



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO TECNOLÓGICO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE  
ALIMENTOS

**INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO GASOSA NAS CARACTERÍSTICAS  
FÍSICO- QUÍMICAS DE OSTRAS (*Crassostrea gigas*)  
ACONDICIONADAS SOB ATMOSFERA MODIFICADA**

Ana Carolina Flôr Vieira

Florianópolis

2017



Ana Carolina Flôr Vieira

**INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO GASOSA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-  
QUÍMICAS DE OSTRAS (*Crassostrea gigas*) ACONDICIONADAS SOB  
ATMOSFERA MODIFICADA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia Química e de Alimentos do Centro de tecnologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof. Dra. Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz.

Coorientadora: Ms. Fernanda Fidler.

Florianópolis

2017



Este trabalho é dedicado à minha família.



## AGRADECIMENTOS

À Deus e à Santa Paulina, por terem me iluminado e dado força nos momentos difíceis que surgiram durante esses anos de caminhada.

À Universidade Federal de Santa Catarina, por oferecer a estrutura necessária para o desenvolvimento deste trabalho.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Alcilene Rodrigues Monteiro, pela confiança, incentivo e orientação durante meu período como bolsista em seu laboratório e durante o TCC.

À minha coorientadora Fernanda Fidler, por toda a paciência, apoio e orientação durante o período em que fui sua IC e principalmente agora durante este trabalho.

À minha mãe Kátia, que foi extremamente importante para este trabalho e para toda a minha graduação, me dando força nos momentos desanimadores, orientação durante as correções necessárias e acima de tudo muito amor e compreensão durante esses 5 anos e meio de curso.

A meu pai Ivan por todo amor, compreensão e incentivo e por, junto com minha mãe, não medir esforços para que eu e meu irmão alcancemos nossos sonhos.

A meu irmão Ivanzinho pelo companheirismo de todas as manhãs na ida para a UFSC, por compartilhar comigo dos momentos bons e ruins da engenharia e pelo incentivo durante o curso.

A meu namorado Rafael, por ter tido paciência comigo principalmente durante esse último semestre e por todo o amor e apoio dados.

À vó Ete, por todas as velas acesas durante as provas mais difíceis da graduação. Sei que mesmo lá do céu vai estar sempre torcendo e rezando por mim.

Às minhas amigas Helena, Isabella, Letícia e minha “gêmea” Renata por fazerem parte de todos esses anos de graduação, compartilhando das mesmas angústias e alegrias e por nunca deixarem de estar ao meu lado.

Aos colegas do PROFI: Betina, Leno e Marielle, por toda a amizade e ajuda prestada durante este período.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

Muito obrigada!!



“Nunca, jamais desanimeis, embora venham ventos contrários”

Santa Paulina



## RESUMO

Os processos de conservação dos alimentos visam a manutenção da segurança microbiológica e de suas qualidades nutricionais. Dentre os alimentos que vem conquistando a preferência dos consumidores destacam-se os frutos do mar, em especial, peixes e moluscos, como as ostras, consideradas ricas em proteínas e baixo teor de gordura. As ostras são limpas e geralmente consumidas “*in natura*”, têm curta vida útil e uma das alternativas para preservar suas características nutritivas é o uso da atmosfera modificada (EAM) combinada com refrigeração, técnica que consiste em introduzir gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  e  $\text{N}_2$ ) durante o envase do alimento. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da composição gasosa nas características físico-químicas durante o armazenamento de ostras acondicionadas em atmosfera modificada. Ostras foram coletadas, limpas, submetidas a tratamento térmico ( $100^\circ\text{C}/15$  min) e após resfriadas foram embaladas em atmosfera modificada nas seguintes composições gasosas: EAM 1 (100%  $\text{CO}_2$ ) e EAM 2 (80%  $\text{N}_2/20\%$   $\text{CO}_2$ ). Análises físico-químicas foram realizadas após o tratamento térmico e durante o período de armazenamento das ostras a fim de avaliar além da concentração de  $\text{CO}_2$  dissolvido nas ostras, o efeito nos parâmetros físico-químicos destes moluscos. A maior influência do  $\text{CO}_2$  foi no pH, que durante o armazenamento houve diminuição conforme o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  dissolvida nas ostras. O exsudado também sofreu alterações ao longo do armazenamento, podendo atribuir seu aumento aos maiores valores de capacidade de retenção de água das ostras ou ainda ao aumento da quantidade de  $\text{CO}_2$  dissolvido nas amostras. As outras características físico-químicas, atividade de água e umidade, apresentaram pequenas alterações, que podem ser atribuídas à variabilidade da amostra.

**Palavras-chave:** Ostras; atmosfera modificada;  $\text{CO}_2$ .



## ABSTRACT

Food preservation is to prevent the growth of microorganism also include maintaining of nutritional qualities, as well inhibit visual deterioration. Sea food as fish and molluscs such as oysters have been preference of the consumers, due their nutritional compounds as protein and low fat content. Due short shelf life, the oysters after heat treatment and processing, can be stored under refrigeration using conservation processes as modified atmosphere (MAP). MAP is a conservation method when gases (as CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>) are added during the food packaging. This study was about the influence of the gas composition on the physical-chemical characteristics during the storage of oysters under modified atmosphere. Oysters were collected, cleaned, heat treated (100 ° C / 15 min) and after the cooling process, packaged in modified atmosphere - EAM 1 (100% CO<sub>2</sub>) and EAM 2 (80% N<sub>2</sub>/20% CO<sub>2</sub>). Physical-chemical analyzes were performed after the thermal treatment and during the storage period. The concentration of CO<sub>2</sub> dissolved in the oysters was determined in the package headspace and the effect of the gas absorption on the physical-chemical parameters of these molluscs was evaluated. The biggest influence of the concentration of CO<sub>2</sub> in the modified atmosphere was in the pH and during the storage that decreased with the increasing of the CO<sub>2</sub> concentration. The exsudate also showed modifications during the storage period and it can be due the increase of the CRA or because of the CO<sub>2</sub> solubilized into the oysters. Physical-chemical parameters such as Aw (water activity) and moisture had small changes, which can be attributed to the sample's variability.

**Keywords:** Oysters; modified atmosphere; CO<sub>2</sub>.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Anatomia da ostra .....	25
Figura 2 - Evolução da produção de ostras comercializadas por Santa Catarina.....	27
Figura 3 - Velocidade relativa de reações e de crescimento microbiano em função da atividade de água.....	32
Figura 4 - Fluxograma do processamento de ostras, seguido do envase em atmosfera modificada.....	34
Figura 5 - Método utilizado para determinar a concentração de gás dissolvido.....	37
Figura 6 - Comportamento da concentração de CO <sub>2</sub> no <i>headspace</i> ao longo do armazenamento.....	39
Figura 7 - Concentração de CO <sub>2</sub> dissolvido nas ostras nas EAM 1 e 2 ao longo do armazenamento.....	40
Figura 8 - EAM 1 (a) e EAM 2 (b) aos 28 dias de armazenamento.....	41
Figura 9 - Ostras armazenadas em EAM 2 por 2 dias (a) e 28 dias (b).....	43
Figura 10 - Exsudado em amostras da EAM 2 aos 2 (a) e aos 25 dias (b) de armazenamento.....	46



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores de pH para as EAM 1 e 2.....	42
Tabela 2- Análises de umidade, CRA e perda de água por exsudação das ostras armazenadas nas EAM 1 e 2. ....	44
Tabela 3- Análise de Aa das ostras armazenadas nas EAM 1 e 2.....	46



## NOMENCLATURA

EAM	Embalagem de Atmosfera Modificada
Aa	Atividade de Água
pH	Potencial Hidrogeniônico
CRA	Capacidade de Retenção de Água
PPE	Porcentagem de Água por Exsudação
$C_{CO_2}^t$	Concentração de CO <sub>2</sub> no tempo t (mg CO <sub>2</sub> /kg de produto)
$M_{CO_2}$	Massa molar de CO <sub>2</sub> (g/molCO <sub>2</sub> )
$V_{g i}$	Volume de CO <sub>2</sub> no tempo inicial (m <sup>3</sup> )
$V_{g t}$	Volume de CO <sub>2</sub> no tempo t (m <sup>3</sup> )
V <sub>HS</sub>	Volume de gás no <i>headspace</i> (m <sup>3</sup> )
F <sub>res</sub>	Força resultante (N)
$\rho_f$	Massa específica do fluido (kg m <sup>-3</sup> )
$\rho_a$	Massa específica do alimento (kg m <sup>-3</sup> )



