

Efeito da embalagem com atmosfera modificada associada ao ácido ascórbico na vida útil de filés de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)

*Effect of modified atmosphere packaging associated with ascorbic acid on the shelf life of Nile tilapia fillets (*Oreochromis niloticus*)*

Nkarthe Guerra^{1*}, Janeiry Ferreira Maciel¹, Janduy Araújo², José Marcelino Oliveira Cavalheiro¹

¹ Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, João Pessoa/PB - Brasil

² Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Ciência e Tecnologia, Campina Grande/PB - Brasil

*Corresponding Author

Nkarthe Guerra, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Cidade Universitária, s/n, Castelo Branco, CEP: 58051-900, João Pessoa/PB - Brasil, e-mail: nkarthe@gmail.com

Cite as: Effect of modified atmosphere packaging associated with ascorbic acid on the shelf life of Nile tilapia fillets (*Oreochromis niloticus*). Braz. J. Food Technol., v. 20, e2015045, 2017.

Received: Apr. 14, 2016; Accepted: Nov. 18, 2016

Resumo

A presente pesquisa teve por objetivo avaliar o efeito da embalagem com atmosfera modificada associada ao ácido ascórbico na vida útil de filés de tilápia-do-nilo, bem como determinar o tratamento mais eficaz para sua conservação. Para tanto, filés desta espécie foram submetidos a quatro tratamentos distintos: T₁ (controle) em aerobiose, T₂ (1% de ácido ascórbico + 80% CO₂ + 20% O₂), T₃ (1% de ácido ascórbico + 100% CO₂) e T₄ (1% de ácido ascórbico + vácuo), posteriormente, as amostras foram acondicionadas a 4 ± 1 °C e submetidas às análises microbiológicas, físico-químicas e sensoriais em diferentes intervalos. Os tratamentos T₃ e T₄ foram mais eficazes na inibição do desenvolvimento de bactérias psicotróficas bem como de micro-organismos do grupo coliformes, nas amostras analisadas, ao longo do tempo, não sendo detectada a presença de *Clostridium* sulfite reductores nos filés de ambos os tratamentos. Entretanto, pelos resultados das análises de pH, bases nitrogenadas voláteis totais e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, o tratamento T₄ sobressaiu sobre T₃, mantendo as características de frescor inalteradas por mais tempo. Os resultados das análises sensoriais demonstraram redução nas médias de todos os atributos avaliados em função do tempo, sendo significativamente afetadas em função do período de armazenamento (p<0,05). A avaliação sensorial delimitou a vida útil das amostras, sendo o tratamento T₄ o que manteve melhores médias durante maior período de tempo, 18 dias. Correlacionando-se os resultados das análises microbiológicas, físico-químicas e sensoriais, concluiu-se que o tratamento T₄ (1% de ácido ascórbico + vácuo) mostrou-se mais eficaz, sendo, portanto, o mais indicado para conservação do filé de tilápia-do-nilo refrigerado.

Palavras-chave: Aceitação sensorial; Bactérias psicotróficas; Vácuo.

Summary

This study aimed to evaluate the effect of modified atmosphere packaging associated with ascorbic acid on the shelf life of Nile tilapia fillets, and to determine the most effective treatment for their conservation. To this end, fillets of this species were subjected to four different treatments: T₁ (control) aerobically, T₂ (1% ascorbic acid + 80% CO₂ + 20% O₂), T₃ (1% ascorbic acid + 100% CO₂) and T₄ (1% ascorbic acid + vacuum). The samples were subsequently stored at 4 ± 1 °C and subjected to microbiological, physical-chemical and sensory evaluations at different intervals. The T₃ and T₄ treatments were more effective in inhibiting the development of psychrotrophic bacteria and the coliform group of microorganisms with time in the samples analyzed, the presence of *Clostridium* sulfite reducters not being detected in the fillets of either treatment. However, the results for pH, NTVBs and TBAs showed that treatment T₄ stood out as compared to treatment T₃, maintaining the freshness features unchanged for a longer time. The results of the sensory analysis showed a reduction in the average scores with time for all the attributes assessed, being significantly affected during the storage period (p<0.05). The sensory evaluation delimited the shelf life of the samples, treatment T₄ treatment maintaining better mean scores for a longer period of time of 18 days. Correlating the results of the microbiological, physical-chemical and sensory analyses, it was concluded that treatment T₄ (1% ascorbic acid + vacuum) was more effective and therefore the most suitable for the conservation of refrigerated Nile tilapia fillet.

Keywords: Sensory acceptance; Psychrotrophic bacteria; Vacuum.



Efeito da embalagem com atmosfera modificada associada ao ácido ascórbico na vida útil de filés de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)

Guerra, N. et al.

1 Introdução

Dentre os diversos produtos cárneos, o pescado é o mais vulnerável à deterioração microbiana e à oxidação lipídica, pela sua própria composição biológica (SOARES et al., 2012). A deterioração microbiana é resultante especialmente da ação de micro-organismos psicotróficos, tais como *Pseudomonas*, *Shewanella* e *Flavobacterium spp* (MOHAN et al., 2010). Já a oxidação está associada à fração lipídica com elevado teor de ácidos graxos insaturados, favorecendo reações que iniciam com a formação de radicais livres, caracterizando-se por uma absorção acelerada de oxigênio, e finalizam com a produção de peróxidos (OLIVEIRA et al., 2008).

Dentre as diferentes espécies de peixes, no Brasil, a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) vem destacando-se como a principal, devido às características genéticas, reprodutivas e especialmente mercadológicas, sendo o filé a forma preferida de consumo (MONTEIRO et al., 2012). Diante de sua importância para a economia nacional, aliada à elevada perecibilidade e às exigências cada vez mais crescentes de consumidores ávidos por pescado de qualidade, surge a necessidade de métodos combinados à cadeia do frio que prolonguem sua vida útil.

A embalagem com atmosfera modificada é uma tecnologia que vem ao encontro desta necessidade e consiste especialmente na redução do O₂, que, em concentração normal, favorece o desenvolvimento de micro-organismos aeróbios, e no aumento da concentração de CO₂, que apresenta efeito bacteriostático sobre eles (FERNÁNDEZ et al., 2010). Contudo, apesar de a remoção de O₂ contribuir para a melhor conservação do pescado, esta redução pode representar um risco à saúde, por favorecer o crescimento de micro-organismos anaeróbios, destacando-se neste grupo o *Clostridium botulinum*, comumente encontrado em peixes e outros alimentos de origem marinha (VELU et al., 2013). Do mesmo modo, elevadas concentrações de CO₂, além do colapso da embalagem, pode provocar modificações indesejáveis nas características sensoriais do produto, tais como descoloração (YILMAZ et al., 2009) e alterações na textura, que é considerado o atributo sensorial mais afetado (MASNIYOM, 2011).

