia do CO₂ como inibidor do crescimento bacteriano, particularmente efetivo contra as bactérias aeróbias gram-negativas da decomposição como *Pseudomonas* e *S. putrefasciens* (PARRY, 1993). Pastoriza *et al.* (1998) comprovaram a eficácia da EAM, pois os valores de N-BVT das amostras de filés de merluza mantidos como controle foram 2 vezes superiores aos das amostras mantidas em atmosfera modificada. O mesmo fato foi observado por López-Gálvez *et al.* (1995) em filés de atum armazenados sob temperatura de refrigeração.

Uma análise da Figura 3 mostra que nas amostras controle (A) os teores de N-BVT foram significativamente mais elevados do que nas EAM, chegando a atingir 30 mg N/100g no 14º dia de armazenamento, atingindo o limite máximo permitido

(BRASIL, 2002). Entretanto, discorda dos resultados obtidos por Taliadourou *et al.* (2003) que, ao analisarem os teores de bases voláteis totais em robalo do Mediterrâneo (*Dicentrarchus labrax*) eviscerado armazenado em gelo, obtiveram valores dentro do limite aceito pela legislação internacional (30,0 mg N/100 g), no 13º dia de estocagem. Assim como dos resultados do trabalho de Grigorakis *et al.* (2003) que, estudando a preservação da dourada em aerobiose, encontraram, valores para N-BVT de 25 mg N/100 g. após 15 dias de estocagem em gelo.

Em experimentos sobre a qualidade da carpa-capim (*Ctenopharingodon idella*) armazenada em gelo, Scherer *et al.* (2005) mostraram que não houve diferença significativa no valor de N-BVT, não alcançando os 30 mg/100g durante 20 dias de estocagem. Concordando com este trabalho quanto ao valores não ultrapassarem o limite de 30 mg N/100g, por um período de 50 dias para as amostras em EAM. Gonzaga *et al.*, (2009) em estudos com (*Litopenaeus vannamei*) apresentaram valores de N-BVT abaixo de 22 mg N/100 g, durante os 15 dias de armazenamento para os tratamentos com 50% CO₂ e 100% CO₂. Özogul *et al.* (2004), testando o efeito da embalagem de atmosfera modificada a vácuo, sobre as mudanças químicas, sensoriais e microbiológicas em sardinhas mantidas a 4°C, determinaram que a vida comercial da sardinha em EAM foi de 12 dias, 9 dias no vácuo e 3 dias em ar. A formação de N-BVT cresceu com o decorrer do armazenamento. O valor do N-BVT foi de aproximadamente 15 mg/100 g de músculo para todas as formas de estocagem, como no presente estudo.

Em experimento com EAM, Lopes *et al.*, (2004) observaram em sardinhas, que todas as atmosferas estudadas atingiram valores de N -BVT de 30 mg N/100g, mesmo com contagens baixas de microrganismos, sugerindo-se que mesmo nos tratamentos onde houve inibição do crescimento microbiano, ocorreram alterações degradativas, provavelmente devido a processos autolíticos. Entretanto, trabalhos como o de Pastoriza *et al.* (1998), já afirmam o oposto, mostrando uma grande correlação entre contagem de microrganismos heterotróficos aeróbios mesófilos viáveis e N-BVT, tanto em pescado mantido em atmosfera normal de ar, quanto em EAM, fato não observado no presente trabalho em que o tratamento controle (A) e as demais atmosferas, com exceção do tratamento (B) se apresentavam impróprias após 30 dias de estocagem, considerando-se 10⁷ log. UFC/g como limite de aceitação, mas sendo que nenhuma EAM ultrapassou o limite proposto pela legislação brasileira para N- BVT, de 30 mg N/100g (BRASIL, 2002).

Confirmando o presenciado no trabalho em questão, ainda com a flutuação dos valores de N-BVT, pesquisa realizada por Chytiri *et.al.* (2004), com a truta (*Onchorhynchus mykiss*) procedente de piscicultura, armazenada em gelo, na forma inteira eviscerada e fileteada. Mostram que o N-BVT apresentou-se entre 18,11 a 26,06 para os filés, não servindo como indicador da qualidade durante armazenamento em gelo, mas, como indicador quando embalados em EAM enriquecidos com CO₂.

Outro fator observado no presente estudo, os tratamentos (D) e (F) não apresentaram elevações nos valores de N-BVT, mas suas contagens foram expressivas no 30º dia de armazenamento, ambas atingindo a faixa de 10⁸ log. de UFC/g. É possível e que o microrganismo presente nessas contagens não é *S. putrefasciens* nem mesmo *P. phosphoreum* que seria resistente a concentrações maiores de CO₂, e também um possível redutor do OTMA (EMBORG *et al.*, 2002). Provavelmente essa alta contagem seja de bactérias ácido-láticas, resultando no decréscimo da produção de TMA e conseqüentemente dos valores de N- BVT (SAWAYA *et al.*, 1995). Os dados deste experimento mostram que valores de N-BVT em EAM, pouco variaram, característica geralmente apresentada por peixes de água doce (HUIDOBRO *et al.*, 2001; ALBUQUERQUE *et.al.*, 2004; SCHERER *et al.*, 2005).

3.4 -Estabilidade lipídica

A Figura 4 (ver Tabela 5 em anexos) apresenta os dados da variação de TBA em porções de filés de pirarucu. Os valores de TBA foram afetados significativamente pelos tratamentos e pelo período de armazenamento (p<0,05). Durante o período de estocagem a oxidação aumentou pouco. Os tratamentos controle (A), C e D foram os que apresentaram os valores mais elevados de TBA no 50º dia de armazenamento (2,30; 1,17; e 1,07 mg MA/kg), respectivamente, sendo que os valores mais elevados de TBA encontrados nestes tratamentos, provavelmente ocorreram devido à oxidação dos ácidos graxos poliinsaturados, propiciadas pelas altas concentrações de O₂ nestas embalagens (MACHADO, 1994; AUBOURG, 1999). Segundo Osawa *et al.* (2005), os índices de TBA para EAM, se mantiverem entre 0,7 e 1,4 mg MA/kg, são considerados de qualidade aceitável.

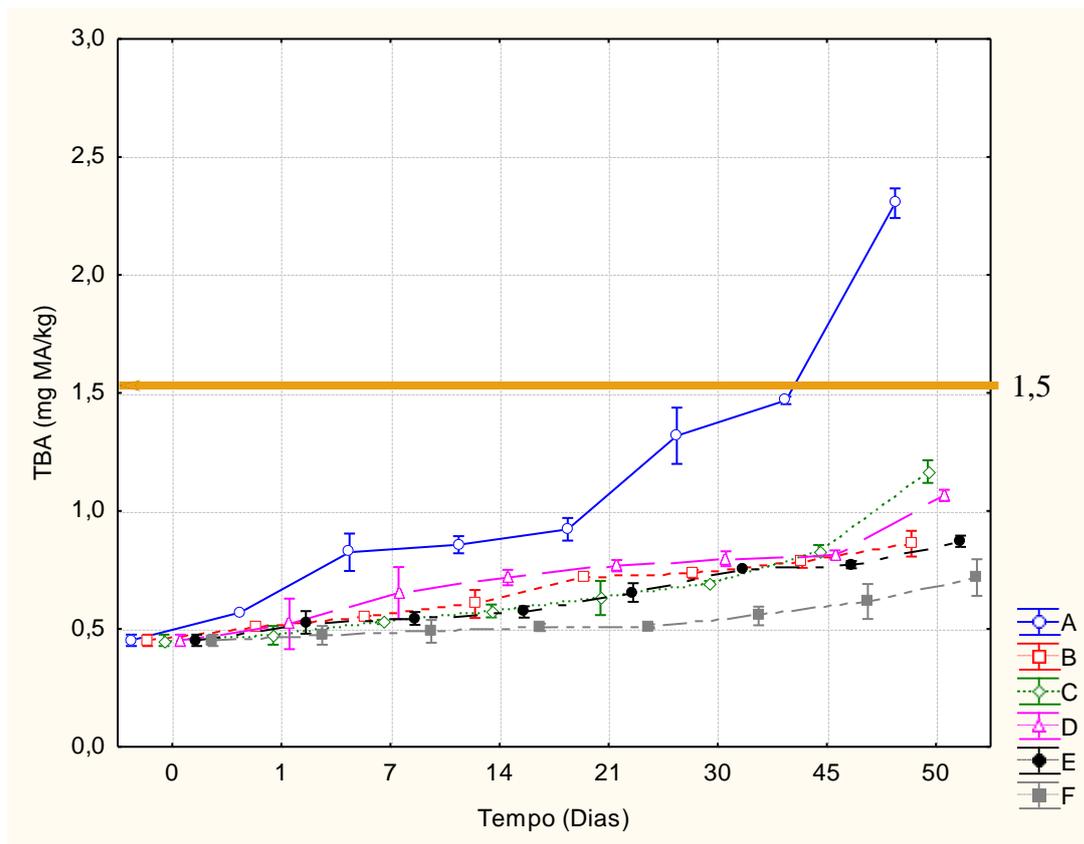


Figura 4. Valores de TBA obtidos nas amostras de filés de pirarucu embalados em EAM e mantidos sob refrigeração a 2 ± 1 °C, onde “A” (controle), “B” (100 % CO₂) “C” (40% O₂ / 60% CO₂), “D” (50% O₂ / 50% CO₂) “E” (30% O₂ / 30% N₂ / 40% CO₂), e “F” (à vácuo). A linha horizontal de cor laranja no gráfico representa o limite de aceitabilidade de 1,5 mg MA/Kg estabelecido por alguns autores (KE *et al.* 1984; AL-KAHTANI *et al.*, 1996; OSAWA *et al.* 2005)