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
1.1 OBJETIVOS.....	24
<b>1.1.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>24</b>
<b>1.1.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>24</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>25</b>
2.1 OSTRAS DO GÊNERO <i>CRASSOSTREA</i> .....	25
2.2 CULTIVO E COMERCIALIZAÇÃO DE OSTRAS .....	26
2.3 A EMBALAGEM DE ALIMENTOS EM ATMOSFERA MODIFICADA..	28
<b>2.3.1 Gases utilizados na Atmosfera Modificada.....</b>	<b>29</b>
2.4 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DAS OSTRAS.....	31
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>33</b>
3.1 MATÉRIA-PRIMA .....	33
3.2 PROCESSAMENTO .....	33
3.3 ACONDICIONAMENTO DAS OSTRAS PROCESSADAS EM ATMOSFERA MODIFICADA .....	35
3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....	35
<b>3.4.1 Atividade de água (Aa): .....</b>	<b>35</b>
<b>3.4.2 Umidade: .....</b>	<b>35</b>
<b>3.4.3 pH: .....</b>	<b>36</b>
<b>3.4.4 Perda de água por exsudação.....</b>	<b>36</b>
<b>3.4.5 Capacidade de Retenção de Água (CRA) .....</b>	<b>36</b>
3.5 COMPOSIÇÃO GASOSA .....	37
3.6 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CO <sub>2</sub> DISSOLVIDO NAS OSTRAS DURANTE O ARMAZENAMENTO.....	37
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	38
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>39</b>
4.1 COMPOSIÇÃO GASOSA NAS EMBALAGENS .....	39

4.2	CONCENTRAÇÃO DE CO <sub>2</sub> DISSOLVIDO NAS OSTRAS.....	40
4.3	EFEITO DA ABSORÇÃO DO GÁS NOS PARÂMETROS FÍSICO- QUÍMICOS DE OSTRAS .....	41
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>6.</b>	<b>SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>51</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>53</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a preocupação em se obter alimentos saudáveis e seguros para o consumo tem motivado a realização de estudos e pesquisas relacionados à conservação dos mesmos. Estes processos visam preservar as qualidades nutricionais e inibir o crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes. Assim, procura-se minimizar as alterações nos alimentos visando manter suas características sensoriais e aumentar sua vida útil (LIMA, 2014).

O desenvolvimento de métodos e técnicas de conservação de alimentos pode ser observado também em relação a pescados, como peixes e moluscos, cujo consumo vem crescendo entre aqueles que buscam seguir uma dieta saudável. Dentre os moluscos produzidos no Brasil, a ostra tem se destacado por ser considerada rica em proteínas e baixo teor de gordura (FIGUEIREDO, 2017).

Com o aumento da procura por este produto, tornou-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias de processamento, que possibilitem o aumento da vida útil de ostras preservando suas características nutricionais. Uma alternativa é o uso da atmosfera modificada, a qual consiste na injeção de gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  e  $\text{N}_2$ ) em concentrações diferentes da atmosfera, durante o envase do produto, sem posterior controle da atmosfera (LIMA, 2014). O aumento da vida útil dos alimentos na atmosfera modificada, deve-se principalmente ao efeito bacteriostático do  $\text{CO}_2$  e à sua quantidade solubilizada no produto (MENDES; PESTANA; GONÇALVES, 2008). A combinação do envase em atmosfera modificada após tratamento térmico e armazenamento refrigerado já foi aplicada em ostras (*Crassostrea gigas*) com resultados positivos para extensão da sua vida (SOARES, 2013).

Com o interesse em melhorar todo o processo de conservação, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da composição gasosa e da concentração de  $\text{CO}_2$  dissolvido nas características físico-químicas de ostras durante o armazenamento em atmosfera modificada refrigerada. Estudos que analisam tal influência têm apresentado resultados satisfatórios em alimentos como mexilhões e ostras (SIVERTSVIK & BIRKELAND, 2006; ROTABAKK et al., 2010; SOARES et al., 2015; LIMA et al., 2016).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência da composição gasosa nas características físico-químicas de ostras (*Crassostrea gigas*) acondicionadas em atmosfera modificada refrigerada.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

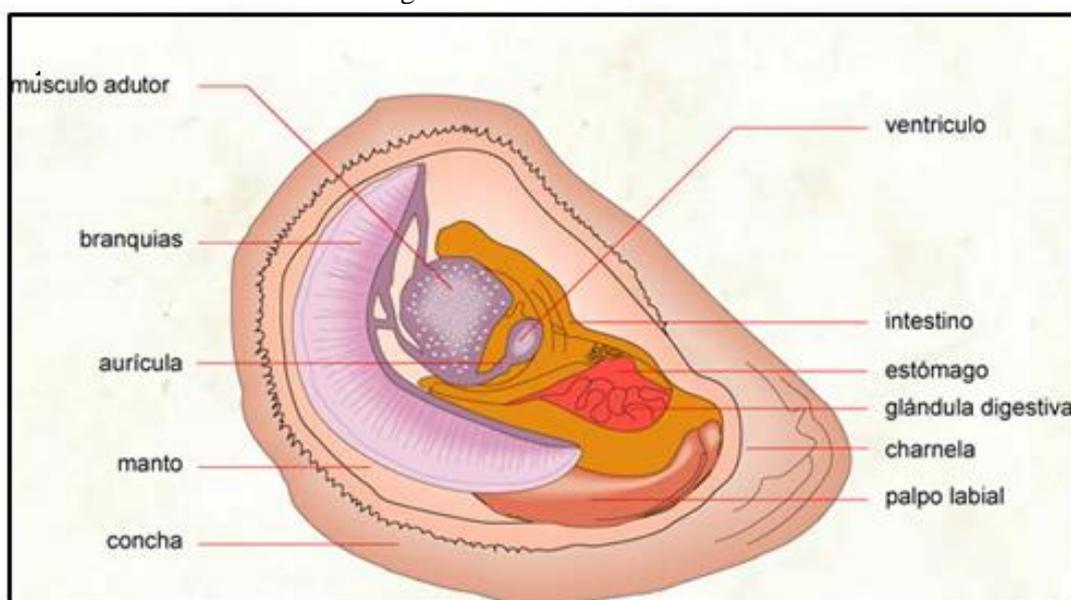
- Testar diferentes concentrações de CO<sub>2</sub> nas embalagens contendo ostras cozidas;
- Avaliar o comportamento da composição gasosa no *headspace* da embalagem durante o armazenamento;
- Avaliar a influência da concentração de CO<sub>2</sub> dissolvido em ostras nas características físico-químicas durante o armazenamento.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 OSTRAS DO GÊNERO *CRASSOSTREA*

Ostras do gênero *Crassostrea* são moluscos bivalves amplamente consumidos e pertencentes à família *Ostreidae* (RIOS, 1994). Tais moluscos possuem o corpo envolvido por duas conchas ou valvas articuladas em sua porção dorsal por um ligamento córneo. O corpo é composto por: conchas, músculo adutor, brânquias, manto, sistema digestivo, sistema circulatório e sistema nervoso (NETO, 2011), conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Anatomia da ostra



Fonte: NEEMA (2017)

As ostras obtêm seu alimento da matéria orgânica e inorgânica, fitoplâncton e partículas em suspensão presentes na água por meio de filtração branquial (SOARES, 2013). Por serem organismos filtradores, são capazes de ingerir partículas em suspensão, as quais ficam acumuladas em seu trato digestivo e podem conter microrganismos patogênicos e deteriorantes, que são capazes de induzir alterações indesejáveis durante seu processamento e armazenamento (FRANCO e LANDGRAF, 2005), contribuindo para o curto período de comercialização desse alimento.

Cabe destacar que as ostras são ricas em zinco e ácidos graxos ômega 3 e ômega 6, fundamentais na proteção contra doenças cardiovasculares (LINGHAM et al., 2016). Parisenti, Tramonte e Arellano (2010) reportaram que estes moluscos contêm lipídios benéficos à saúde

incluindo ácidos graxos da série ômega-3 e baixo teor de colesterol, podendo fazer parte de uma dieta saudável.