Associado à modificação da atmosfera de armazenamento, a velocidade das reações de oxidação pode ser retardada pelo emprego de antioxidantes. De modo geral, antioxidantes sintéticos como o butil hidroxianisol e hidroxitolueno, propil galato e terc - butil hidroquinoma vêm sendo amplamente empregados como um aditivo eficaz para retardar a oxidação lipídica em alimentos. No entanto, sua utilização tem sido questionada pela sua toxicidade, motivando sua substituição por antioxidantes e/ou aditivos naturais (SILVESTRI et al., 2010). O ácido ascórbico é um antioxidante natural, cujo mecanismo de ação está associado com a remoção do oxigênio, através

de reações químicas estáveis, tornando-o indisponível para atuar como propagador de reações de auto-oxidação (DAIUTO et al., 2011). De acordo com Ismail et al. (2008), diversas pesquisas o reportam como um antioxidante eficaz na prevenção de alterações na cor de carne moída e carne suína irradiada, durante o armazenamento. Entretanto, trabalhos relacionados ao seu efeito associado à embalagem com atmosfera modificada sob as características de filés de tilápia-do-nilo são escassos.

Considerando tais aspectos, esta pesquisa teve por objetivo estimar a vida útil de filés de tilápia-do-nilo refrigerados, armazenados sob diferentes condições de atmosfera e imersos em solução de ácido ascórbico a 1%, com base em testes microbiológicos, físico-químicos e sensoriais, bem como determinar o tratamento mais eficaz para sua conservação.

2 Material e métodos

Para execução dos experimentos, foram abatidas em gelo, por choque térmico, 52 tilápias-do-nilo com peso médio de 800 g, provenientes do município de Bananeiras-PB/ Brasil. Posteriormente, as tilápias foram armazenadas e transportadas em caixa térmica com gelo na proporção 2:1 para o Laboratório de Tecnologia de Pescado da Universidade Federal da Paraíba. A higienização das tilápias incluiu as etapas de lavagem em água corrente, imersão em água clorada a 5 ppm, durante 15 minutos, enxágue com água deionizada e remoção do excesso de água por meio do uso de telas de nylon. Em seguida, as tilápias foram submetidas à evisceração, descabeçamento, lavagem, remoção da pele e filetagem manual. Posteriormente, os filés foram separados em quatro frações e divididos em porções de 200 g, por fração, sendo uma delas armazenada em sacos de polietileno, (controle-T₁). As demais porções foram inicialmente imersas em solução de 1% de ácido ascórbico (1 mL ácido/100 mL de água), durante 3 min, a 5 ± 1 °C e, posteriormente, acondicionadas em sacos de nylon-polietileno com 80%CO₂ + 20%O₂ (T₂), 100%CO₂ (T₃) e sob vácuo (T₄). Para a introdução dos gases, remoção do ar e selamento das embalagens, foi utilizada a seladora TM-150 (TECMAQ). Os filés foram então armazenados sob temperatura de refrigeração a 4 ± 1 °C, para análises posteriores.

Uma vez que foram empregados quatro tratamentos distintos e cada tipo de análise apresentava seus critérios, foram estabelecidos os intervalos das análises microbiológicas em: T₁ (0, 2, 4, 6 e 7 dias), T₂ (0, 4, 8, 10 e 11 dias), T₃ (0, 4, 8, 12, 16, 22 e 23 dias) e T₄ (0, 4, 8, 12, 16, 20 e 21 dias), sendo interrompidas quando o limite de bactérias psicotróficas ultrapassou 10⁷ UFC.g⁻¹ (ICMSF, 1986). As análises físico-químicas foram realizadas até o limite de pH 6,5 e/ou de bases nitrogenadas voláteis totais (BNVTs 30 mg.100 g⁻¹) ultrapassar o estabelecido

Efeito da embalagem com atmosfera modificada associada ao ácido ascórbico na vida útil de filés de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*)

Guerra, N. et al.

pelo RIISPOA (BRASIL, 1997), T₁ (0, 2, 4, 6 e 7 dias), T₂ (0, 4, 8, 10 e 11 dias), T₃ (0, 4, 8, 12, 16, 17 e 18 dias) e T₄ (0, 4, 8, 12, 16, 20 e 21 dias). As análises sensoriais foram realizadas nos intervalos: T₁ (0, 2, 4, 5 e 6 dias), T₂ (0, 4, 8, 12, 16, e 17 dias), T₃ (0, 4, 8, 10, 12, 14 e 15 dias) e T₄ (0, 4, 8, 12, 16, 18 e 19 dias), sendo interrompidas quando as amostras apresentaram médias de aceitação inferior a 6,0 (GIMÉNEZ et al., 2007).

2.1 Análises microbiológicas

Em todas as amostras, foi pesquisado o número mais provável de coliformes totais e a 45 °C, *Staphylococcus* coagulase positiva, *Salmonella* sp. e bactérias psicrotróficas, sendo que, nas amostras acondicionadas em anaerobiose (T₃ e T₄), foi pesquisado também o desenvolvimento de *Clostridium* sulfito redutores. Para fins de controle de qualidade, a água dos tanques de cultivo das tilápias também foi submetida à pesquisa do número mais provável de coliformes totais e fecais. As análises foram realizadas segundo metodologia descrita pela American Public Health Association (APHA, 2001).

2.2 Análises físico-químicas

As amostras dos quatro tratamentos foram submetidas às análises de pH, bases nitrogenadas voláteis totais (BNVTs) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBAs) (HORWITZ, 2000).

2.3 Avaliação sensorial

As análises sensoriais foram realizadas com 50 julgadores não treinados, após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde, da UFPB - CEP/CCS com número de protocolo 0416/13. Para executá-las, inicialmente as amostras (filés) de 200 g foram retiradas das embalagens e, em seguida, dispostas em bandejas de poliestireno, codificadas com números aleatórios de três dígitos, sendo apresentadas aos julgadores de forma monádica e aleatória. O grau de aceitação foi avaliado por teste afetivo laboratorial com uso de escala hedônica de nove pontos (9 = gostei extremamente, 1 = desgostei extremamente) para os atributos: cor, aparência, odor, textura e aceitação global. A intenção de compra foi avaliada por escala hedônica de cinco pontos (5 = certamente compraria; 1 = certamente não compraria) (MEILGAARD et al., 1991).