A estabilidade lipídica para as embalagens apresentou pouca variação durante o período de armazenamento e com valores baixos ao se confrontar com trabalhos realizados por Cakli *et al.*, (2007), Grigorakis *et al.*, (2004) e próximos aos encontrados por Ozogul *et al.* (2005) ao analisar a qualidade da enguia europeia (*Anguilla anguilla*) armazenada em gelo, citando valores entre 0,7 e 0,8 mg N/Kg.

No tratamento a vácuo (F), os valores observados para TBA foram os mais baixos (0,72 mg MA/Kg), após 50 dias de armazenamento, quando comparado com os demais tratamentos, provavelmente isso tenha ocorrido devido à baixa concentração de O₂ presente neste tratamento, que retardou o processo oxidativo dos ácidos graxos poliinsaturados (AUBOURG *et al.*, 2005).

Ke *et al.* (1984), trabalhando com várias espécies de pescados gordos e magros, sugerem valores inferiores a 0,576 mg MA/Kg, como baixos, ou indicadores de nenhuma rancidez; entre 0,648 e 1,44 mg MA/Kg, como levemente rançoso, e valores

superiores a 1,51 mg MA/Kg, como rançoso e inaceitável, valores estes que estão de acordo com o presente estudo para as EAM.

Ruiz-Capillas e Moral (2001), trabalhando com merluza (*Merluccius merluccius*) eviscerada inteira submetida ao armazenamento 0 ± 1 °C durante 25 dias de estocagem, encontraram valores de TBA de 0,97 mg MA/Kg em atmosferas com 40% de CO₂, e de 2,2 mg MA/Kg em atmosferas com 60% de CO₂. No presente estudo utilizando atmosferas enriquecidas com CO₂ nas mesmas proporções, se observou valores de TBA de 0,87 mg MA/Kg no tratamento (E) e de 1,17 mg MA/Kg para o tratamento (C), prolongando a vida-útil do produto por até 50 dias, para este parâmetro.

O produto pode ser considerado em bom estado, quando os teores de TBA estão abaixo de 3,0 mg MA/kg, baixa oxidação (AL-KAHTANI *et al.*, 1996). A legislação brasileira não apresenta limite máximo de malonaldeído/Kg em produtos pesqueiros.

3.5 - Análises de Textura

Os resultados da análise da textura dos filés de pirarucu são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Força de cisalhamento em Newton (N) para filés de pirarucu embalados em EAM.

Tempo (dias)	Força de cisalhamento (N)					
	A	B	C	D	E	F
0	6,88 ± 0,51	6,88 ± 0,51	6,88 ± 0,51	6,88 ± 0,51	6,88 ± 0,51	6,88 ± 0,51
1	6,78 ± 0,61	6,30 ± 0,20	6,29 ± 0,15	6,38 ± 0,53	6,81 ± 0,89	6,78 ± 0,78
7	5,87 ± 1,60	5,92 ± 0,87	6,12 ± 0,31	6,20 ± 0,43	6,14 ± 0,23	6,12 ± 0,43
14	4,32 ± 0,25	4,64 ± 0,35	5,98 ± 0,28	5,95 ± 0,15	5,88 ± 0,69	5,25 ± 0,45
21	3,45 ± 0,26	4,16 ± 0,46	5,87 ± 0,17	5,72 ± 0,56	5,77 ± 0,21	4,80 ± 0,39
30	3,07 ± 0,14	3,58 ± 0,31	5,70 ± 0,20	5,45 ± 0,21	5,32 ± 0,17	4,44 ± 0,21
45	2,63 ± 0,12	3,21 ± 0,12	5,58 ± 0,46	5,24 ± 0,14	4,65 ± 0,32	4,02 ± 0,19
50	2,39 ± 0,05	2,74 ± 0,61	5,44 ± 0,06	5,08 ± 0,09	4,36 ± 0,05	3,60 ± 0,35

*Valores médios obtidos de 3 repetições expressos como média e desvio padrão. Onde “A” (controle), “B” (100 % CO₂) “C” (40% O₂ / 60% CO₂), “D” (50% O₂ / 50% CO₂) “E” (30% O₂ / 30% N₂ / 40% CO₂), e “F” (à vácuo).

Pesquisadores vêm procurando uma maneira de substituir o método sensorial subjetivo por métodos objetivos, principalmente na medida física da textura. Dessa forma, a análise instrumental da textura é utilizada no acompanhamento da deterioração do pescado a fim de empregá-lo como possível ferramenta de controle de qualidade em vista do processo de degradação das proteínas miofibrilares e do tecido conectivo (BARROSO *et al.*, 1998).

A análise dos dados mostrou que houve diferença significativa entre os tratamentos e os tempos de armazenamento ($p < 0,05$). Observou-se a partir do 7º dia de armazenamento, que os tratamentos A, B e F apresentaram diferenças significativas quando comparados aos outros tratamentos e tempos. Já os valores dos tratamentos (C), (D) e (E) pouco variaram em relação a textura inicial ao longo do tempo.

Na Figura 5 podemos observar as curvas para textura (força de cisalhamento) dos filés de pirarucu analisados em diferentes atmosferas. A força cisalhamento foi diminuindo para todos os tratamentos com o tempo de armazenamento, no entanto, a diminuição foi maior para os tratamentos com a maior concentração de CO₂ (B), para a amostra a vácuo (F) e controle (A). Fernández *et. al.*, (2009) estudando o efeito combinado das EAM mais aditivos, estimaram que a vida-útil do salmão (*Salmo salar*) foi de 27 dias considerando-se a textura do filé como parâmetro. Nenhuma relação foi encontrada entre as concentrações de CO₂, sendo que o observado no presente trabalho elevou de 21 para 50 dias para o mesmo tipo de produto. Os melhores resultados foram para os tratamentos (D) e (C).

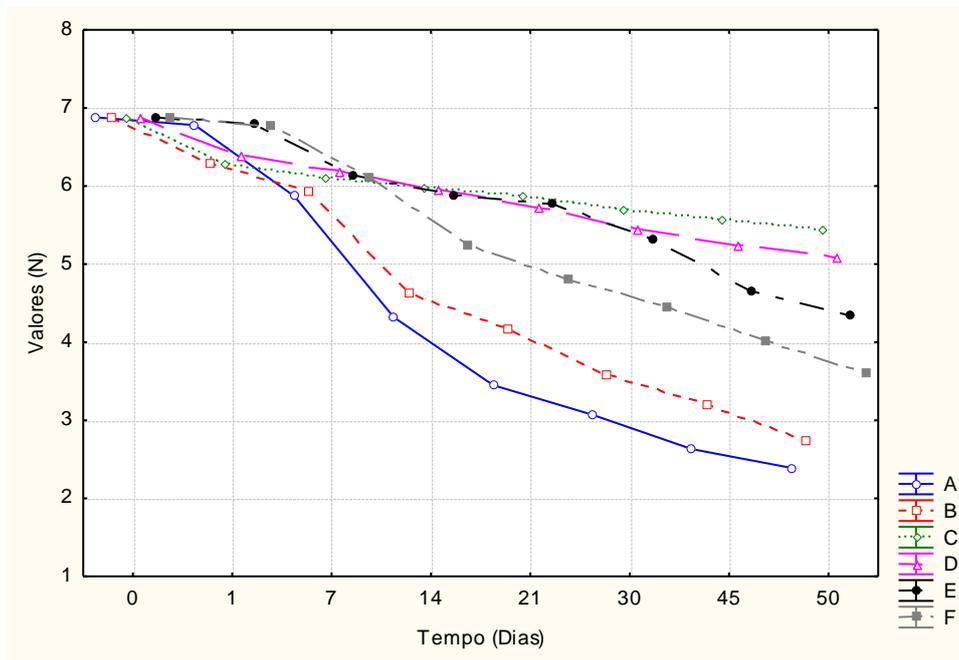


Figura 5. Valores de textura (força de cisalhamento) em filés de pirarucu embalados em EAM mantidos sob refrigeração a 2 ± 1 °C ao longo do tempo, expressos em Newton (N). Onde, “A” (controle), “B” (100 % CO₂) “C” (40% O₂ / 60% CO₂), “D” (50% O₂ / 50% CO₂) “E” (30% O₂ / 30% N₂ / 40% CO₂), e “F” (à vácuo).