No que se refere à composição de sua carne, as ostras apresentam uma variação sazonal, sendo que a qualidade destes produtos depende muito de sua composição química. Esta composição varia de uma espécie para outra e até mesmo dentro da mesma espécie, sendo afetada por alguns fatores como: época do ano, local e temperatura da água de cultivo, idade, tamanho, sexo, tipo de processamento e estocagem do produto (PEDROSA; COZZOLINO, 2001; PORTELLA, 2005; ORBAN et al., 2004).

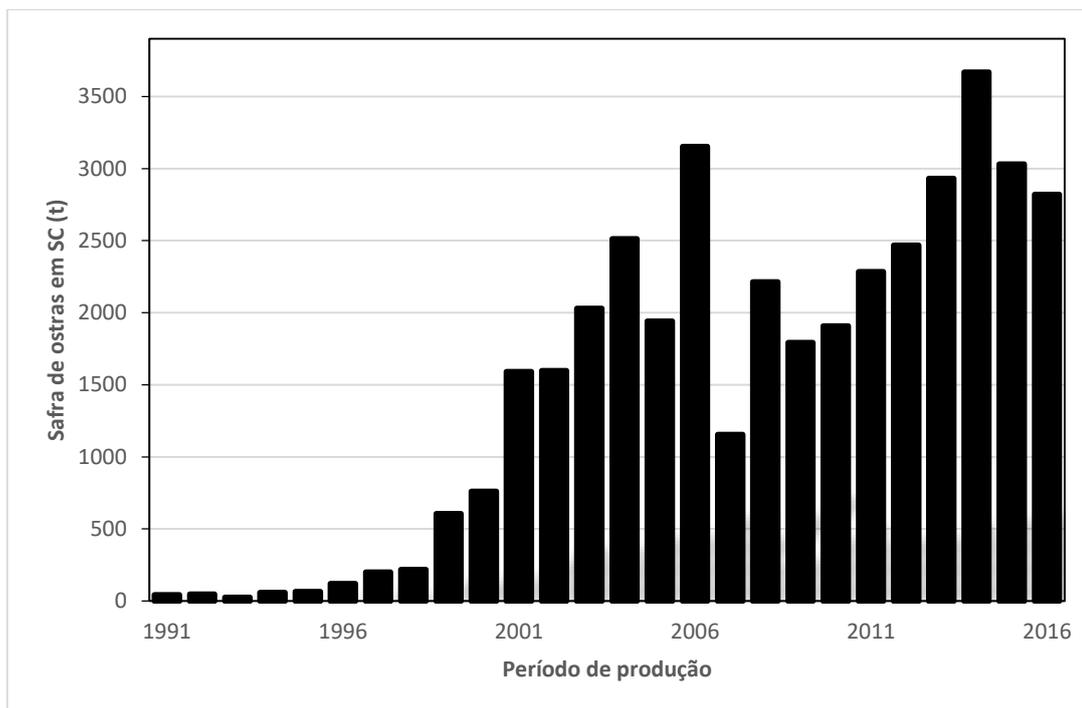
## 2.2 CULTIVO E COMERCIALIZAÇÃO DE OSTRAS

O cultivo de ostras no Brasil é uma atividade relativamente recente, com início em diversas partes do país em meados da década de 1970 (WAKAMATSU, 1973). A produção deste molusco, seja através da extração em bancos naturais ou da implantação de estruturas de cultivo, é uma fonte de renda importante para a economia de muitas comunidades pesqueiras espalhadas ao longo da costa brasileira (OSTRENSKY et al., 2008).

Na região sul do Brasil, ostras do gênero *Crassostrea gigas* têm destaque comercial. Esta ostra é originária da região do Pacífico e pode ser encontrada naturalmente no Japão, Coreia e China (IMAI, 1982). A espécie se adaptou bem ao litoral catarinense e seu cultivo foi se expandindo, tendo experimentado um crescimento formidável na última década (PONTES, 2009).

Atualmente, têm-se a região sul do país como maior produtora de ostras, com destaque para o estado de Santa Catarina (OSTRENSKY et al., 2008), que responde por 98% da produção nacional (IBGE, 2015). Na safra de 2014, o estado obteve uma produção de 3670,36 t, considerada recorde estadual conforme dados da EPAGRI/2015. Na Figura 2 é mostrada a evolução na produção de ostras nos últimos 25 anos, no estado de Santa Catarina.

Figura 2 - Evolução da produção de ostras comercializadas por Santa Catarina.



Fonte: Adaptado de EPAGRI (2017).

No ano de 2015, a comercialização de ostras gerou uma movimentação de R\$78.895.697,64 para o estado de Santa Catarina e o envolvimento direto de 2.315 pessoas com a produção de moluscos bivalves (ostras, mexilhões e vieiras) segundo dados da EPAGRI (2016).

As ostras normalmente são comercializadas *in natura*, podendo ser vendidas frescas ainda nas conchas ou ter sua carne removida, empacotada e vendida em estabelecimentos comerciais como restaurantes e bares (LOURENÇO, 2006), no entanto, existem poucos produtos de pescados processados no mercado de origem nacional. Com o aumento considerável da produção nos últimos anos, tornou-se necessário o investimento em controle higiênico-sanitário (LIMA, 2010) e em novas tecnologias de produção. Nesse sentido, em 2012, o governo federal publicou o Programa Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves – PNCMB, que determina as regras para retirada, trânsito, processamento e transporte de moluscos bivalves destinados ao consumo humano, bem como as instituições responsáveis pela fiscalização das diferentes etapas.

No entanto, ainda ocorrem muitas situações em que moluscos, dentre os quais as ostras, são transportados em condições inadequadas, processados ao ar livre, acondicionados para venda em locais sem refrigeração, sem embalagem e sem informações sobre sua

procedência ou validade, o que pode colocar em risco a saúde dos consumidores (EPAGRI, 2013).

As ostras *in natura* são alimentos altamente perecíveis, de um modo geral, têm vida útil de apenas 3 a 4 dias. Muitas técnicas de processamento para frutos do mar têm sido utilizadas nos últimos anos, como tratamento com ozônio, congelamento, pasteurização, aditivos, luz ultravioleta (UV), processamento de alta pressão hidrostática e tratamento térmico com atmosfera modificada (COOK, 1997; HESSELMAN, 1999; ANDREWS; JAHNCKE; MALLIKARJUNAN, 2003; JAKABI et al., 2003; DRAKE; DEPAOLA; JAYKUS, 2007; BLOGOSLAWSKI; STEWART, 2011; SOARES, 2013; PHUVASATE; SU, 2015; CHOUHAN et al., 2015). Dentre as técnicas citadas, o tratamento térmico é o procedimento mais utilizado para a inativação microbiana em alimentos, importante para reduzir a contagem de bactérias deteriorantes e patogênicas presente em moluscos. Além disso, é responsável por facilitar a abertura das conchas. A fim de aumentar a vida útil, o tratamento térmico deve ser combinado com outros métodos de conservação não severos, como atmosferas modificadas (EAM) e refrigeração (SIMPSON et al., 2009; ROSNES et al., 2011; SOARES, 2013; LIMA, 2014).

### 2.3 A EMBALAGEM DE ALIMENTOS EM ATMOSFERA MODIFICADA

A embalagem em atmosfera modificada consiste em substituir a atmosfera natural que rodeia o alimento por outra mistura de gases de composição conhecida, otimizada para cada tipo de produto (SANTOS e OLIVEIRA, 2012). Assim, retarda-se a degradação dos alimentos e preserva-se suas características e sua qualidade por mais tempo.

A mistura de gases ideal depende de vários fatores, como o tipo de produto a ser embalado, a microbiota presente, o principal mecanismo de deterioração do alimento e sua sensibilidade aos gases empregados (MANTILHA et al., 2010).

Produtos que respiram e produtos que não respiram diferem na escolha dos gases utilizados na mistura colocada na embalagem pois ela possui efeitos distintos em cada um desses produtos. Em alimentos que não respiram, como por exemplo carnes, o principal fator de degradação é a atividade microbiana, sendo necessária utilização de misturas com cerca de 30-60% de CO<sub>2</sub> (FIDLER, 2015). Também é necessário o uso de filmes com baixa permeabilidade aos gases utilizados, a fim de minimizar a dissipação da atmosfera modificada através da embalagem (CABRAL, 2011) uma vez que a composição gasosa do interior tende

em entrar em equilíbrio com a composição do exterior e a velocidade com que isso ocorre depende da permeabilidade do material da embalagem.