2.4 Análise estatística dos dados

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os resultados das análises físico-químicas e sensoriais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando-se o Programa Assisat 7.7. Foi avaliado se houve diferença significativa

(p < 0,05) apenas entre os períodos de armazenamento das amostras de cada tratamento (individual), uma vez que, ao se interromper as análises quando as amostras atingiram o limite de pH, BNVTs e/ou foram sensorialmente rejeitadas, obtiveram-se intervalos distintos entre os tratamentos.

3 Resultados e discussões

3.1 Análises da água de cultivo

A água de cultivo analisada apresentou $9,0 \times 10^2$ NMP.100 mL⁻¹ de coliformes totais e $3,0 \times 10^1$ NMP.100 mL⁻¹ de coliformes a 45 °C. A legislação brasileira estabelece para estes dois tipos de micro-organismos, em água destinada à preservação de peixes, limites máximos de $\leq 2,0 \times 10^4$ NMP.100 mL⁻¹ e $\leq 4,0 \times 10^3$ NMP.100 mL⁻¹, respectivamente (BRASIL, 1976), portanto os resultados obtidos estão dentro do padrão.

3.2 Contagem de bactérias psicrotróficas

Inicialmente, não foi detectada a presença de bactérias psicrotróficas nas amostras dos 4 tratamentos, mas, com o decorrer do tempo, iniciou-se o crescimento, de forma mais rápida e progressiva nas amostras do tratamento T₁, seguido por T₂, como apresentado na Tabela 1.

A legislação brasileira não estabelece padrão para esse grupo de micro-organismos, entretanto há uma recomendação internacional que estabelece limite de 10^7 UFC.g⁻¹ (ICMSF, 1986). Com base neste critério, as amostras do tratamento T₁ e T₂ ultrapassaram o limite aceitável aos 7 e 11 dias, respectivamente, enquanto

Tabela 1. Contagens de bactérias psicrotróficas UFC.g⁻¹ em filés de tilápia-do-nylo, submetidos a diferentes tratamentos de conservação e armazenados a 4 ± 1 °C.

Tempo (dias)	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
0	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$	< $1,0 \times 10^1$
2	$1,4 \times 10^2$	-	-	-
4	$1,4 \times 10^5$	$1,1 \times 10^2$	$1,7 \times 10^1$	$1,0 \times 10^2$
6	$2,0 \times 10^7$	-	-	-
7	$1,7 \times 10^8$	-	-	-
8	-	$1,0 \times 10^5$	$1,1 \times 10^3$	$2,0 \times 10^4$
10	-	$1,7 \times 10^7$	-	-
11	-	$1,7 \times 10^8$	-	-
12	-	-	$2,0 \times 10^4$	$1,7 \times 10^5$
16	-	-	$1,7 \times 10^5$	$1,1 \times 10^6$
20	-	-	-	$2,0 \times 10^7$
21	-	-	-	$1,6 \times 10^8$
22	-	-	$1,0 \times 10^7$	-
23	-	-	$2,0 \times 10^8$	-

< $1,0 \times 10^1$ Indica ausência de bactérias psicrotróficas. T₁ (controle); T₂ (1% de ácido ascórbico + 80% CO₂ + 20% O₂); T₃ (1% de ácido ascórbico + 100% CO₂); e T₄ (1% de ácido ascórbico + vácuo).

Efeito da embalagem com atmosfera modificada associada ao ácido ascórbico na vida útil de filés de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*)

Guerra, N. et al.

nas amostras dos tratamentos T_3 e T_4 tal limite só foi ultrapassado com 23 e 21 dias, respectivamente. Assim, a vida útil das amostras dos tratamentos T_2 , T_3 e T_4 foi estimada em 10, 22 e 20 dias, respectivamente, em relação a apenas seis dias do tratamento T_1 . Isto evidencia que o emprego de ácido ascórbico e baixas concentrações de O_2 (tratamentos T_3 e T_4) inibiram o rápido desenvolvimento destas bactérias. Estes resultados são bastante satisfatórios quando comparados aos reportados por Alak et al. (2010), que, avaliando o efeito do filme de quitosana, bem como dos tratamentos com 100% CO_2 e vácuo sob a qualidade microbiológica de filés de bonito do Atlântico (*Sarda sarda*) armazenados a 4 ± 1 °C, relataram que, aos seis dias, a amostra controle atingiu o limite máximo de bactérias psicrotóricas (10^7 UFC.g⁻¹), ao contrário das amostras acondicionadas com atmosfera modificada e com revestimento de quitosana, cujos limites foram atingidos aos 15 dias.

3.3 Contagem de coliformes totais e coliformes a 45 °C

As amostras do tratamento T_1 apresentaram variação de $7,4 \times 10^1$ a $9,2 \times 10^1$ NMP.g⁻¹ de coliformes totais (Tabela 2), enquanto, no mesmo intervalo, o número de coliformes a 45 °C manteve-se constante, com $3,6 \times 10^1$ NMP.g⁻¹. Nas amostras do tratamento T_2 , houve redução de $7,4 \times 10^2$ para $2,3 \times 10^1$ NMP.g⁻¹ de coliformes totais e, nos mesmos intervalos, os coliformes a 45 °C variaram de $7,4 \times 10^2$ a $3,6 \times 10^1$ NMP.g⁻¹, e, a partir do oitavo dia, cessaram completamente a multiplicação. Nas amostras dos tratamentos T_3 e T_4 , inicialmente foi observada a presença destes dois tipos de micro-organismos, que foram completamente inibidos a partir do quarto e do oitavo dia, respectivamente, até o final do período de armazenamento.

O número mais provável de coliformes a 45 °C das amostras dos quatro tratamentos (Tabela 3) variaram de $3,6 \times 10^1$ NMP.g⁻¹ a $7,4 \times 10^2$ NMP.g⁻¹, ao longo do tempo, estando dentro do padrão estabelecido pela Resolução n. 12, de 2 de janeiro de 2001 da ANVISA, que recomenda valor máximo de 10^2 NMP.g⁻¹ para este grupo de micro-organismos (BRASIL, 2001).