Segundo Casas *et al.*, (2006), dois pontos a considerar são a região do corpo onde a amostra é retirada e o método para análise, estudando a textura no salmão (*Salmo salar*) submetendo-o ao método de sonda cilíndrica, sonda esférica e lâmina de corte, encontraram que a região da cauda é mais firme do que as demais partes do filé e o método da compressão/penetração o mais apropriado para mostrar as diferenças entre os locais de aplicação da análise de textura.

Os valores encontrados para força de cisalhamento se encontram entre 6,88 e 2,39 N resultados que concordam com Jonsson *et.al.* (2001) que avaliaram a textura do salmão mantido em gelo, com diferentes métodos. Os valores encontrados por estes autores foram em torno de 6 N, mostrando relação com os resultados obtidos no presente trabalho.

As alterações na textura do pescado, como observados no controle (A), que teve uma variação de 4,49 N durante os dias de armazenamento, relacionam – se com as análises de TBA. Segundo Bak *et al.* (1999) é muito forte a correlação entre o enrijecimento da carne e a oxidação lipídica, indicando que o principal caminho do processo é a interação das proteínas com os produtos da oxidação lipídica.

3.5 -Análise de cor

Na Tabela 7 estão apresentados os valores para os parâmetros de L* (luminosidade, escala de 0-100 de preto para branco); croma a* variações de verde ou vermelho e croma b *, padrões amarelo ou azul. (SCHUBRING, 2002).

Observado os valores para cor dos filés de pirarucu, a luminosidade aumentou em todos os tratamentos, à exceção do tratamento (D) que apresentou um escurecimento mais acentuado que em todos os outros tratamentos, devido as altas concentrações de oxigênio 50% (TORRIERI *et. al.*, 2006).

Tabela 7. Valores de Luminosidade (L*), cromas a* e cromas b* obtidos através da análise de cor em aparelho calorímetro para filés de pirarucu, em EAM.

Luminosidade (L*)						
Tempo (Dias)	A	B	C	D	E	F
0	52,09 ± 0,73	52,09 ± 0,73	52,09 ± 0,73	52,09 ± 0,73	52,09 ± 0,73	52,09 ± 0,73
1	53,06 ± 1,23	53,37 ± 0,47	55,2 ± 1,35	51,38 ± 0,52	53,42 ± 0,31	54,23 ± 0,72
7	53,35 ± 0,87	53,58 ± 0,29	56,18 ± 0,71	50,21 ± 0,47	51,64 ± 0,49	55,12 ± 0,63
14	54,78 ± 0,44	54,42 ± 0,63	58,7 ± 0,35	49,03 ± 0,34	56,59 ± 0,72	56,16 ± 0,44
21	55,04 ± 1,21	54,80 ± 0,39	60,37 ± 1,16	47,47 ± 0,76	56,70 ± 0,89	57,56 ± 0,23
30	55,92 ± 0,62	54,49 ± 0,33	61,44 ± 0,91	46,97 ± 0,56	56,92 ± 0,44	58,08 ± 0,51
45	56,64 ± 0,21	54,18 ± 0,14	62,51 ± 0,68	46,40 ± 0,45	57,14 ± 0,84	58,61 ± 0,71
50	57,44 ± 0,11	53,87 ± 0,35	63,59 ± 1,87	45,97 ± 0,61	57,36 ± 0,45	59,12 ± 1,13

Croma a*						
Tempo (Dias)	A	B	C	D	E	F
0	0,69 ± 0,17	0,69 ± 0,17	0,69 ± 0,17	0,69 ± 0,17	0,69 ± 0,17	0,69 ± 0,17
1	2,69 ± 0,67	0,53 ± 0,01	0,44 ± 0,12	1,42 ± 0,03	1,67 ± 0,12	0,33 ± 0,16
7	3,20 ± 0,32	0,24 ± 0,12	0,15 ± 0,09	0,77 ± 0,22	0,57 ± 0,16	0,19 ± 0,03
14	3,70 ± 0,76	-0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,02	0,63 ± 0,21	0,33 ± 0,03	0,94 ± 0,23
21	2,52 ± 0,25	-0,32 ± 0,11	-0,13 ± 0,07	0,03 ± 0,02	-0,37 ± 0,14	0,92 ± 0,41
30	3,14 ± 0,94	-0,43 ± 0,08	-0,40 ± 0,11	-0,15 ± 0,08	-0,48 ± 0,21	1,17 ± 0,55
45	3,76 ± 1,17	-0,56 ± 0,15	-0,67 ± 0,20	-0,24 ± 0,14	-0,57 ± 0,43	1,42 ± 0,63
50	4,36 ± 1,31	-0,67 ± 0,07	-0,95 ± 0,35	-0,32 ± 0,17	-0,69 ± 0,22	1,67 ± 0,67

Croma b*						
Tempo (Dias)	A	B	C	D	E	F
0	1,05 ± 0,39	1,05 ± 0,39	1,05 ± 0,39	1,05 ± 0,39	1,05 ± 0,39	1,05 ± 0,39
1	1,52 ± 0,89	1,6 ± 0,68	1,08 ± 0,23	0,80 ± 0,11	1,17 ± 0,13	1,46 ± 0,15
7	1,97 ± 0,69	1,72 ± 0,54	1,75 ± 0,51	0,11 ± 0,02	1,46 ± 0,09	1,79 ± 0,26
14	2,63 ± 0,50	1,82 ± 0,45	2,33 ± 0,67	-0,48 ± 0,16	1,81 ± 0,27	1,96 ± 0,58
21	3,14 ± 0,43	1,97 ± 0,16	2,70 ± 0,19	-0,93 ± 0,36	2,44 ± 0,32	2,23 ± 0,17
30	3,76 ± 0,61	2,02 ± 0,03	2,94 ± 0,12	-1,08 ± 0,09	2,58 ± 0,27	2,42 ± 0,33
45	4,33 ± 0,89	2,08 ± 0,13	3,19 ± 0,16	-1,22 ± 0,21	2,70 ± 0,19	2,61 ± 0,19
50	4,99 ± 0,17	2,12 ± 0,02	3,44 ± 0,66	-1,39 ± 0,14	2,87 ± 0,59	2,81 ± 0,81

*Valores médios obtidos de 3 repetições expressos como média e desvio padrão. Onde, “A” (controle), “B” (100 % CO₂) “C” (40% O₂ / 60% CO₂), “D” (50% O₂ / 50% CO₂) “E” (30% O₂ / 30% N₂ / 40% CO₂), e “F” (à vácuo).

Em particular, o parâmetro a* (vermelho) diminuiu durante o armazenamento quando foram utilizadas embalagens dos tratamentos B, C, D e E. Foi observado nas amostras embaladas a vácuo e sem tratamento um escurecimento do tom vermelho. Torreei *et. al.* (2006) mostraram resultados colorimétricos parecidos. Os tratamentos com maiores concentrações de CO₂, no estudo da influência da EAM na vida-útil do robalo (*Dicentrarchus labrax*), os parâmetros a* diminuíram e os valores do parâmetro b* aumentaram durante o tempo de armazenamento. No presente trabalho, para a

amostra controle (A), aumentaram as variações para o tom amarelo esverdeado, apresentando aparência de produto em deterioração. Para o tratamento (C) o parâmetro L^* e a tonalidade vermelha se mostraram com melhor aparência, em função do N_2 . Já o tratamento (B), apresentou a melhor tonalidade de brancura quando associado aos outros parâmetros. Poli *et al.*, (2006), analisando variações da qualidade e vida-útil de filés de robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*), embalados com (40% de $CO_2/60\% N_2$), apresentaram maiores valores de L^* , no início e no final do período de armazenamento em comparação com as amostras embaladas em ar atmosférico, que por sua vez apresentaram maior vermelhidão e tons amarelados (a^* e b^*), como nas EAM do estudo em questão, com exceção da atmosfera (D).