Ao analisar alguns estudos sobre a embalagem em atmosfera modificada, Santos e Oliveira (2012) identificaram algumas vantagens deste método, dentre as quais pode-se destacar o aumento na qualidade do produto, o uso de embalagem prática e sem cheiro e o aumento da vida útil dos alimentos.

Em produtos como pescados, esse aumento é devido à inibição das reações de oxidação e do crescimento de microrganismos deteriorantes, contribuindo para manter as características físico-químicas do alimento. O uso combinando com baixas temperaturas de armazenamento, na faixa de refrigeração, torna-se uma técnica eficaz para alcançar a extensão da vida de prateleira dos alimentos pois auxilia na redução de processos bioquímicos e biológicos dos tecidos que continuam em atividade, como a respiração e a oxidação lipídica (DEWITT e OLIVEIRA, 2016; JAYAS e JEYAMKONDAN, 2002). O resultado é refletido na aparência dos produtos, que ganham destaque e preferência dos consumidores, pela oferta de um produto pronto para consumo.

Ordoñez et al. (2000) concluíram que a embalagem com 40/60% CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> de filé de merluza sob refrigeração aumentou a validade do produto em até três vezes. Soares (2013), aplicou o tratamento térmico em ostras (*Crassostrea gigas*) e depois embalou em atmosfera modificada (50/50% CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>) e manteve as amostras refrigeradas por 31 dias, durante este período as contagens de aeróbios mesófilos totais e psicrotróficos totais mantiveram-se abaixo de 5 ciclos logarítmicos durante todo o armazenamento, e os parâmetros umidade, pH, atividade de água e textura mantiveram-se constantes até o fim do armazenamento.

### 2.3.1 Gases utilizados na Atmosfera Modificada

De acordo com Philips (1996), dentre os gases mais utilizados na embalagem de alimentos em atmosfera modificada, estão o oxigênio (O<sub>2</sub>), o nitrogênio (N<sub>2</sub>) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), misturados em diferentes proporções para se obter o melhor resultado. Com relação a cada um destes gases, observa-se que:

- O **oxigênio** (O<sub>2</sub>): favorece o crescimento de bactérias aeróbicas e inibe o crescimento das anaeróbicas estritas, além disso, é responsável por reações indesejadas como a oxidação de lipídios. Para que produtos como ostras se mantenham frescos por um tempo maior,

é essencial que se remova o O<sub>2</sub> do *headspace*, para evitar a oxidação de lipídeos (NOVAK et al., 2003; MCMILLIN, 2008).

- O **nitrogênio** (N<sub>2</sub>): é um gás quimicamente inerte e pouco solúvel em água e gordura e, por causa disso, é usado como gás de enchimento para prevenir o colapso da embalagem causado pela absorção ou dessorção do CO<sub>2</sub> pelo produto (MCMILLIN, 2008; MANTILHA et al., 2010).

- O **dióxido de carbono** (CO<sub>2</sub>): é um dos gases mais importantes utilizados na atmosfera modificada, devido ao fato de não ser tóxico e ter efeito bacteriostático, o que prolonga a vida útil dos alimentos (LIMA, 2014). Segundo Santos e Oliveira (2012) o CO<sub>2</sub> consegue inibir o crescimento de muitas bactérias responsáveis pela degradação do produto, aumentando o efeito inibidor com a concentração.

Ainda no que se refere ao CO<sub>2</sub>, seu mecanismo bacteriostático não é totalmente conhecido, mas sabe-se que ao ser absorvido pela fase aquosa e/ou lipídica do alimento é capaz de aumentar a fase de adaptação e reduzir a taxa de crescimento dos microrganismos, proporcionando, assim, um aumento na validade comercial do alimento (MANTILHA et al., 2010), sem provocar efeitos significativos nas propriedades físico-químicas dos produtos. Com o aumento da solubilidade deste gás, maior é o desempenho dele como inibidor de crescimento microbiano, provavelmente devido ao fato de ser aplicado na faixa de baixas temperaturas (SIVERTSVIK et al., 2002; SIMPSON, ACEVEDO e ALMONACID, 2009) já que a solubilidade do CO<sub>2</sub> é indiretamente proporcional à temperatura de armazenamento, havendo assim um efeito sinérgico para a ação bacteriostática do CO<sub>2</sub> (CHURCH, 1995). Esse gás é altamente solúvel em água e lipídios (GILL, 1988), sendo mais solúvel em água que o oxigênio (O<sub>2</sub> – 25 a 35 vezes menos solúvel) ou nitrogênio (N<sub>2</sub> – 50 a 70 vezes menos solúvel) (JAKOBSEN e BERTELSEN, 2006). No caso de alimentos, o CO<sub>2</sub> é absorvido pela água e/ou lipídios contidos no alimento, causando em embalagens flexíveis a contração de volume devido à diminuição da quantidade de CO<sub>2</sub> no *headsapce* da embalagem.

Um método para determinar a concentração de CO<sub>2</sub> no *headspace* de embalagens flexíveis, foi desenvolvido por Rotabakk et al. (2007). Os autores consideram que toda a variação do volume da embalagem é devido à absorção do CO<sub>2</sub> pelo alimento, e ainda que não há permeabilidade do gás pela embalagem e não há produção nem consumo de gás por microrganismos.

A partir de informações como quantidade de gás dissolvido no produto, o projeto de sistemas de embalagens para alimentos terá mais exatidão e otimização na composição gasosa. Indústrias de alimentos podem projetar embalagens com menores grau de enchimento,

diminuindo os custos e aumentando o *shelf life* do produto pelo uso dos gases em quantidades adequadas.

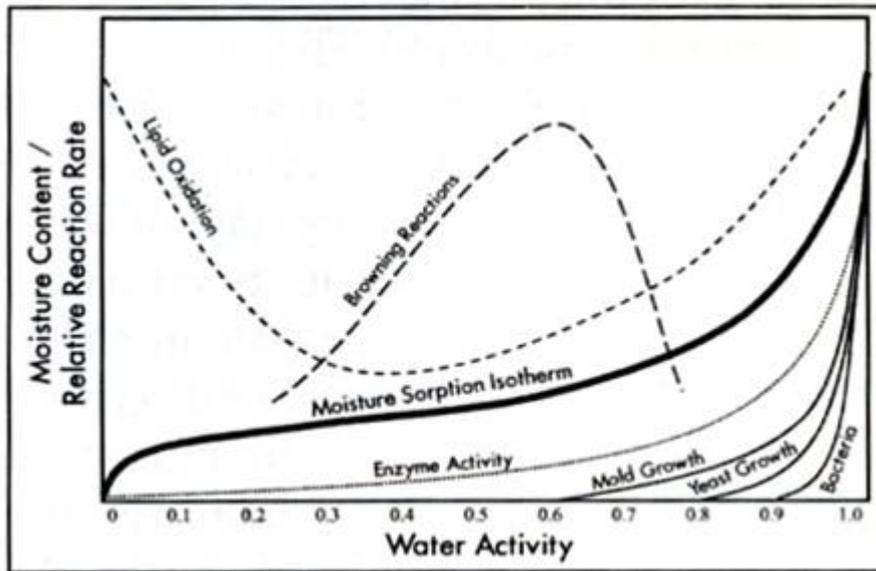
#### 2.4 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DAS OSTRAS

Processamentos pós-colheita podem causar alterações indesejáveis no produto, a avaliação da qualidade do processo é constituída com base em diversos fatores, dentre eles as características físico-químicas do produto. De acordo com Baldwin (2012), a vida útil é definida pelo período em que um produto alimentar permanece seguro para o consumo, mantendo características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais apropriadas. Peixes e moluscos são altamente perecíveis, tendo seu odor, sabor, cor e textura rapidamente alterados pelo crescimento de microrganismos aeróbicos.

As ostras possuem valores altos de atividade de água ( $\geq 0,98$ ), cerca de 77% de umidade, além de pH neutro em torno de 6,50 quando *in natura*, o que contribui para a proliferação de microrganismos deteriorantes (CRUZ ROMERO et al., 2007; CRUZ ROMERO et al., 2008; SOARES, 2013). Além disso, por possuírem elevado conteúdo de água em sua composição, aliado à sua perecibilidade e alta atividade de água (Aa), as ostras tornam-se propensas a sofrer exsudação da água para o interior de embalagens, o que pode acelerar a deterioração e provocar rejeição do produto pelo consumidor (MCMILLIN, 2008; LIMA, 2010). É desejado que produtos de pescado possuam maior retenção de água, por resultar em melhores características de textura, suculência, cor e sabor (TEIXEIRA e BEIRÃO, 1999).