Verificou-se que todas as amostras analisadas apresentaram resultados dentro do limite estabelecido para coliformes a 45 °C e, ao mesmo tempo, apresentaram uma baixa contagem de coliformes totais, sendo que a presença destes micro-organismos nos filés analisados pode ser justificada pela presença de ambos na água de cultivo. Estes resultados corroboram com os obtidos por Soccol et al. (2005), que, analisando filés de tilápia armazenados em bandeja de poliestireno recoberta com filme de copolímero de etileno e álcool vinílico em diferentes atmosferas: aerobiose, ácido acético, ácido acético + vácuo, ácido acético + 60% CO_2 + 20% O_2 e

Tabela 2. Número mais Provável de coliformes totais NMP.g⁻¹ em filés de tilápia-do-nylo, submetidos a diferentes tratamentos de conservação e armazenados a 4 ± 1 °C.

Tempo (dias)	T_1	T_2	T_3	T_4
0	$7,4 \times 10^1$	$7,4 \times 10^2$	$9,2 \times 10^1$	$7,4 \times 10^2$
2	$9,2 \times 10^1$	-	-	-
4	$9,2 \times 10^1$	$9,2 \times 10^1$	$3,6 \times 10^1$	$9,2 \times 10^1$
6	$9,2 \times 10^1$	-	-	-
7	$9,2 \times 10^1$	-	-	-
8	-	$3,6 \times 10^1$	< 3,0	$3,6 \times 10^1$
10	-	$2,3 \times 10^1$	-	-
11	-	$2,3 \times 10^1$	-	-
12	-	-	< 3,0	< 3,0
16	-	-	-	< 3,0
20	-	-	-	< 3,0
21	-	-	-	< 3,0
22	-	-	< 3,0	-
23	-	-	< 3,0	-

< 3,0 Indica ausência de coliformes totais. T_1 (controle); T_2 (1% de ácido ascórbico + 80% CO_2 + 20% O_2); T_3 (1% de ácido ascórbico + 100% CO_2); e T_4 (1% de ácido ascórbico + vácuo).

Tabela 3. Número mais provável NMP.g⁻¹ de coliformes a 45 °C em filés de tilápia-do-nylo, submetidos a diferentes tratamentos de conservação e armazenados a 4 ± 1 °C.

Tempo (dias)	T_1	T_2	T_3	T_4
0	$3,6 \times 10^1$	$7,4 \times 10^2$	$9,2 \times 10^1$	$3,6 \times 10^1$
2	$3,6 \times 10^1$	-	-	-
4	$3,6 \times 10^1$	$3,6 \times 10^1$	$3,6 \times 10^1$	$3,6 \times 10^1$
6	$3,6 \times 10^1$	-	-	-
7	$3,6 \times 10^1$	-	-	-
8	-	$3,6 \times 10^1$	< 3,0	$3,6 \times 10^1$
10	-	< 3,0	-	-
11	-	< 3,0	-	-
12	-	-	< 3,0	< 3,0
16	-	-	-	< 3,0
20	-	-	-	< 3,0
21	-	-	-	< 3,0
22	-	-	< 3,0	-
23	-	-	< 3,0	-

< 3,0 Indica ausência de coliformes a 45 °C. T_1 (controle); T_2 (1% de ácido ascórbico + 80% CO_2 + 20% O_2); T_3 (1% de ácido ascórbico + 100% CO_2); e T_4 (1% de ácido ascórbico + vácuo).

60% CO_2 + 20% O_2 , durante 20 dias de armazenamento a 1 ± 1 °C, observaram redução no crescimento destes micro-organismos.

3.4 *Staphylococcus coagulase positiva*, *Salmonella* sp e *Clostridium sulfito redutores*

Não foi comprovada a presença de *Staphylococcus coagulase positiva* nem de *Salmonella* sp. nas amostras dos quatro tratamentos analisados durante todo o período

Efeito da embalagem com atmosfera modificada associada ao ácido ascórbico na vida útil de filés de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)

Guerra, N. et al.

de armazenamento. A ANVISA estabelece critérios microbiológicos de *Staphylococcus* coagulase positiva de no máximo 10^3 UFC.g⁻¹ e ausência de *Salmonella* sp. em 25 g de pescado refrigerado (BRASIL, 2001). Portanto, todas as amostras analisadas estavam dentro do limite estabelecido pela legislação. Em relação ao desenvolvimento de *Clostridium* sulfito redutores, também não foi detectada sua presença durante os 23 e 21 dias de acondicionamento nas amostras dos tratamentos T₃ e T₄, respectivamente. Reddy et al. (1996, 1997), avaliando a produção de toxina de *Clostridium botulinum* em filés de tilápia e salmão do Atlântico, em atmosferas em aerobiose e com 75% CO₂ + 25% N₂ e vácuo, em diferentes condições de temperatura, observaram que, para todas as atmosferas de acondicionamento, a 16 °C, o desenvolvimento da toxina precedeu a rejeição sensorial, a 8 °C, o desenvolvimento da toxina coincidiu com a rejeição sensorial e, a 4 °C, a rejeição sensorial precedeu seu desenvolvimento.

3.5 pH e bases nitrogenadas voláteis totais (BNVTs)

Os valores de pH das amostras do tratamento T₁ (controle) aumentaram com o passar do tempo, apresentando diferença significativa ($p < 0,05$), em função do período de armazenamento (Tabela 4), enquanto os valores deste parâmetro das amostras dos tratamentos T₂, T₃ e T₄, apesar de significativamente afetados, mantiveram-se mais estáveis.

O limite de pH da musculatura interna (filé) do pescado, estabelecido pelo RIISPOA, é 6,5 (BRASIL, 1997). As amostras do tratamento T₁ ultrapassaram este limite aos sete dias, enquanto nas amostras dos tratamentos T₂, T₃ e T₄, tal limite só foi ultrapassado aos 11, 18 e 21 dias, respectivamente. Soccol et al. (2005), avaliando o pH de filés de tilápia-do-nilo, observaram que a amostra controle atingiu 6,6 aos 13 dias, enquanto as amostras dos tratamentos vácuo + ácido acético e 60% CO₂ + 40% O₂ + ácido acético atingiram valores de pH de 6,2 aos 20 dias, não ultrapassando, portanto, o limite estabelecido pela legislação. Entretanto, diferentemente da nossa pesquisa, as amostras foram acondicionadas a 1 ± 1 °C, justificando os melhores resultados obtidos.