As alterações de cor e pH também foram avaliados por Silva e White (1994), em filés de catch (*Itacurus punctatus*) armazenados sob atmosferas com (25% de CO_2) e (80% de CO_2) e em ar atmosférico a 2 e 8 °C, durante 4 semanas. Os autores observaram que o pH decresceu, no tratamento com 80% de CO_2 , *Clostridium botulinum* não foi encontrado em nenhum dos tratamentos, temperatura e período de armazenamento. O melhor tratamento foi o que recebeu 80% de CO_2 e armazenamento a 2°C.

3.6 -Análises microbiológicas

Nas Figuras 6 e 7 são apresentadas as curvas de crescimento microbiológico de microorganismos psicrófilos e mesófilos respectivamente de filés de pirarucu refrigerados e embalados em atmosfera modificada gasosa ao longo do tempo. Na Figura 6, que apresenta os resultados do crescimento de psicrófilos se pode afirmar que os tratamentos B, C e D, foram os tratamentos que mostraram menor contagem inicial de microorganismos e também apresentaram maior tempo de vida-útil quando analisados com outros parâmetros de qualidade.

O número de bactérias mesófilas/psicrófilas no estágio limite de aceitabilidade, no 21º dia, esteve próximo de 10^6 log. ufc/g, valor semelhante ao trabalho realizado por Baixas-Nogueras *et al.* (2003), que encontraram, no limite de tempo para aceitabilidade do “hake”, o valor de 10^6 log. ufc/g.

Devido à pequena quantidade inicial de microorganismos psicrófilos em pescado tropical, sua deterioração ocorre de forma mais lenta do que em pescado de água fria; conseqüentemente estas espécies suportam maior tempo de armazenamento, o processo

de degradação ocorre mais pela ação das enzimas proteolíticas do músculo do que pelas enzimas de origem bacteriana (VIEIRA, 2003).

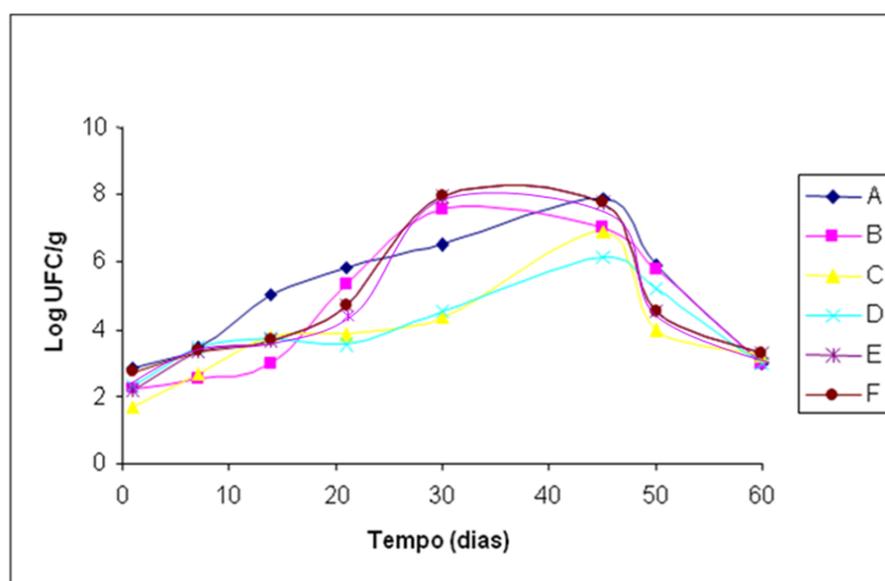


Figura 6. Representação gráfica dos valores médios dos logaritmos das contagens de psicrófilos nas amostras de filés de pirarucu em EAM. Onde: “A” (Controle), “B” (100 % CO₂) “C” (40% O₂ / 60% CO₂), “D” (50% O₂ / 50% CO₂) “E” (30% O₂ / 30% N₂ / 40% CO₂), e “F” (à vácuo).

Grigorakis *et al.*, (2004) encontraram que o limite de aceitabilidade na contagem total de bactérias foi de 10^5 log. ufc/g, para o *Dicentrarchus labrax*, em 15 dias armazenamento em gelo, na contagem das bactérias mesófilas e psicrotrófilas, valores que se equiparam com os apresentados para os dias de armazenamento, mas com um abuso maior de temperatura, onde todos os tratamentos, inclusive o controle atingiram contagem menores em 21 dias, sendo que o tratamento B, C e D, apresentaram contagem inferior ao limite adotado de 10^7 log. ufc/g, para os 50 dias de armazenamento.

Sivertsvik (2007) e Sivertsvik *et. al.* (2003) relataram que, para o aumento de vida útil, deve-se considerar a mistura de gases apropriada, o volume do gás ao produto (g/p) e o controle das temperaturas do processo. Rotabakk *et. al.* (2008) afirma que a quantidade de CO₂ dissolvida no produto e a temperatura de armazenamento são os fatores mais críticos em análises microbiológicas.

Já o crescimento de mesófilos, mostrado na Figura 7, foi acentuado em todos os tratamentos. Sendo que o tratamento (B), que apresentou os melhores padrões de qualidade quando comparados com outros parâmetros, após o 7º dia de armazenamento,

descreveu uma trajetória bem similar à observada nas outras atmosferas, porém atingindo valores um pouco mais discretos, alcançou 10^7 UFC/g no 30º dia de armazenamento.

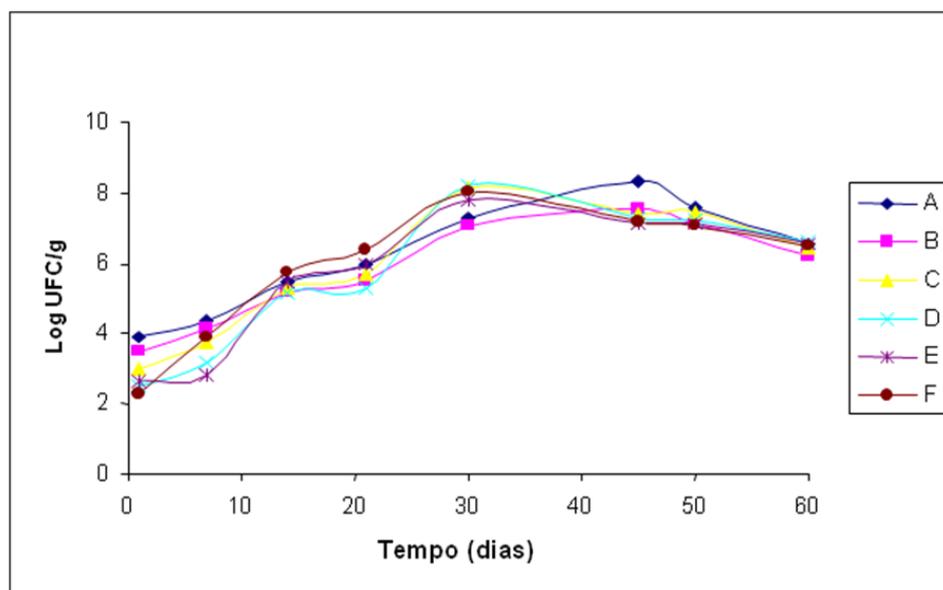


Figura 7. Representação gráfica dos valores médios dos logaritmos das contagens de mesófilos nas amostras de filés de pirarucu em EAM. Onde, “A” (Controle), “B” (100 % CO_2) “C” (40% O_2 / 60% CO_2), “D” (50% O_2 / 50% CO_2) “E” (30% O_2 / 30% N_2 / 40% CO_2), e “F” (à vácuo).

As demais atmosferas sofreram aumentos significativos de suas respectivas contagens, todas elas ultrapassando o limite de 10^7 UFC/g, adotada como limite máximo de aceitação nesse estudo (SERNAPESCA, 2003), em 30 dias de armazenamento, apresentando valores mais elevados de N-BVT. Sustentando esta afirmação, está o fato de que quando a contagem atingiu valores próximos a 10^7 , valor tido como mínimo para início da conversão do OTMA a TMA por microrganismos mesófilos (HUSS, 1997), os valores de N-BVT aumentaram rapidamente

Esse comportamento vai de encontro com outros trabalhos (ÖZOGUL *et al.*, 2000; ÖZOGUL e ÖZOGUL., 2004) onde os resultados encontrados para contagem de mesófilos em EAM contendo 60% CO_2 , demonstraram a fase logarítmica da curva de crescimento aparentemente estendida. Ozogul, *et.al.*, (2004) descrevem em seus resultados que as bactérias cresceram mais rápido na sardinha estocada em ar, e as menores contagens foram registradas em EAM.