De acordo com Labuza (1968), além de favorecer o crescimento de microrganismos, elevados teores de atividade de água favorecem a oxidação de lipídios, conforme observado na Figura 3.

Figura 3 - Velocidade relativa de reações e de crescimento microbiano em função da atividade de água.



Fonte: Adaptado por FONTANA (2011) de LABUZA (1970).

O controle desses parâmetros é de fundamental importância na conservação e armazenamento, na manutenção da qualidade e no processo de comercialização, uma vez que os microrganismos são dependentes da água para o seu desenvolvimento (LIMA, 2014). Uma alternativa para garantir a qualidade é o emprego de análises das características físico-químicas do produto. Assim, é possível conhecer as condições adequadas de preparo e alterações, desde que não ofereçam risco ao consumidor.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

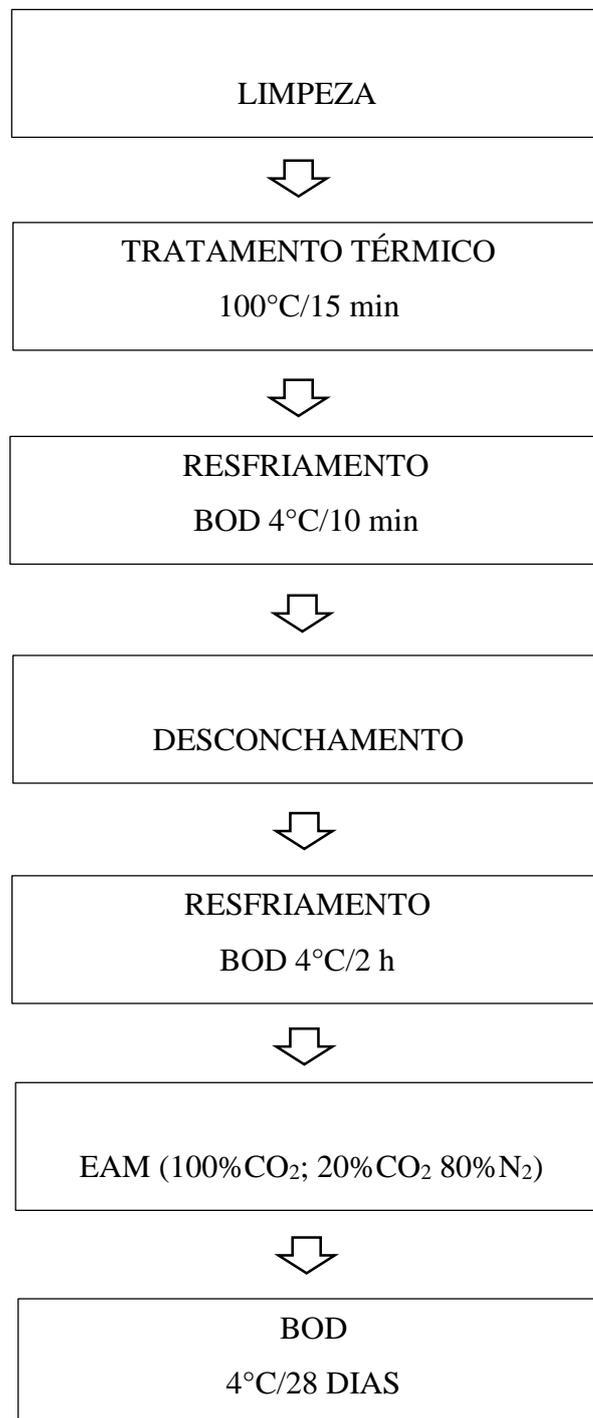
#### 3.1 MATÉRIA-PRIMA

As ostras (*Crassostrea gigas*) foram obtidas *in natura* de um produtor local na região do Sambaqui, costa Oeste da Ilha de Santa Catarina e colhidas no dia do processamento. As ostras foram armazenadas em caixas térmicas e transportadas até o Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos (PROFI) da UFSC.

#### 3.2 PROCESSAMENTO

As amostras foram escovadas sob água corrente para a remoção de eventuais sujidades presentes nas conchas e selecionadas as conchas fechadas e que apresentavam estado de frescor e integridade física, sendo descartadas as abertas. Após a limpeza, bateladas de sete dúzias de ostras foram submetidas à tratamento térmico sob vapor fluente em autoclave vertical (marca Phoenix, modelo AV-50, Brasil), a temperatura de 100°C por 15 minutos para abertura das conchas e redução carga microbiana inicial, de acordo com fluxograma mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma do processamento de ostras, seguido do envase em atmosfera modificada.



### 3.3 ACONDICIONAMENTO DAS OSTRAS PROCESSADAS EM ATMOSFERA MODIFICADA

Após serem resfriadas, cerca de 100g de amostra foram embalados em atmosfera modificada: EAM 1 (100% CO<sub>2</sub>) e EAM 2 (80% N<sub>2</sub>/20% CO<sub>2</sub>), (White Martins, Brasil). Os gases foram injetados utilizando-se uma seladora à vácuo (Selovac modelo 200b- Brasil), que retirava o ar de dentro da embalagem e adicionava a mistura. A embalagem utilizada possui as seguintes características: alta barreira, constituída de poliamidas, polietileno e polietileno modificado, espessura de 90 µm e taxa de permeabilidade ao O<sub>2</sub> (0% UR / 23°C) de 55 cc/m<sup>2</sup>/dia sob condições atmosféricas, da empresa Spel Embalagens Ltda. Após as ostras serem embaladas, foram armazenadas a 4 °C durante 28 dias.

### 3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas foram realizadas nas ostras após o tratamento térmico (tempo 0) e durante o período de armazenamento no laboratório de propriedades físicas de alimentos (PROFI/UFSC).

#### 3.4.1 Atividade de água (Aa):

A atividade de água das ostras foi determinada pelo método direto 978.18, descrito pela AOAC (2000), utilizando higrômetro (Aqualab, da Decagon Devices). Após a calibração do equipamento, 5 g da amostra triturada foi colocada no aparelho e a leitura foi feita automaticamente. A análise foi realizada em triplicata.

#### 3.4.2 Umidade:

A determinação do teor de umidade foi realizada conforme o método 925.09 da AOAC (2000) para as amostras submetidas a 105 °C.

Cinco gramas de amostra foram pesados em cadinhos de porcelana previamente tarados e aquecidos em estufa (Marca Tecnal, TE - 394/2, Brasil) a 105°C por 1 hora, resfriadas em dessecador até temperatura ambiente e pesadas em balança analítica (Shimadzu AY220). Posteriormente, as amostras foram colocadas em estufa a 105°C por 24 horas, resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente, e novamente pesadas até peso constante. Para o cálculo do teor de umidade foi utilizada a Equação (1):

$$x_{bu}(\%) = \frac{m_i - m_f}{m_f} \times 100 \quad (1)$$

Em que,  $x_{bu}$  é a umidade em base úmida,  $m_i$  é a massa inicial da amostra e  $m_f$  é a massa final da amostra. A determinação de umidade foi realizada em triplicata e seu resultado foi expresso em porcentagem.

### 3.4.3 pH:

O pH das amostras foi medido diretamente no alimento utilizando um pHmetro portátil (Testo AG, 205), previamente calibrado, composto por uma sonda para medição de pH e temperatura. As leituras foram realizadas em triplicata.

### 3.4.4 Perda de água por exsudação

A perda de água por exsudação foi determinada a partir do método gravimétrico. Para cada ensaio, a massa da amostra e do exsudado foram determinadas, e expressos em porcentagem (%), conforme sugerido por (SIVERTSVIK & BIRKELAND, 2006; LIMA et al., 2016):

$$\text{PPE} (\%) = \frac{m_a - m_e}{m_a} \quad (2)$$

Em que PPE é percentual de exsudado da amostra,  $m_a$  é a massa inicial da amostra e  $m_e$  é a massa do exsudado.