Os resultados das análises de BNVTs também apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) durante o período de armazenamento (Tabela 5). De acordo com Ogawa e Maia (1999), o teor de BNVTs de peixes em excelente estado de frescor varia de 5 a 10 mg.100 g⁻¹, no início da putrefação, pode alcançar de 30 a 40 mg.100 g⁻¹ e, deteriorado, alcança teores acima de 50 mg.100 g⁻¹, sendo o limite máximo estabelecido pelo RIISPOA de 30 mg.100 g⁻¹ (BRASIL, 1997). Teodoro et al. (2007), avaliando o teor de BNVTs em sardinhas (*Sardinella brasiliensis*) acondicionadas a 2 ± 2 °C, em embalagens com atmosfera modificada em diferentes concentrações (vácuo, 50%/50% de CO₂/O₂ e 100% CO₂) e em embalagem

Tabela 4. Determinações¹ de pH nos filés de tilápia-do-nilo, submetidos a diferentes tratamentos de conservação e armazenados a 4 ± 1 °C.

Tempo (dias)	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
0	6,0 ^c	6,1 ^c	6,0 ^d	6,0 ^b
2	6,2 ^{bc}	-	-	-
4	6,4 ^b	6,2 ^{bc}	6,2 ^{cd}	6,1 ^b
6	6,4 ^b	-	-	-
7	6,9 ^a	-	-	-
8	-	6,3 ^{bc}	6,3 ^{bcd}	6,1 ^b
10	-	6,4 ^{ab}	-	-
11	-	6,6 ^a	-	-
12	-	-	6,4 ^{abc}	6,2 ^b
16	-	-	6,4 ^{abc}	6,3 ^{ab}
17	-	-	6,5 ^{ab}	-
18	-	-	6,6 ^a	-
20	-	-	-	6,4 ^{ab}
21	-	-	-	6,7 ^a

¹Média de três repetições. Expoentes diferentes na mesma coluna mostram resultados que diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 5%. T₁ (controle); T₂ (1% de ácido ascórbico + 80% CO₂ + 20% O₂); T₃ (1% de ácido ascórbico + 100% CO₂); e T₄ (1% de ácido ascórbico + vácuo).

Tabela 5. Determinações¹ de BNVTs mg.100 g⁻¹ de filés de tilápia-do-nilo, submetidos a diferentes tratamentos de conservação e armazenados a 4 ± 1 °C.

Tempo (dias)	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
0	12,4 ^c	12,5 ^c	13,5 ^a	12,2 ^a
2	17,7 ^d	-	-	-
4	23,3 ^c	17,9 ^d	16,2 ^f	17,1 ^f
6	29,1 ^b	-	-	-
7	32,1 ^a	-	-	-
8	-	24,9 ^c	21,7 ^c	18,5 ^c
10	-	29,7 ^b	-	-
11	-	33,2 ^a	-	-
12	-	-	25,1 ^d	24,7 ^d
16	-	-	28,3 ^c	26,3 ^c
17	-	-	30,0 ^b	-
18	-	-	31,9 ^a	-
20	-	-	-	29,9 ^b
21	-	-	-	32,5 ^a

¹Média de três repetições. Expoentes diferentes na mesma coluna mostram resultados que diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 5%. T₁ (controle); T₂ (1% de ácido ascórbico + 80% CO₂ + 20% O₂); T₃ (1% de ácido ascórbico + 100% CO₂); e T₄ (1% de ácido ascórbico + vácuo).

em aerobiose (controle), relataram que as amostras também foram significativamente afetadas em função do período de armazenamento, sendo os limites ultrapassados aos dez dias (controle), 13 dias (vácuo) e 20 dias (50%/50% de CO₂/O₂ e 100% CO₂), respectivamente.

Os resultados obtidos deste parâmetro, nesta pesquisa, corroboram os achados por Monteiro et al.

Efeito da embalagem com atmosfera modificada associada ao ácido ascórbico na vida útil de filés de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)

Guerra, N. et al.

(2012), que, avaliando o teor de BNVTs em filés de tilápia da mesma espécie, acondicionadas a uma temperatura inferior (0 ± 1 °C), observaram que as amostras em aerobiose ultrapassaram o valor máximo recomendado aos seis dias ($30,87 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), enquanto as acondicionadas com 40%/60% de CO_2/N_2 e em embalagem nas mesmas condições e irradiadas com dose de 1,5 kGy ultrapassaram o limite recomendado aos 13 dias ($31,5 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) e 18 dias ($30,87 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), respectivamente.

Com base nos resultados de pH e BNVTs, a vida útil das amostras dos tratamentos T_1 , T_2 , T_3 e T_4 foi estimada em seis, 10, 17 e 20 dias, indicando que o ácido ascórbico aliado à embalagem com atmosfera modificada inibiu a produção de bases nitrogenadas voláteis totais. Verificou-se ainda que as análises de BNVTs e pH apresentaram boa correlação, uma vez que o limite de ambos foi ultrapassado nos mesmos intervalos.

Os valores de TBAs dos filés dos quatro tratamentos também foram significativamente afetados ($p < 0,05$) em função do período de armazenamento (Tabela 6). Entretanto, as amostras dos tratamentos T_3 e T_4 apresentaram menores valores, o que deve estar relacionado com a maior redução do teor de oxigênio presente na embalagem, aliada à presença do ácido ascórbico, que atuou retardando o processo oxidativo dos ácidos graxos poli-insaturados.

Abouel-Yazeed (2013), avaliando a qualidade de tilápias-do-nilo evisceradas, armazenadas a 4 °C em embalagens em aerobiose e com 2% de tripolifosfato de sódio associado com 90% CO_2 + 10% O_2 , observou aumento de TBAs em função do tempo, de $0,55 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para

$1,98 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ por 15 dias e, em amostras em aerobiose, de $0,55 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para $1,21 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ aos três dias, respectivamente. Manju et al. (2007) avaliaram alterações nos valores de TBAs de Pearlsport (*Etroplus suratensis*) eviscerados, embalados a 0 ± 2 °C em aerobiose e vácuo (tratados e não tratados com 2% de acetato de sódio), e observaram aumento em seus teores, durante o período de armazenamento, sendo mais significativo nas amostras em aerobiose. Soccol et al. (2005) verificaram que, aos 20 dias de armazenamento, os valores de TBAs de filés de tilápia-do-nilo acondicionados a 1 ± 1 °C e embalados com ácido acético + 60% CO_2 + 40% O_2 apresentaram índice de TBAs superior ($9,23 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) às amostras tratadas com ácido acético embaladas sob o vácuo ($1,29 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Não há padrões estabelecidos para esta análise na legislação brasileira, entretanto Cadun et al. (2008) indicaram valores abaixo de $3,0 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para pescado como limite aceitável para consumo. Com base neste critério, todas as amostras analisadas, mantiveram valores dentro do limite considerado, durante todo o período de armazenamento.