Em pesquisa analisando filés de bacalhau mantido a 0-1^oC durante 14 dias, Cardenas Bolnilla *et al.* (2007) verificaram que a contagem total do pescado iniciou com 10⁵ UFC/g e, no final do experimento o numero foi de 10⁹ UFC/g, valores inferiores foram encontrado por esta pesquisa em todos os tratamentos.

Poli *et al.* (2006) ao estudarem as alterações microbiológicas em robalo (*Dicentrarchus labrax*) em EAM, encontraram altos indícios de desenvolvimento bacteriano nos primeiros dias de estocagem em aerobiose, alcançando valores acima de 10⁶ log. UFC/g no 5^o dia de estocagem em ar e no 8^o em EAM. Valores que discordam dos resultados obtidos por Taliadourou *et al.* (2003) que, analisando o robalo inteiro e armazenado em gelo, obtiveram contagens de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas acima do limite máximo de aceitabilidade (10⁷ log. UFC/g) somente no 15^o dia de estocagem. No presente estudo o incremento na vida útil foi de mais de 50%, para o tratamento (B). Tais resultados foram similares aos obtidos por Soccol *et al.* (2005) que compararam o efeito da EAM na conservação de filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e concluíram que o vácuo obteve melhor desempenho em relação ao ar, no entanto foi inferior, se comparado às atmosferas enriquecidas com dióxido de carbono CO₂.

Não foi detectada presença de *Salmonella* spp. (apresentou ausência em 25 g) em nenhum dos tratamentos. Já para *Staphylococcus* coagulase positiva e coliformes o resultado foi menor do que 3 UFC/g em todos os tratamentos e tempos de armazenamento, de acordo com Compêndio de Normas e Padrões para Alimentos (BRASIL, 2002).

4. CONCLUSÃO

A embalagem em atmosfera modificada foi eficaz para manutenção dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos dentro dos limites de aceitabilidade propostos pela legislação vigente.

As amostras mantidas em EAM, apresentaram o tempo de vida útil estendido, quando comparado com o controle em aerobiose, e ainda, concentrações maiores de CO₂, proporcionaram maior tempo de vida-útil. Dentre as misturas contendo oxigênio a EAM com 60% de CO₂ tratamento (C) se destacou das demais, apresentando maior eficiência desempenho na preservação dos filés.

A embalagem a vácuo, embora com desempenho inferior às compostas por gases industriais, mostrou ser uma alternativa viável em prolongar a vida comercial dos filés de pirarucu fresco a um custo menor.

Os melhores resultados foram os apresentados no tratamento B (100% de CO₂), que se mostrou como o mais eficiente nas contagens microbiológicas da ordem de 10⁷ log. UFC/g, adotada como limite máximo de aceitação nesse estudo, que só foi observado no 45º dia de estocagem. Os valores de N- BVT (17,05 mg BVT/100g) e pH (6,10), estiveram de acordo com a legislação brasileira; não ocorreu a deterioração ao final do período de armazenamento, estando os valores de TBA (0,86 mg) sob o limite ideal. A textura mesmo inferior aos outros tratamentos se manteve rígida e os parâmetros de cor variaram pouco em relação a tonalidade inicial. Com base nos resultados, a EAM (B) prolongou a vida- útil dos filés de pirarucu de 14 para 45 dias, dando um incremento em mais de 100%.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pela concessão da bolsa de pesquisa; ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA e aos piscicultores do estado do Amazonas pela doação da matéria-prima.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, W.F; ZAPATA, J.F; ALMEIDA, RS. Estado de frescor, textura e composição muscular da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) abatida com dióxido de carbono e armazenada em gelo. **Revista Ciência Agronômica** Vol. 35(Número Especial): 264 – 271, 2004.

AL-KAHTANI, H.A; ABU-TARBOUSH, H.M; BAJABER, A.S. Chemical changes after irradiation and post-irradiation storage in tilapia and Spanish mackerel. **Journal of Food Science**, v.61, n.4, p.729-733, 1996.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 2000. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.**

AUBOURG, S.P. Lipid damage detection during the frozen storage of an underutilized fish species. **Food Research International** 32(7):497-502. 1999.

AUBOURG, S.R, RODRIGUEZ A, GALLARDO J.M..Rancidity development during frozen storage of mackerel (*Scomber scombrus*): effect of catching season and commercial presentation. **European Journal of Lipid Science and Technology** 107(5):316-323. 2005.

BAIXAS-NOGUERAS, S; BOVER-CID, S; VECIANA-NOGUES, T; NUNES, M.L; VIDAL-CAROU, MC. Development of a quality index method to evaluate freshness in Mediterranean hake (*Merluccius merluccius*). **Journal of Food Science** 68(3):1067-1071, 2003.

BARROSO, M; CARECHE, M; BARRIOS, L.; BORDERIAS, A.J.. Frozen hake fillets quality as related to texture and viscosity by mechanical methods. **Journal of Food Science** 63(5):793-796, 1998.

BAK, L.S.; ANDERSEN, A.B.; ANDERSEN, E.M.; BERTELSEN, G. Effect of modified atmosphere packaging on oxidative changes in frozen cold water shrimp (*Pandalus borealis*). **Food Chemistry**, v.64, n.2, p.169-175, 1999.

BRASIL. 2002. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal-RIISPOA. **Pescados e derivados**, Cap.7, seção 1. Brasília.

CAKLI, S; KILINC, B; CADUN, A; DINCER, T; TOLASA, S.. Quality differences of whole ungutted sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) while stored in ice. **Food Control** 18(5):391-397, 2007.

CARDENAS BONILLA, A; SVEINSDOTTIR, K; MARTINSDOTTIR, E. Development of Quality Index Method (QIM) scheme for fresh cod (*Gadus morhua*) fillets and application in shelf life study. **Food Control** 18(4):352-358, 2007..

CASAS, C.; MARTINEZ, O.; GUILLEN, M.D.; PIN, C.; SALMERON, J.. Textural properties of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) at three points along the fillet, determined by different methods. **Food Control** 17(7):511-515, 2006.

CARVALHO M.A.F. **Produção de defumado a frio de filé de pirarucu *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829), em forno mecânico Fischer**. 1998. Dissertação (mestrado). Manaus: UFAM. 93 p.

CAVERO, B. A. S. **Densidade de estocagem de juvenis de pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) em tanques- rede de pequeno volume**. 2002. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Fundação Universidade do Amazonas, Manaus.

[CAVERO, B. A .S.](#); [PEREIRA-FILHO, M.](#); [ROUBACH, R](#) .. Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento de juvenis de pirarucu em ambiente confinado. **Pesquisa agropecuaria brasileira.**, jan., vol.38, no.1, p.103-107, 2003.

CHURCH, I.J.; PARSONS, A.L.. Modified Atmosphere Packaging Technology: A Review. **Journal of Science and Food Agricultural**, v. 67, p. 143-152. 1995

CHYTIRI, S.; CHOULIARA, I.; SAVVAIDIS, I.N.; KONTOMINAS, M.G.. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. **Food Microbiology** 21(2):157-165, 2004.

DALGAARD, P.; GRAM, L.; HUSS, H. H. Spoilage and shelf-life of cod fillets packed in vacuum or modified atmospheres. **International Journal of Food Microbiology**, v. 19, n. 4, p. 283-294, 1993.

DEVEBERE, J; BOSKOU, G. Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA- producing microflora of cod fillets. **International Journal of Food Microbiology**, v. 31, n. 1-3, p. 221-229, 1996.

DIAS, A. F. **Salga e secagem do pirarucu, *Arapaima gigas* (CUVIER, 1929) com a aplicação de coletores solares.** .1983. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior). INPA, Manaus, AM, 133p.

EMBORG, J. et al. Microbial spoilage and formation of biogenic amines in fresh and thawed modified atmosphere-packed salmon (*Salmo salar*) at 2 °C. **Journal of Applied Microbiology**, v. 92, n. 4, p. 790-799, 2002.

FERNÁNDEZ K.; ASPE, E., ROECKEL M. Shelf-life extension on fillets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) using natural additives, super chilling and modified atmosphere packaging. **Food Control**, vol. 20, pag.1036–1042. 2009

GONZAGA, M. A. J. CORTEZ-VEGA, W R.FROÉS, C. N. PRENTICE, C. H..Efeito da embalagem em atmosfera modificada na qualidade do camarão branco (*litopenaeus vannamei*) proveniente de cultivo em meio heterotrófico. In: **XVI Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca**. Pág. 688 -694, Outubro 2009. Natal/RN/Brazil..