### 3.4.5 Capacidade de Retenção de Água (CRA)

A CRA das ostras foi determinada utilizando um método de centrifugação, conforme descrito por Desmond et al. (2000) modificado. Amostras de 10 g ( $\pm 0,5$ ) foram envolvidas em gaze e colocadas em tubos próprios da centrífuga, contendo uma camada de algodão ao fundo. Os tubos foram colocados em uma centrífuga (Beckman Coulter Optima L-90k Ultracentrifuge) operando a 7000 rpm (5384g) por 10 minutos a 3 °C. As amostras foram pesadas antes e após a centrifugação e a CRA foi calculada de acordo com a Equação (3). A média das triplicatas de cada processo foi considerada para a análise estatística.

$$\text{CRA} \left( \frac{g_{\text{água}}}{g_{\text{amostra seca}}} \right) = \frac{(m_a - x_w) - (m_a - m_d)}{m_a \times (1 - x_w)} \quad (3)$$

Em que:  $m_a$  é a massa da amostra antes da centrifugação,  $m_d$  é a massa da amostra após a centrifugação e  $x_w$  é o teor de umidade da amostra.

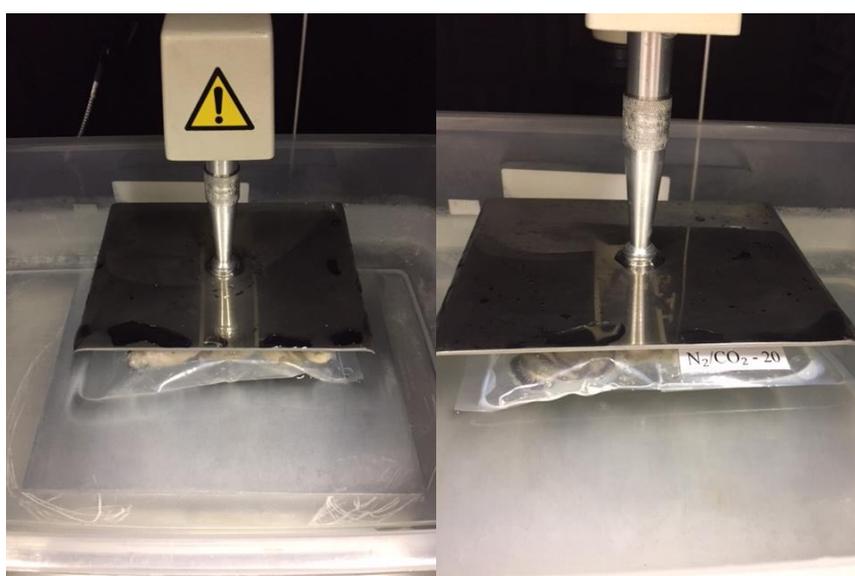
### 3.5 COMPOSIÇÃO GASOSA

A composição gasosa presente no *headspace* das embalagens contendo as amostras foi realizada através da leitura das concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> utilizando o analisador de gases (CheckMate II, PBI Dansensor). As medições foram feitas durante os 28 dias de armazenamento do produto processado, sendo realizadas de forma destrutiva a cada ponto da análise.

### 3.6 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CO<sub>2</sub> DISSOLVIDO NAS OSTRAS DURANTE O ARMAZENAMENTO

A concentração de gás dissolvido nas ostras durante o armazenamento foi determinada de acordo com a metodologia adaptada de Rotabakk et al. (2007). As embalagens foram submersas em água e seu volume determinado, em função da força resultante na célula de carga determinadas em texturômetro (StableMicro System Ltd., TAXT plus Godalming, Inglaterra), conforme mostrado na Figura 5:

Figura 5 - Método utilizado para determinar a concentração de gás dissolvido.



A variação do volume do *headspace* foi determinada de acordo com a Equação (4):

$$C_{CO_2}^t \left( \frac{mg \text{ CO}_2}{kg \text{ produto}} \right) = \frac{1000 \times P \times (V_{g_i} - V_{g_t}) \times M_{CO_2}}{R \times T \times m_p} \quad (4)$$

Onde  $C_{CO_2}^t$  é a concentração de  $CO_2$  no tempo  $t$ ,  $P$  é a pressão atmosférica (Pa),  $V_{g_i}$  é o volume de  $CO_2$  no tempo inicial ( $m^3$ ),  $V_{g_t}$  é o volume de  $CO_2$  no tempo  $t$  ( $m^3$ ),  $M_{CO_2}$  é a massa molar de  $CO_2$  (44,01 g/mol  $CO_2$ ),  $R$  é a constante universal dos gases (8,314 Pa  $m^3$ /mol K),  $T$  é a temperatura (K) e  $m_p$  é a massa de produto (kg).  $V_{g_i}$  e  $V_{g_t}$  são calculados pela Equação (5).

$$V_{HS} (m^3) = \frac{F_{res}}{g \cdot \rho_f} + \frac{m_a}{\rho_f} - \frac{m_a}{\rho_a} \quad (5)$$

Em que,  $V_{HS}$  é o volume de gás no *headspace*,  $F_{res}$  é a força resultante (N),  $g$  é a aceleração da gravidade ( $m \text{ s}^{-2}$ ),  $\rho_f$  é a massa específica do fluido ( $kg \text{ m}^{-3}$ ),  $\rho_a$  é a massa específica do alimento ( $kg \text{ m}^{-3}$ ), e  $m_a$  é a massa do alimento (kg).

Para auxílio na realização dos cálculos foi desenvolvida uma rotina computacional para o *software* Matlab (R2012a, Math Works Inc, MA, USA).

### 3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

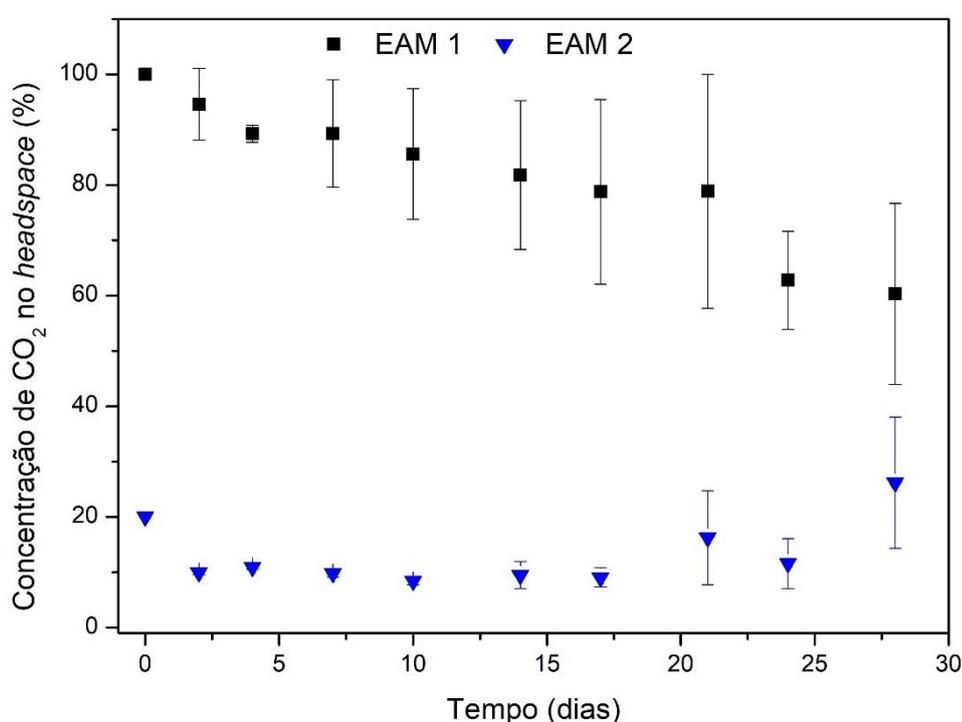
O tratamento estatístico dos dados obtidos foi realizado pelo *software* STATISTICA versão 8.0, através da análise de ANOVA, a fim de verificar a influência do gás de diferentes concentrações da EAM nos parâmetros físico-químicos das ostras.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 COMPOSIÇÃO GASOSA NAS EMBALAGENS

Na Figura 6 é mostrado o comportamento da composição gasosa CO<sub>2</sub> das EAM 1 e 2 durante o armazenamento ao longo de 28 dias.

Figura 6 - Comportamento da concentração de CO<sub>2</sub> no *headspace* ao longo do armazenamento.



Durante os primeiros 10 dias de armazenamento, observou-se uma diminuição na concentração de CO<sub>2</sub> no *headspace* da embalagem para ambas as atmosferas. As mudanças na composição da atmosfera da embalagem podem ter origem microbiológica, bioquímica, química e/ou ser resultado da interação da embalagem com o produto e/ou com o ambiente externo (SARANTÓPOULOS, 2002). Tal determinação é útil para compreender a cinética de absorção do CO<sub>2</sub> na fração aquosa contida nas ostras.