3.6 Alterações sensoriais

As amostras dos quatro tratamentos apresentaram boas médias iniciais para cada atributo analisado. No entanto, estas médias diminuíram com o passar do tempo, sendo significativamente afetadas ($p < 0,05$) em função do período de armazenamento. A Tabela 7 apresenta os resultados do atributo cor dos quatro tratamentos, em função do período de armazenamento.

Tabela 6. Determinações¹ de TBAs $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de filés de tilápia-do-nilo, submetidos a diferentes tratamentos de conservação e armazenados a 4 ± 1 °C.

Tempo (dias)	T_1	T_2	T_3	T_4
0	0,81 ^c	0,84 ^d	0,89 ^c	0,79 ^f
2	0,96 ^d	-	-	-
4	1,25 ^c	1,07 ^c	0,93 ^{dc}	0,93 ^c
6	2,15 ^b	-	-	-
7	2,73 ^a	-	-	-
8	-	1,91 ^b	0,96 ^d	0,94 ^c
10	-	2,13 ^a	-	-
11	-	2,35 ^a	-	-
12	-	-	1,05 ^c	1,09 ^d
16	-	-	1,37 ^b	1,21 ^c
17	-	-	1,42 ^a	-
18	-	-	1,46 ^a	-
20	-	-	-	1,39 ^b
21	-	-	-	1,42 ^a

¹Média de três repetições. Expoentes diferentes na mesma coluna mostram resultados que diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 5%. T_1 (controle); T_2 (1% de ácido ascórbico + 80% CO_2 + 20% O_2); T_3 (1% de ácido ascórbico + 100% CO_2); e T_4 (1% de ácido ascórbico + vácuo).

Tabela 7. Avaliação sensorial do atributo cor de filés de tilápia-do-nilo, submetidos a diferentes tratamentos de conservação e armazenados a 4 ± 1 °C.

Tempo (dias)	T_1	T_2	T_3	T_4
0	8,6 ^a	9,0 ^a	8,6 ^a	8,8 ^a
2	7,7 ^b	-	-	-
4	7,1 ^c	8,1 ^b	8,1 ^b	8,7 ^a
5	6,5 ^d	-	-	-
6	5,5 ^e	-	-	-
8	-	7,0 ^c	7,5 ^c	8,4 ^{ab}
10	-	-	7,0 ^d	-
12	-	6,2 ^d	6,7 ^{de}	8,2 ^{bc}
14	-	-	6,3 ^e	-
15	-	-	5,8 ^f	-
16	-	5,4 ^e	-	7,8 ^{cd}
17	-	4,5 ^f	-	-
18	-	-	-	7,5 ^{de}
19	-	-	-	7,3 ^e

Expoentes diferentes na mesma coluna mostram resultados que diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 5%. T_1 (controle); T_2 (1% de ácido ascórbico + 80% CO_2 + 20% O_2); T_3 (1% de ácido ascórbico + 100% CO_2); e T_4 (1% de ácido ascórbico + vácuo).

Efeito da embalagem com atmosfera modificada associada ao ácido ascórbico na vida útil de filés de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)

Guerra, N. et al.

A cor da amostra em aerobiose (T_1) obteve menor escore médio (5,5) aos seis dias, por modificações da coloração vermelho brilhante, característica do filé de tilápia fresco, para marrom escuro, devido à conversão da mioglobina a metamioglobina. Podemos destacar que o ácido ascórbico associado à embalagem com atmosfera modificada retardou a oxidação lipídica, mostrando-se como um antioxidante eficaz. Porém, elevadas concentrações de CO_2 (T_2 e T_3) afetaram a cor das amostras, tornando-as pálidas e inaceitáveis, característica esta que não foi evidenciada no tratamento T_4 , que manteve boas médias deste atributo durante os 19 dias de armazenamento.

Quanto ao atributo odor, diferentemente da maioria dos peixes que apresentam odor característico próprio mais marcante, o filé fresco de tilápia-do-nilo apresenta-o de forma mais acentuada, o que justifica as boas médias obtidas, inicialmente, variando de 8,5 a 8,9 (Tabela 8).

O atributo odor também apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) ao longo do tempo, em todos os tratamentos. Aos seis dias, os filés acondicionados em aerobiose apresentaram odor pútrido acentuado, sendo considerado um dos indicativos de rejeição. As amostras dos tratamentos T_2 e T_3 , porém, não adquiriram tais características para este atributo, o que justifica seus maiores escores médios aos 17 e 15 dias respectivamente, contudo, nestas atmosferas, o odor fresco inicial também foi alterado para odores ácidos estranhos no final do período de armazenamento, o que pode ser justificado pelas elevadas concentrações de CO_2 , presente no meio. O tratamento T_4 , no entanto, conservou o odor característico por mais tempo.

A aparência, avaliada pela formação de limosidade na superfície das amostras, foi o atributo menos afetado, em todos os tratamentos, com escores médios variando no final do período de armazenamento de 6,1 (T_1) no sexto dia a 7,0 (T_4) aos 19 dias, correspondendo aos termos hedônicos "gostei ligeiramente" e "gostei moderadamente", respectivamente. Portanto, para este atributo, o tratamento T_4 também apresentou melhores resultados.

Em relação à textura (Tabela 9), as amostras dos tratamentos T_2 e T_3 apresentaram menores escores médios no final do período de armazenamento, sendo mais afetada quanto maior foi a concentração de CO_2 usada ($T_3 > T_2$).

Foram consideradas como critério de rejeição médias de aceitação global $< 6,0$ (GIMÉNEZ et al., 2007). As amostras do tratamento T_4 mantiveram boas médias durante todo o período de armazenamento para todos os atributos sensoriais analisados, com menores escores para o atributo odor, considerado, portanto, indicativo da rejeição sensorial dos filés aos 19 dias. Baseado nos resultados, os filés dos tratamentos T_1 , T_2 , T_3 e T_4 foram considerados aceitos até cinco, 16, 14 e 18 dias, respectivamente, pois, nestes intervalos, apresentaram médias do atributo aceitação global $\geq 6,0$ (Tabela 10).