GRIGORAKIS, K.; TAYLOR, K. D. A.; ALEXIS, M. N. Seasonal patterns so spoilage of ice-storage cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*). **Food Chemistry**, v. 81, n. 2, p.263-268. 2003

GRIGORAKIS, K; ALEXIS, M; GIALAMAS, I; NIKOLOPOULOU, D.. Sensory, microbiological, and chemical spoilage of cultured common sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice: A seasonal differentiation. **European Food Research and Technology** 219(6):584-587. 2004.

HUIDOBRO, A.; MENDES, R.; NUNES, M. L. Slaughtering of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) in liquid ice: influence on fish quality. **European Food Research Technology**, Berlin, v.213, p.267-272., 2001.

HUSS, H.H.. **Asseguramiento de la calidad de los products pesquero.** FAO Doc. Tec. Pesca 334, 1997. 174p.

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

IMBIRIBA, E.P.. Potencial de criação do pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. **Acta Amazônica**, 31 (2): 299-316p. 2001.

JONSSON, A.; SIGURGISLADOTTIR S.; HAFSTEINSSON, H.; KRISTBERGSSON, K. Textural properties of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets measured by

different methods in comparison to expressible moisture. **Aquaculture Nutrition** 7(2):81-89. 2001.

JITTINANDANA, S; KENNEY, P.B.; SLIDER, S.D.; KAMIREDDY, N.; HANKINS, J.S.. High dietary vitamin E affects storage stability of frozen-refrigerated trout fillets. **Journal of Food Science** 71 (2):91-96. 2006.

KE, P.J.;CERVANTES, E.; ROBLES-MARTINEZ, C. Determination of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in fish tissue by an improved distillation-spectrophotometric method. **Journal of the Science of Food and Agriculture** , v.35, p.1248-1254, 1984.

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

LOAIZA, J.F.U. **Avaliação físico-química, microbiológica e sensorial de carne de rã (*Rana catesbeiana*) estocada sob refrigeração e congelamento**. 1996. Viçosa,112p. Dissertação (M.S.) – Universidade Federal de Viçosa.

LÓPEZ-GÁLVEZ, D.; HOZ, L.;ORDÓÑEZ, J. A. Effects of carbon dioxide and oxygen enriched atmospheres on microbiological and chemical in refrigerated tuna (*Thunnus alalunga*) steaks. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, USA, v. 43, p. 483-490, 1995.

LOPES, M; MÁRSICO, E; SOBREIRO L.E; SILVA, L.P; CONTE-JÚNIOR, 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**, Portugal, v. 99, p. 207-210, 2004.

MACHADO, I.C. Alterações “post-mortem” no pescado. In: Simpósio sobre controle de qualidade microbiológico, químico, físico e organoléptico de pescado e derivado, Campinas. **Anais. Campinas: ITAL**, 1994. p.1-10.

MADRID, A... **Refrigeración, Conservación y Envasado de Los Alimentos**. Mundi-Prensa. Madrid, Espanha. 1997, 174p.

MANO, S.B; ORDOÑEZ, J. A; GARCIA DE FERNANDO, G. D . Growth/survival of natural flora and *Aeromonas hydrophyla* on refrigerated uncooked pork and turkey packaged in modified atmospheres. **International Journal of Food Microbiology**, v. 17, p. 657-669, 2000.

MINOLTA. Chroma meter CR-400/410 Instruction manual. Osaka (Japan), 2007.

OGAWA, M.; MAIA, E.L. **Manual de pesca: Ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Varela, v.1, 1999. 430p.

OSAWA, C.C.; FELÍCIO, PE; GONÇALVES, L.A.G.. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova** 28(4):655-663. 2005.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. Microbial and physicochemical modifications of hake (*Merluccius merluccius*) steaks stored under carbon dioxide enriched atmospheres. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 1831-1840, 2000.

ÖZOGUL, F; TAYLOR, K. D. A.; QUANTICK, P; ÖZOGUL, Y. Chemical, microbiological and sensory evaluation of Atlantic herring (*Clupea harengus*) stored in ice, modified atmosphere and vacuum pack. **Food Chemistry**, v. 71, n. 2, p. 267-273, 2000.

OZOGUL, Y.; OZOGUL, F. The effects of slaughtering methods on the freshness quality of rainbow trout. **European Food Research and Technology**, 219(3):211-216. 2004.

OZOGUL, F; POLAT, A; OZOGUL, Y. The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*). **Food Chemistry** 85, pág. 49-57, 2004

OZOGUL, Y.; OZYURT, G.; OZOGUL, F.; KULEY, E.; POLAT, A. Freshness assessment of European eel (*Anguilla anguilla*) by sensory, chemical and microbiological methods. **Food Chemistry** 92(4):745-751. 2005.

PASTORIZA, L.; SAMPEDRO, G. HERRERA, J.J.; CABO, L.M. Influence of sodium chloride and modified atmosphere packaging on microbiological, chemical and sensorial properties in ice storage of slices of hake (*Merluccius merluccius*). **Food Chemistry**, v.61, n.1/2, p.23-28, 1998.

PARRY, R. T.. **Envasado de los alimentos en atmósfera modificada**. Madrid (España): A Madrid Vicent, 1993, p.13-31.

POLI, B.M. MESSINI, A.; PARISI, G.; SCAPPINI, F.; VIGIANI, V.; GIORGI, G.; VICENZINI, M. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets packed under modified atmosphere/air or prepared from whole fish stored in ice. **International Journal of Food Science and Technology**. v.41, p.444-454, 2006.

PRENTICE, C.; SAINZ, R. 2000. Desenvolvimento de um produto minimamente processado a base de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*). In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 17., Fortaleza, 2000. **Resumo. Fortaleza: SBCTA**, v.3, p.11.116.

PRENTICE, C.; SAINZ, R.. Cinética de deterioração apresentada por filés de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) embalados a vácuo sob diferentes condições de refrigeração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, 25 (1): 127-131, jan.-mar. 2005

QUEIROZ, H.L.R; SARDINHA, A.D.. A preservação e o uso sustentados dos pirarucus (*Arapaima gigas*, Osteoglossidae) em Mamirauá. In: **Estratégias para Manejo de Recursos Pesqueiros em Mamirauá** Helder L. Queiroz e William G.R. Clampton (Eds). CNPq. Brasília, 1999.

REDDY, N.R.; SCHREIDER, C.L.; BUZARD, K.S.; SKINNER, G.E.; ARMSTRONG, D.J. Shelf life of fresh tilapia fillets packaged in high barrier film with modified atmospheres. **Journal of Food Science**, v.59, n.2, p.260-264, 1994.

RORA, A.M.B; RUYTER, B; SKORVE, J; BERGE, R.K; SLINNING, K.E. Influence of high content of dietary soybean oil on quality of large fresh, smoked and frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture International** 13(3):217-231. 2005.

ROTABAKK, B. T., LEKANG, O. I., & SIVERTSVIK, M. Volumetric method to determine carbon dioxide solubility and absorption rate in foods packaged in flexible or semi rigid package. **Journal of Food Engineering**, Vol. 82, p. 43, 2008.

RUIZ-CAPILLAS, C.; MORAL, A. Chilled bulk storage of gutted hake (*Merluccius merluccius*) in CO₂ and O₂ enriched controlled atmospheres. **Food Chemistry**, v.74, n.3, p.317-325, 2001.

SÃO PAULO. SECRETÁRIA DE SAÚDE.. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. I. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo, 1985, 533p.

SAWAYA, W. N; ELNAWAWY, A.S; AL-ZENKI, S; AL-OTAIBI, J; AL-OMIRAH, H; AL-AMIRI, H. Storage Stability of Chicken as Affected by MAP and Lactic Acid Treatment. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 3, p. 611-614, 1995.

SCHERER, R.; AUGUSTI, P.R; STEFFENS, C.; BOCHI, V.C.; HECKTHEUER, L.H.; LAZZARI, R.; RADUNZ-NETO, J.; POMBLUM, S.C.G.; EMANUELLI, T.. Effect of slaughter method on postmortem changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) stored in ice. **Journal of Food Science** 70(5):348-353. 2005

SCHUBRING, R. Influence of freezing/thawing and frozen storage on the texture and color of brown shrimp (*Crangon crangon*). **Archive fur Lebensmittel hygiene**, 53(2), 34–36. 2002).

SERNAPESCA. 2003.Requisitos específicos pra La certificacion sanitaria de los productos pesqueros de exportacion de acuerdo por mercado de destino. In, Vol.**Norma tecnica 2**. Dpto. de Sanidad Pesquera.

SIGURGISLADOTTIR, S.; HAFSTEISSON, H.; JONSSON, A.; LIE, O.; NORTVEDT, R.; THOMASSEN, M.; TORRISSEN, O.. Textural properties of raw salmon fillets as related to sampling method. **Journal of Food Science** 64(1): 99-104. 1999.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N.F. A. 1997. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela.