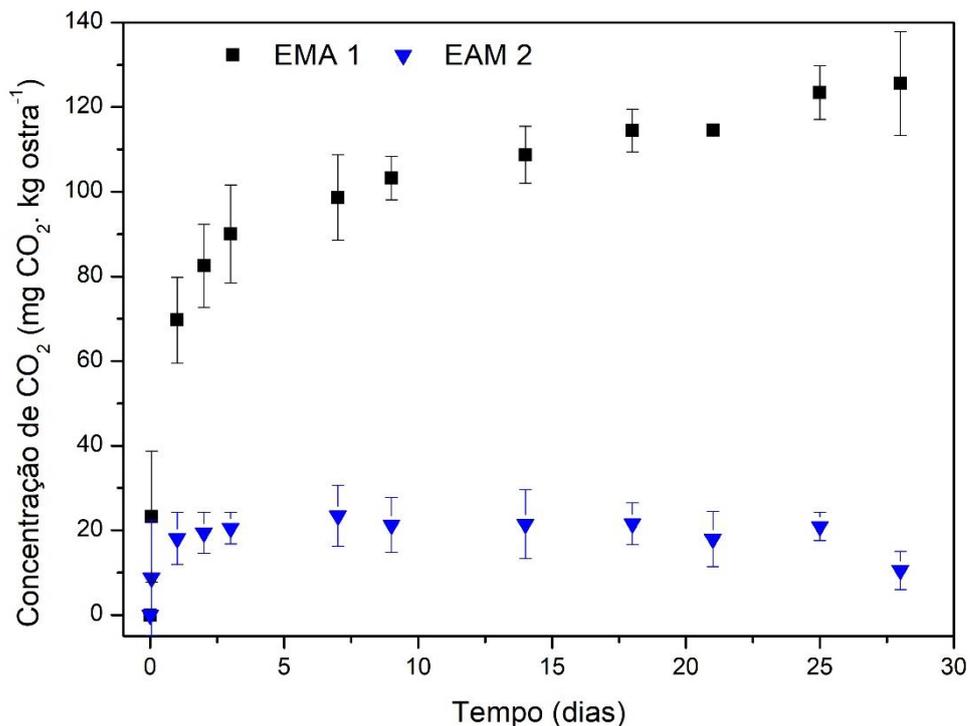
Lima et al. (2016) obtiveram resultados semelhantes ao avaliar o efeito do envase sob atmosfera modificada (50% CO<sub>2</sub>-50% N<sub>2</sub>) de mexilhões *Perna perna*, com diminuição significativa da concentração de CO<sub>2</sub> durante 25 dias de armazenamento refrigerado. Torrieri et al. (2006) aplicaram seis diferentes composições gasosas em atmosfera modificada (0% O<sub>2</sub>-70% CO<sub>2</sub>, 20% O<sub>2</sub>-70% de CO<sub>2</sub>; de 30% O<sub>2</sub>-60% CO<sub>2</sub>, 40% O<sub>2</sub>-60% de CO<sub>2</sub>; de 30% de O<sub>2</sub>-

50% de CO<sub>2</sub>; 21% de CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> 0%) em peixe lobo do mar e quantificaram a composição gasosa no *headspace* e verificaram que em todos os casos, o CO<sub>2</sub> diminuiu, provavelmente como uma consequência da dissolução de gases no líquido do tecido celular. Aos 25 e 28 dias de armazenamento da EAM 2, observou-se um aumento na quantidade de CO<sub>2</sub> presente na embalagem. De acordo com Ordóñez (2005), os principais produtos finais da decomposição bacteriana são: substâncias inorgânicas, hidrogênio, CO<sub>2</sub>, amoníaco, compostos sulfurados, H<sub>2</sub>S e mercaptanos; ácidos graxos de cadeia curta, ácidos aromáticos e bases orgânicas.

#### 4.2 CONCENTRAÇÃO DE CO<sub>2</sub> DISSOLVIDO NAS OSTRAS

A média dos resultados para cada atmosfera obtida para a concentração de CO<sub>2</sub> dissolvido nas ostras está apresentada na Figura 7.

Figura 7 - Concentração de CO<sub>2</sub> dissolvido nas ostras nas EAM 1 e 2 ao longo do armazenamento.



A concentração de CO<sub>2</sub> dissolvido no produto aumentou ao longo do tempo para ambas as atmosferas, no entanto para a EAM 1 esse aumento foi maior do que para a EAM 2. Essa diferença se deve ao fato da composição gasosa da EAM 1 (100% CO<sub>2</sub>) ter uma concentração de CO<sub>2</sub> maior no *headspace* do que a segunda, tendo mais gás disponível para solubilizar no alimento.

Por ser altamente solúvel na fase aquosa, conforme o  $\text{CO}_2$  é absorvido pelo alimento, é comum observar em embalagens flexíveis a contração de volume devido à sua diminuição no *headsapce* da embalagem. Na EAM 1 foi possível observar essa contração de volume, por ter apenas esse gás na composição gasosa. Diferente da EAM 2, que devido à presença de  $\text{N}_2$  não ocorreu a contração da embalagem. Na Figura 8 é possível ver ambas as embalagens aos 28 dias de armazenamento e perceber a diferença entre o volume delas, sendo que a aparência da EAM 1 lembra muito a de um alimento embalado à vácuo.

Figura 8 - EAM 1 (a) e EAM 2 (b) aos 28 dias de armazenamento.



#### 4.3 EFEITO DA ABSORÇÃO DO GÁS NOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE OSTRAS

Outra consequência do  $\text{CO}_2$  absorvido pela ostra é a produção de ácido carbônico, que tende a reduzir o pH dos alimentos, quando comparado com o pH original, conforme mostrado por Jakobsen e Bertelsen (2004). A concentração de  $\text{CO}_2$  influenciou o pH neste trabalho (Tabela 1) cujos valores diminuíram durante o tempo de armazenamento, conforme o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  no produto.

Observa-se que houve variação nos valores de pH ( $p < 0,05$ ) das amostras tanto durante o armazenamento de cada EAM, quanto entre as atmosferas durante o período de armazenamento.

Tabela 1- Valores de pH para as EAM 1 e 2.

Tempo (dias)	EAM 1	EAM 2
0	6,42 ±0,07 <sup>d,C,D,E</sup>	6,47±0,11 <sup>a,b,C,D,E</sup>
2	6,03 ±0,10 <sup>a,B</sup>	6,49±0,06 <sup>b,E</sup>
4	5,91±0,09 <sup>b,c,A,B</sup>	6,32±0,22 <sup>a,C,D</sup>
7	5,99±0,12 <sup>a,b,A,B</sup>	6,32±0,13 <sup>a,C,D</sup>
11	6,03±0,16 <sup>a,B</sup>	6,50±0,12 <sup>b,E</sup>
14	5,98±0,06 <sup>a,b,A,B</sup>	6,45±0,15 <sup>a,b,D,E</sup>
18	5,87±0,04 <sup>c,A</sup>	6,35±0,07 <sup>a,b,C,D</sup>
21	5,96±0,13 <sup>a,b,A,B</sup>	6,30±0,08 <sup>a,C</sup>
25	5,98±0,09 <sup>a,b,A,B</sup>	6,33±0,08 <sup>a,C,D</sup>
28	6,05±0,07 <sup>a,A,B</sup>	5,99±0,40 <sup>c,A,B</sup>

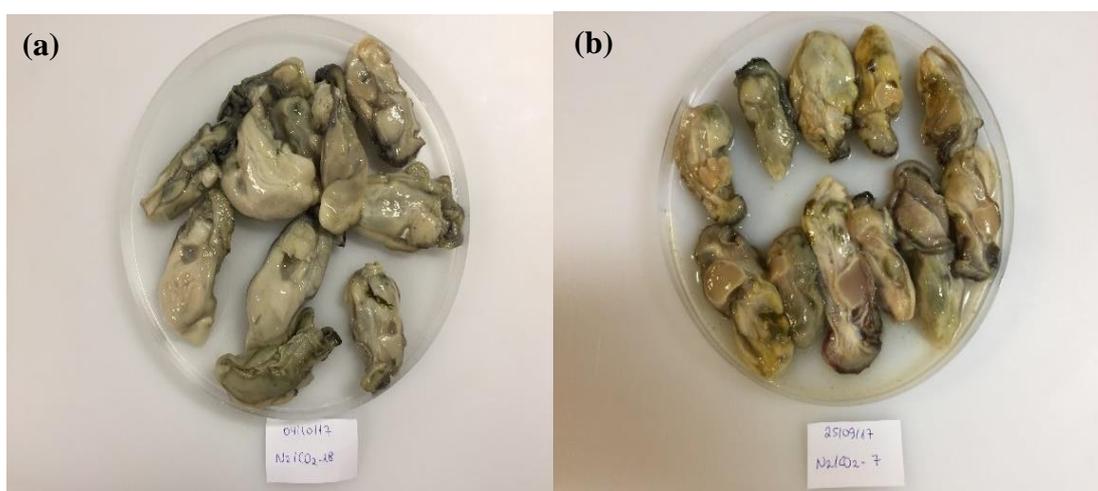
<sup>a-d</sup> Valores na mesma coluna com letras minúsculas diferentes indicam uma diferença significativa  $p < 0,05$ . <sup>A-E</sup> Valores na mesma linha com letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) durante o armazenamento para as EAM.