Tabela 8. Avaliação sensorial do atributo odor de filés de tilápia-do-nilo, submetidos a diferentes tratamentos de conservação e armazenados a 4 ± 1 °C.

Tempo (dias)	T_1	T_2	T_3	T_4
0	8,5 ^a	8,9 ^a	8,7 ^a	8,6 ^a
2	8,1 ^b	-	-	-
4	7,4 ^c	8,5 ^b	8,4 ^{ab}	8,0 ^b
5	6,1 ^d	-	-	-
6	5,4 ^e	-	-	-
8	-	8,0 ^c	8,0 ^b	7,5 ^c
10	-	-	7,3 ^c	-
12	-	7,0 ^d	7,0 ^{cd}	7,0 ^d
14	-	-	6,5 ^{de}	-
15	-	-	6,1 ^e	-
16	-	6,0 ^e	-	6,1 ^e
17	-	5,5 ^f	-	-
18	-	-	-	5,8 ^e
19	-	-	-	5,3 ^f

Expoentes diferentes na mesma coluna mostram resultados que diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 5%. T_1 (controle); T_2 (1% de ácido ascórbico + 80% CO_2 + 20% O_2); T_3 (1% de ácido ascórbico + 100% CO_2); e T_4 (1% de ácido ascórbico + vácuo).

Tabela 9. Avaliação sensorial do atributo textura de filés de tilápia-do-nilo, submetidos a diferentes tratamentos de conservação e armazenados a 4 ± 1 °C.

Tempo (dias)	T_1	T_2	T_3	T_4
0	8,2 ^a	8,5 ^a	8,7 ^a	8,0 ^a
2	7,8 ^{ab}	-	-	-
4	7,5 ^b	8,0 ^b	8,1 ^b	7,9 ^{ab}
5	6,7 ^c	-	-	-
6	6,2 ^d	-	-	-
8	-	7,1 ^c	7,6 ^b	7,7 ^{ab}
10	-	-	6,8 ^c	-
12	-	6,3 ^d	6,0 ^d	7,6 ^{bc}
14	-	-	5,1 ^e	-
15	-	-	4,3 ^f	-
16	-	5,0 ^e	-	7,3 ^{cd}
17	-	4,5 ^f	-	-
18	-	-	-	7,1 ^d
19	-	-	-	7,0 ^d

Expoentes diferentes na mesma coluna mostram resultados que diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 5%. T_1 (controle); T_2 (1% de ácido ascórbico + 80% CO_2 + 20% O_2); T_3 (1% de ácido ascórbico + 100% CO_2); e T_4 (1% de ácido ascórbico + vácuo).

Estes resultados são bastante satisfatórios quando comparados aos achados por Abouel-Yazeed (2013), que, avaliando a qualidade sensorial de tilápia-do-nilo eviscerada, acondicionada com 2% de tripolifosfato de sódio e 90% CO_2 + 10% O_2 armazenada a 4 °C, estimou sua vida útil em 15 dias, enquanto Monteiro et al. (2012) reportaram 13 dias para filés de tilápia-do-nilo irradiados com dose de 1,5 kGy e embalados com 40% CO_2 + 60% N_2 a 0 ± 1 °C.

Efeito da embalagem com atmosfera modificada associada ao ácido ascórbico na vida útil de filés de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)

Guerra, N. et al.

Tabela 10. Escores da aceitação global de filés de tilápia-do-nilo, submetidos a diferentes tratamentos de conservação e armazenados a 4 ± 1 °C.

Tempo (dias)	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
0	8,0 ^a	8,5 ^a	8,8 ^a	8,3 ^a
2	7,7 ^b	-	-	-
4	7,4 ^c	8,0 ^b	8,5 ^a	8,1 ^{ab}
5	6,4 ^d	-	-	-
6	5,5 ^e	-	-	-
8	-	7,7 ^b	8,0 ^b	7,8 ^b
10	-	-	7,6 ^c	-
12	-	7,0 ^c	7,0 ^d	7,3 ^c
14	-	-	6,0 ^e	-
15	-	-	5,6 ^f	-
16	-	6,2 ^d	-	7,2 ^c
17	-	5,7 ^e	-	-
18	-	-	-	6,1 ^d
19	-	-	-	5,9 ^d

Expoentes diferentes na mesma coluna mostram resultados que diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 5%. T₁ (controle); T₂ (1% de ácido ascórbico + 80% CO₂ + 20% O₂); T₃ (1% de ácido ascórbico + 100% CO₂); e T₄ (1% de ácido ascórbico + vácuo).

Para a análise de intenção de compra, Guerra et al. (2011) consideraram médias entre 3,5 e 3,8 como satisfatórias. Neste trabalho, as médias das amostras que apresentaram boa aceitação ao longo do tempo (T₄) variaram de 3,5 a 4,9, ratificando que, durante este intervalo, obteve-se também boa intenção quanto à compra, indicando que lograriam êxito, caso fossem lançadas no mercado.

4 Conclusões

O tratamento T₄ (vácuo + 1% de ácido ascórbico) mostrou-se eficaz na inibição de bactérias psicrotróficas e de micro-organismos do grupo coliformes, manteve as características de frescor e preservou os atributos sensoriais inalterados por mais tempo (18 dias). É um método rápido, prático e de menor custo, sendo, portanto, nas condições propostas, o tratamento mais indicado para conservação do filé de tilápia-do-nilo.

Referências

ABOUEL-YAZEED, A. M. Maintaining quality and extending shelf-life of tilapia *Oreochromis niloticus* fish during storage at 4 °C. **Arabian Aquaculture Conference**, Egypt, v. 8, n. 2, p. 296-306, 2013.

ALAK, G.; HISAR, S.; HISAR, O.; KABAN, G.; KAYA, M. Microbiological and chemical properties of bonito fish (*Sarda sarda*) fillets packaged with chitosan film, modified atmosphere and vacuum. **Journal of the Faculty of Veterinary Medicine**, Turkey, v. 16, p. 73-80, 2010.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: APHA, 2001. 600 p.