SILVA, J.L.; WHITE, T.D. Bacteriological and color changes in modified atmosphere- packaged refrigerated channel catfish. **Journal of Food Protection**, v.57, n.8, p.715- 719, 1994.

SIMPSON, R., CAREVIC, E. Designing a modified atmosphere packaging system for foodservice portions on non-respiring foods: optimal gas mixture and food/headspace ratio. **Food service Research International**,(4), 257-272. .2004.

SIKORSKI, Z. E. **Tecnologia de os produtos del mar: Recursos, composición nutritive y conservación**. Zaragoza: Editorial ACRIBIA S.A.. 1994, 315 p.

SIVERTSVIK, M. .The optimized modified atmosphere for packaging of pre rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua*) is 63 ml/100 ml oxygen and 37 ml/100 ml carbon dioxide. **Food Science and Technology**, 40(3), 430–438. 2007.

SIVERTSVIK, M.; ROSNES, J. T.; KLEIBERG, G. H. The effect of modified atmosphere packaging and super chilled storage on the microbial and sensorial quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. **Journal of Food Science**. v. 68, n. 4, p. 1467-1472, 2003.

SMITH,J.;SIMPSON,B.;LAMBERT, A. Use of modified atmospheres for shelf extension of food. **Food Science & Technology** ,v.2,n.4,p.250-225. 1987

SOCOL, M.C.H.; OETTERER, M.; GALLO,C.R.; SPOTO, M.H.F.; BIATO, D.O. Effects of modified atmosphere and vacuum on the shelf life of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.8, n.1, p.7-15, 2005.

SOUSA, R. H. S., VAL, A. L. O gigante das águas doces. **Ciência Hoje** (Manaus), v. 11, n. 64, p. 9 – 13, 1990.

TALIADOUROU, D; PAPADOPOULOS, V.; DOMVRIDOU, E.; SAVVAIDIS, I. N.;KONTOMINAS, M. Microbiological, chemical and sensory changes of whole and filleted Mediterranean aquaculture sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. **Journal of the Science of Food and Aquaculture**, v.83, n.13, p. 1373-1379, 2003.

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*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 27(1): 158-161, Jan.-mar. 2007

TORRIERI, E.; S. CAVELLA, S.; VILLANI, F.; MASI, P. Influence of modified atmosphere packaging on the chilled shelf life of gutted farmed bass (*Dicentrarchus labrax*). **Journal of Food Engineering** 77 1078–1086. 2006.

VAL, A.L. e HONCZARYK, A. **Criando Peixes na Amazônia**. Manaus: MCT/INPA. 1995 , 160p.

VIEIRA, R.H.S.F. **Microbiologia, higiene e qualidade do pescado: teoria e prática.** São Paulo: Livraria Varela. . 2003, 381 p.

VERISSIMO, J.. **A pesca na Amazônia.** Rio de Janeiro: Livraria Clássica Alves & Cia. 1895

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

ANEXOS

Tabela 3. Valores de pH, obtidos nas amostras de filés de pirarucu armazenados em diferentes atmosferas e mantidos sob refrigeração a 2 ± 1 °C.

Tempo (dias)	pH					
	A	B	C	D	E	F
0	6,44Aa	6,44Aa	6,44Aa	6,44Aab	6,44Aab	6,44Aa
1	6,54b	6,30Aab	6,24Ab	6,23Ac	6,30Aac	6,49a
7	6,46Aa	6,22Bb	6,30Bab	6,31Bac	6,32Bac	6,49a
14	6,60ABbc	6,23b	6,42Aa	6,50Bb	6,56ABb	6,55AB
21	6,49ABac	6,35Cab	6,42ABCa	6,30Cac	6,51Ab	6,36BCab
30	6,60bc	6,33ABCab	6,43Aa	6,35ABacd	6,22BCc	6,19Cc
45	6,91d	6,43Aa	6,51Aa	6,45Abd	6,44Aab	6,23bc
50	6,98d	6,10	6,51a	6,31acd	6,28Ac	6,27Abc

EAM, onde: “A” (controle), “B” (100 % CO₂) “C” (40% O₂ / 60% CO₂), “D” (50% O₂ / 50% CO₂) “E”(30% O₂ / 30% N₂ / 40% CO₂), e “F” (à vácuo).

*Médias seguidas pelas mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 4. Valores de N-BVT, obtidos nas amostras de filés de pirarucu armazenados em diferentes atmosferas e mantidos sob refrigeração a 2 ± 1 °C.

Tempo (dias)	N-BVT (mg BVT/100g)					
	A	B	C	D	E	F
0	5,27Aa	5,27Aa	5,27A	5,27Aa	5,27Aa	5,27Aa
1	8,48Aa	7,59Aab	12,95a	8,30Aab	6,34Aa	8,48Aab
7	19,02	9,55Abc	13,13a	9,38Ab	10,09Ab	9,55Ab
14	29,38b	10,98ABcd	14,02Aab	10,27BCb	11,88ACb	14,02Ac
21	30,02b	12,41ABcd	15,09Aab	10,45Bb	13,30ABbc	14,38Ac
30	37,06	13,48ABde	16,16Aab	11,52Bb	15,80Acd	16,16Ac
45	48,13	16,16Aef	17,23ABb	20,80C	17,05Bd	19,73BCd
50	67,59	17,05f	24,38B	24,55B	18,30ACd	21,52BCd

EAM, onde: “A” (controle), “B” (100 % CO₂) “C” (40% O₂ / 60% CO₂), “D” (50% O₂ / 50% CO₂) “E”(30% O₂ / 30% N₂ / 40% CO₂), e “F” (à vácuo).

*Médias seguidas pelas mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 5. Valores de TBA, obtidos nas amostras de filés de pirarucu armazenados em diferentes atmosferas e mantidos sob refrigeração a 2 ± 1 °C.

Tempo (dias)	TBA (mg MA/kg)					
	A	B(100X)	C(60X)	D(50X)	E(40X)	F(Vv)
0	0,45a	0,45Aa	0,45Aa	0,45A	0,45A	0,45Aa
1	0,57a	0,51Bab	0,47Bab	0,52AB	0,53ABa	0,47Ba
7	0,82a	0,55Abc	0,53Abc	0,65	0,54Aa	0,49Aa
14	0,86a	0,61Ac	0,58Acd	0,72a	0,57Aa	0,51ab
21	0,92	0,72Ad	0,63Bd	0,77Aab	0,65B	0,51ab
30	1,32	0,73Ad	0,69A	0,80Bb	0,75ABc	0,55bc
45	1,47	0,78Ad	0,83A	0,81Ab	0,77Ac	0,62c
50	2,30	0,86A	1,17	1,07	0,87A	0,72

EAM, onde: “A” (controle), “B” (100 % CO₂) “C” (40% O₂ / 60% CO₂), “D” (50% O₂ / 50% CO₂) “E”(30% O₂ / 30% N₂ / 40% CO₂), e “F” (à vácuo).

*Médias seguidas pelas mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

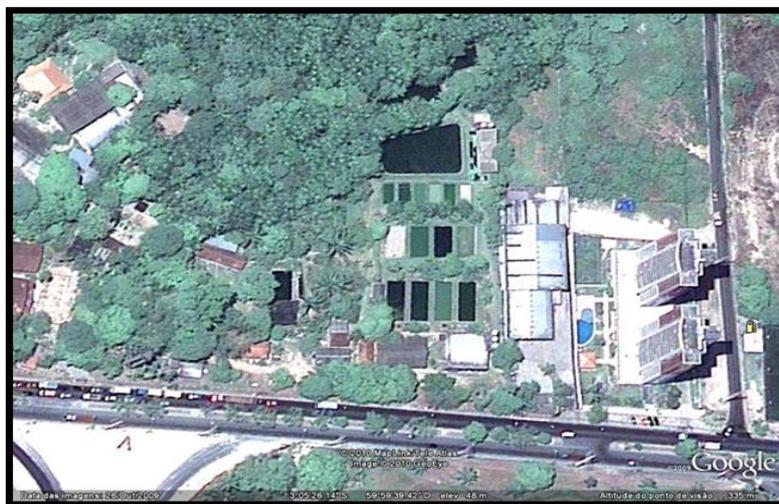


Figura 3. Imagem de satélite da Coordenação de Pesquisa em Tecnologia de Alimentos- CPTA e dos viveiros da Coordenação de Pesquisas em Aqüicultura- CPAQ, onde foram processados e despescados os exemplares de pirarucu.