BRASIL. Ministério do Interior. Agência Nacional de Águas – ANA. Portaria nº 0013, de 15 de janeiro de 1976. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1976. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Santa%20Catarina.pdf>>. Acesso em: 6 maio 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA. Aprovado pelo Decreto no 30.691, de 29/03/52, alterado pelo Decreto nº 1255 de 25/06/62. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2001. Seção 1, 1 p.

CADUN, A.; KISLA, D.; CAKLI, S. Marination of deep-water Pink shrimp with Rosemary extract and the determination of its shelf-life. **Food Chemistry**, London, v. 109, n. 1, p. 81-87, 2008. PMID:26054267. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.021>.

DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L.; CARVALHO, L. R.; SIMON, J. W.; RUSSO, V. C. Avaliação sensorial do guacamole com adição de α tocoferol e ácido ascórbico conservado pelo frio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 140-148, 2011.

FERNÁNDEZ, K.; ASPÉ, E.; ROECKEL, M. Scaling up parameters for shelf-life extension of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) fillets using superchilling and modified atmosphere packaging. **Food Control**, Guildford, v. 21, n. 6, p. 857-862, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.11.016>.

GIMÉNEZ, A.; VARELA, P.; SALVADOR, A.; ARES, G.; FISZMAN, S.; GARITTA, L. Shelf life estimation of Brown pan Bread: a consumer approach. **Journal Food Quality and Preference**, Essex, v. 18, n. 2, p. 196-204, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.09.017>.

GUERRA, I. C. D.; FÉLEX, S. S. S.; MEIRELES, B. R. L. M.; DALMÁS, P. S.; MOREIRA, R. T.; HONÓRIO, V. G.; MORGANO, M. A.; MILANI, R. F.; BENEVIDES, S. D.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MADRUGA, M. S. Evaluation of goat mortadella prepared with different levels of fat and goat meat from discarded. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 98, n. 1, p. 59-63, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.019>.

HORWITZ, W. (Ed.). **Official methods of analysis**. 12. ed. Washington: AOAC, 2000.

THE INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS – ICMSF. **Microorganisms in foods: sampling for microbiological analysis: principles and**

Efeito da embalagem com atmosfera modificada associada ao ácido ascórbico na vida útil de filés de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*)

Guerra, N. et al.

scientific applications. 2. ed. New York: Blackwell Scientific Publications, 1986.

ISMAIL, H. A.; LEE, E. J.; KO, K. Y.; AHN, D. U. Effects of aging time and natural antioxidants on the color, lipid oxidation and volatiles of irradiated ground beef. **Meat Science**, Barking, v. 80, n. 3, p. 582-591, 2008. PMID:22063569. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.02.007>.

MANJU, S.; JOSE, L.; SRINIVASA GOPAL, T. K.; RAVISHANKAR, C. N.; LALITHA, K. V. Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum-packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of Pearlsplit (*Etroplus suratensis*) during chill storage. **Food Chemistry**, London, v. 102, n. 1, p. 27-35, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.037>.

MASNIYOM, P. Deterioration and shelf-life extension of fish and fishery products by modified atmosphere packaging. **Journal of Science and Technology**, Ghana, v. 33, n. 2, p. 181-192, 2011.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. London: CRP Press, 1991. 287 p.

MOHAN, C. O.; RAVISHANKAR, C. N.; GOPAL, T. K. S.; LALITHA, K.; KUMAR, K. A. Effect of reduced oxygen atmosphere and sodium acetate treatment on the microbial quality changes of seer fish (*Scomberomorus commerson*) steaks stored in ice. **Food Microbiology**, Summit-Argo, v. 27, n. 4, p. 526-534, 2010. PMID:20417403. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2010.01.005>.

MONTEIRO, M. L. G.; MÁRSICO, E. T.; TEIXEIRA, C. E.; MANO, S. B.; CONTE JÚNIOR, C. A.; VITAL, H. C. Validade comercial de filés de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) resfriados embalados em atmosfera modificada e irradiados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 4, p. 737-743, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000400027>.

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

OLIVEIRA, N. M. S.; OLIVEIRA, W. R. M.; NASCIMENTO, L. C.; SILVA, J. M. S.; VICENTE, E.; FIORINI, J. E.; BRESSAN, M. C. Avaliação físico-química de filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidos à sanitização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 83-89, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000100013>.

REDDY, N. R.; PARADIS, A.; ROMAN, M. G.; SOLOMON, H. M.; RHODEHAMEL, E. J. Toxin development by *Clostridium*

botulinum in modified atmosphere packaged fresh tilapia fillets during storage. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 61, n. 3, p. 632-635, 1996. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.tb13174.x>.

REDDY, N. R.; ROMAN, M. G.; VILLANUEVA, M.; SOLOMON, H. M.; KAUTTER, D. A.; RHODEHAMEL, E. J. Shelf life and *Clostridium botulinum* toxin development during storage of modified atmosphere-packaged fresh catfish fillets. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 62, n. 4, p. 878-884, 1997. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb15478.x>.

SILVESTRI, J. D. F.; PAROUL, N.; CZYEWski, E.; LERIN, L.; ROTAVA, I.; CANSIAN, L.; MOSSI, A.; TONIAZZO, G.; OLIVEIRA, D.; TREICHEL, H. Perfil da composição química e atividade antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 5, p. 589-594, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2010000500004>.

SOARES, K. M. P.; GONÇALVES, A. A.; SOUZA, L. B.; SILVA, J. B. A. Pesquisa de *Staphylococcus aureus* em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) armazenada em gelo. **Acta Veterinária Brasileira**, Mossoró, v. 6, n. 3, p. 239-242, 2012.

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**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 7-15, 2005.

TEODORO, A. J.; ANDRADE, E. C.; MANO, S. B. B. Avaliação da utilização de embalagem em atmosfera modificada sobre a conservação de sardinhas (*Sardinella brasiliensis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 158-161, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612007000100028>.

VELU, S.; ABU BAKAR, F.; MAHYUDIN, N. A.; SAARI, N.; ZAMAM, M. Z. Effect of modified atmosphere packaging on microbial flora changes in fishery products. **International Food Research Journal**, Malaysia, v. 20, n. 1, p. 17-26, 2013.

YILMAZ, M.; CEYLAN, Z. G.; KOCAMAN, M.; KAYA, M.; YILMAZ, H. The effect of vacuum and modified atmosphere packaging on growth of listeria in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. **Journal of Muscle Foods**, Connecticut, v. 20, n. 4, p. 465-477, 2009. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4573.2009.00161.x>.