Figura 4. Foto aérea da fazenda de onde foram obtidos os espécimes de pirarucu utilizados no experimento, Manacapuru – AM.



Figura 5. Estrutura flutuante utilizada como apoio para despesca dos espécimes de pirarucu, Manacapuru – AM.



Figura 6. Despesca do pirarucu nos tanques de concreto do CPAQ-INPA.



Figura 7. Despesca do pirarucu nos viveiros escavados no município de Manacapuru- AM.



Figura 8. Medição biométrica do pirarucu, espécime utilizado nos experimentos.



Figura 9. Exemplos utilizados no trabalho, pronto para ser beneficiado.



Figura 10. Beneficiamento do pescado e elaboração dos filés.



Figura 11. Congelamento do gelo-eutético em freezer (-24 °C).



Figura 12. Embalagem utilizada para transporte dos filés.



Figura 13. Termo selador a vácuo, injetora de gases (TECMAQ AP 450).



Figura 14. Aplicação das atmosferas em embalagem plástica de polietileno contendo aproximadamente 250 g de filé



Figura 15. Incubadora refrigerada com painel controlador externo utilizado para armazenamento dos filés embalados em EAM e armazenado por 50 dias a (2 ± 1 °C).



Figura 16. Filés utilizados no experimento e corte de aproximadamente 250g.



Figura 17. Amostra de filé de pirarucu pronto, devidamente embalado em EAM (vácuo).

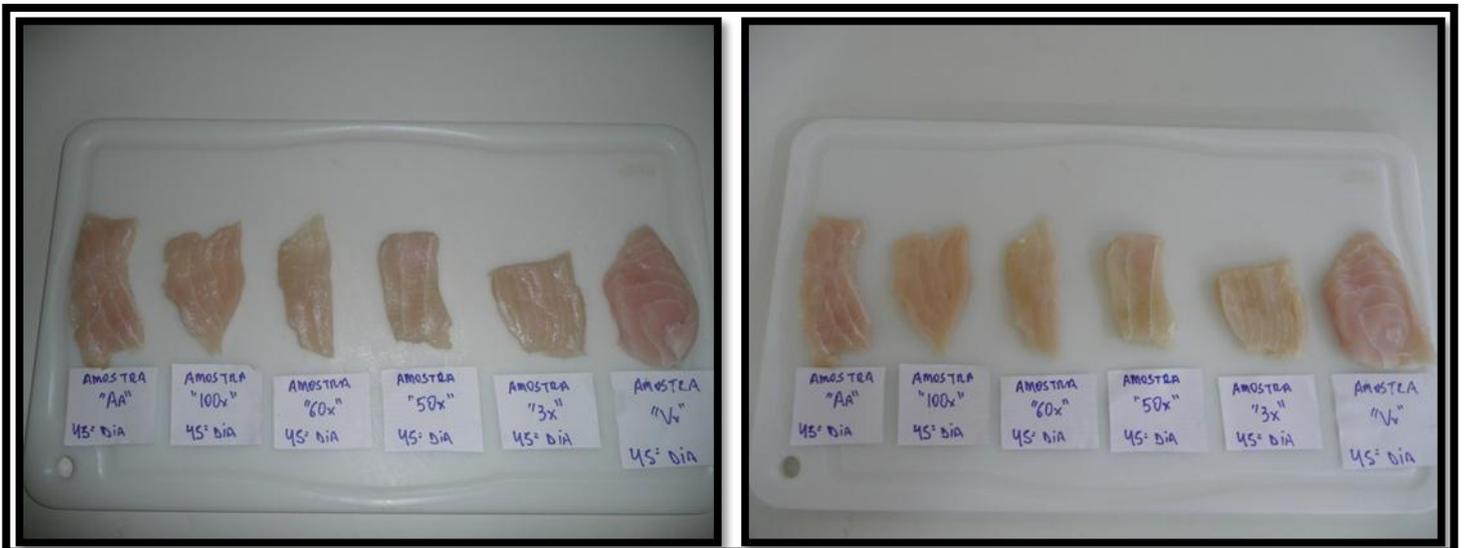


Figura 18. Amostras de filés armazenados por 45 dias, imagem com e sem o auxílio de flash.



Figura 19. Porções de filés utilizadas na análise de textura.

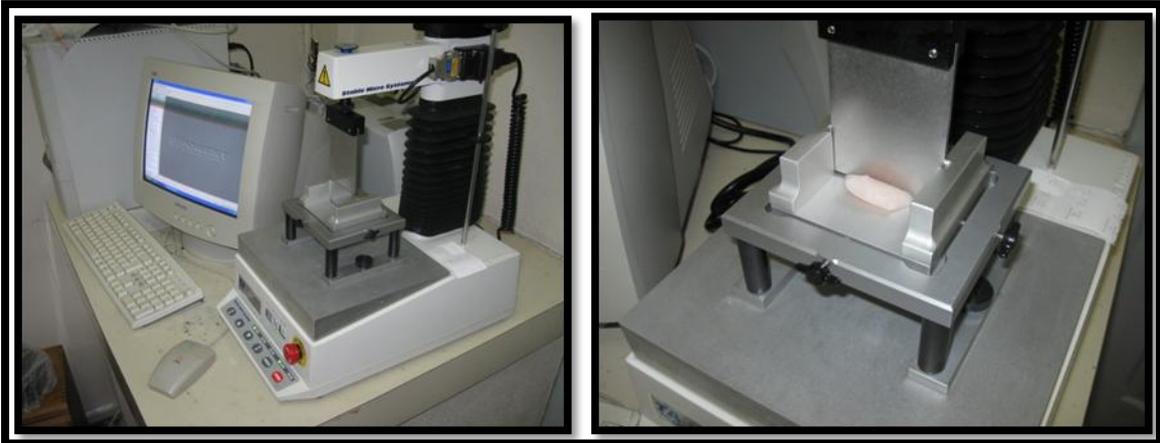


Figura 20. Analise de Textura, instrumento Analisador de Textura (TAXT plus).



Figura 21. Analise de cor, equipamento CR-400 Chroma Meter.

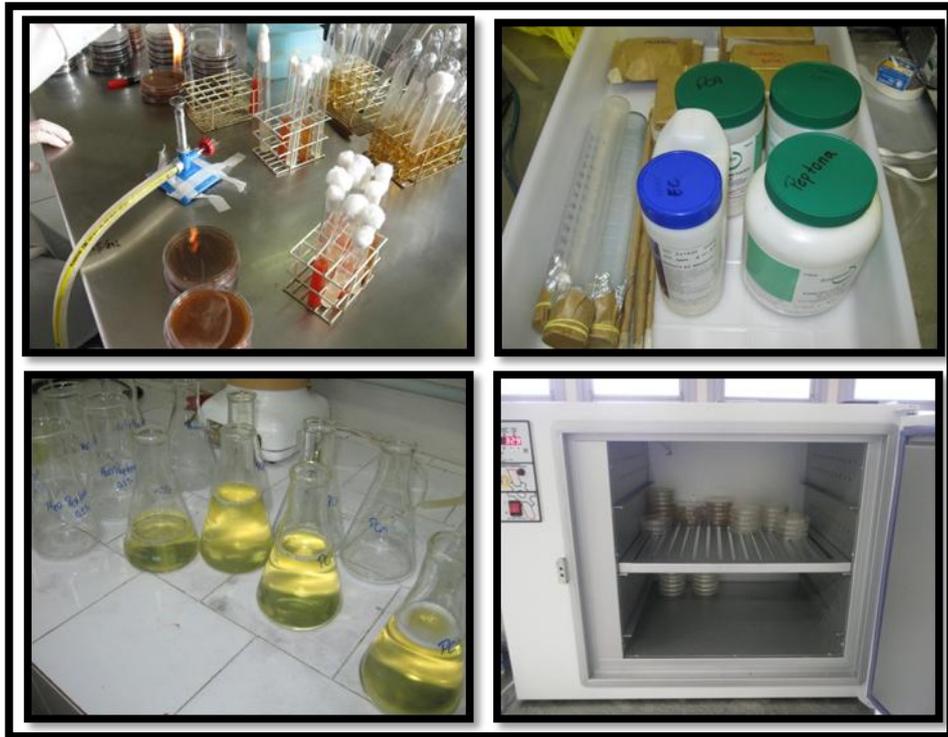


Figura 22. Materiais utilizados nas análises microbiológicas.



Figura 23. Destilador de nitrogênio, utilizado para quantificação de BVT.



Figura 24. Potenciômetro utilizado para aferição do pH.



Figura 25. Espectrofotômetro e balança, utilizados no trabalho.



Figura 26. Cilindros de gases utilizados no experimento.