Na EAM 1 ocorreu uma maior diminuição do pH ao longo dos 28 dias, que pode ser justificado pela maior concentração de CO<sub>2</sub> dissolvida nas ostras, cerca de 100 mgCO<sub>2</sub>. kg de ostra<sup>-1</sup> durante o armazenamento, enquanto na EAM 2 foi cerca de 20 mgCO<sub>2</sub>. kg de ostra<sup>-1</sup>. De acordo com Zhao e Wells (1995) o CO<sub>2</sub> dissolvido provoca acidificação do meio. Mitz (1979), justifica que uma parte do CO<sub>2</sub> fica em forma de gás e 1% dele reage com água e forma ácido carbônico, aumentando consequentemente a quantidade de prótons (H<sup>+</sup>), contribuindo para queda do pH no armazenamento. Isso também explica a diferença entre os valores de pH das ostras no tempo 0 e das embaladas sob atmosfera modificada em presença de CO<sub>2</sub>.

Ostras embaladas em EAM 2 apresentaram degradação avançada nos últimos dias de armazenamento, caracterizada pelo forte odor e alterações visuais. As amostras em EAM 2 apresentaram odor aceitável até o 11<sup>o</sup> dia, quando a contagem microbiana de bactérias mesófilas e psicotróficas era de 2,81 e 2,86 log UFC.g<sup>-1</sup> respectivamente, conforme mostrado em trabalho feito paralelamente no laboratório. A partir dos 14 dias de armazenamento o odor tornou-se inaceitável e a contagem de bactérias mesófilas e psicotróficas subiu para 3,58 e 3,75 log UFC.g<sup>-1</sup>, tornando a amostra não recomendada para consumo. Gram & Dalgaard (2002) relataram que a formação de aminas, sulfuretos, álcoois, aldeídos, cetonas e ácidos orgânicos com *off-flavor* desagradável e inaceitável é uma consequência da deterioração de alimentos, devido a crescimento microbiano e metabolismo. Franco e Landgraf (2008) relataram que as

alterações causadas por ação de enzimas em pescados são responsáveis também pela perda do frescor e o desenvolvimento de odores desagradáveis. Essas enzimas atuam sobre os tecidos musculares, provocando sua decomposição e facilitando a disseminação de microrganismos do trato gastrointestinal, acelerando a deterioração e levando ao amolecimento da carne. Na Figura 9, pode-se observar as ostras armazenadas em EAM 2 por 28 dias sendo comparadas com as armazenadas por 2 dias e perceber alterações em sua aparência.

Figura 9 - Ostras armazenadas em EAM 2 por 2 dias (a) e 28 dias (b).



O Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA (BRASIL, 1980) estabelece valores de pH para pescado e derivados inferiores a 6,5 na parte interna da carne e 6,8 na parte externa. Devido à falta de limites que contemplem especificamente ostras, os estabelecidos por este órgão podem ser indicativos. Soares (2013) fez uso do tratamento térmico combinado com armazenamento em atmosfera modificada (50% CO<sub>2</sub> 50% N<sub>2</sub>) a 3 °C para ostras (*Crassostrea gigas*) e obteve redução no pH de 6,71 após tratamento térmico para 6,19 ao final do armazenamento. Caglak et al. (2008) obteve o valor inicial de pH de 6,72 para mexilhões embalados sob atmosfera modificada e, após 12 dias de armazenamento a 2°C, o valor diminuiu para 5,99. Os resultados apresentados neste trabalho estão em conformidade com os resultados obtidos na literatura.

Na Tabela 2 são mostrados os valores de umidade, capacidade de retenção de água (CRA) e perda de água por exsudação (PPE) para as ostras armazenadas em atmosfera modificada.

Tabela 2- Análises de umidade, CRA e perda de água por exsudação das ostras armazenadas nas EAM 1 e 2.

Tempo (dias)	Umidade (%)		CRA (g)		PPE (%)	
	EAM 1	EAM2	EAM 1	EAM 2	EAM 1	EAM 2
0	76,94±2,98 <sup>a,b,A,B,C,D</sup>	79,90±1,78 <sup>b,D</sup>	1,64±0,18 <sup>d,A</sup>	2,34±0,57 <sup>c,D</sup>	-----	-----
2	75,30±1,43 <sup>a,A</sup>	76,24±4,02 <sup>a,A,B,C</sup>	1,74±0,22 <sup>a,d,A,B,C</sup>	1,67±0,41 <sup>a,A,B</sup>	11,34±3,81 <sup>a,A</sup>	9,63±0,33 <sup>a,A</sup>
4	78,65±1,29 <sup>a,b,A,B,C,D</sup>	78,76±0,99 <sup>a,b,A,B,C,D</sup>	2,16±0,20 <sup>a,b,c,A,B,C,D</sup>	2,18±0,18 <sup>b,c,A,B,C,D</sup>	11,71±1,10 <sup>a,A</sup>	9,40±0,71 <sup>a,A</sup>
7	76,75±0,64 <sup>a,b,A,B,C,D</sup>	79,00±2,24 <sup>a,b,B,C,D</sup>	1,91±0,21 <sup>a,b,c,d,A,B,C,D</sup>	2,08±0,42 <sup>a,b,c,A,B,C,D</sup>	11,23±5,62 <sup>a,A</sup>	13,28±4,76 <sup>a,A</sup>
11	76,70±1,34 <sup>a,b,A,B,C,D</sup>	76,98±1,66 <sup>a,b,A,B,C,D</sup>	2,33±0,70 <sup>c,D</sup>	1,74±0,33 <sup>a,b,A,B,C</sup>	12,36±2,52 <sup>a,A</sup>	9,31±1,49 <sup>a,A</sup>
14	77,19±2,11 <sup>a,b,A,B,C,D</sup>	78,13±1,20 <sup>a,b,A,B,C,D</sup>	1,88±0,28 <sup>a,b,c,d,A,B,C,D</sup>	1,98±0,18 <sup>a,b,c,A,B,C,D</sup>	14,30±5,03 <sup>a,A</sup>	11,09±1,70 <sup>a,A</sup>
18	78,00±1,81 <sup>a,b,A,B,C,D</sup>	77,91±0,95 <sup>a,b,A,B,C,D</sup>	2,21±0,23 <sup>a,b,c,B,C,D</sup>	2,08±0,17 <sup>a,b,c,A,B,C,D</sup>	16,68±4,80 <sup>a,A</sup>	10,44±0,85 <sup>a,A</sup>
21	79,48±3,60 <sup>b,C,D</sup>	77,83±1,06 <sup>a,b,A,B,C,D</sup>	2,25±0,35 <sup>b,c,C,D</sup>	2,14±0,17 <sup>a,b,c,A,B,C,D</sup>	19,83±8,17 <sup>a,A</sup>	11,37±2,56 <sup>a,A</sup>
25	76,90±2,99 <sup>a,b,A,B,C,D</sup>	78,07±1,45 <sup>a,b,A,B,C,D</sup>	1,97±0,21 <sup>a,b,c,d,A,B,C,D</sup>	2,13±0,28 <sup>a,b,c,A,B,C,D</sup>	12,65±4,39 <sup>a,A</sup>	12,97±3,28 <sup>a,A</sup>
28	75,46±2,35 <sup>a,A,B</sup>	77,80±2,68 <sup>a,b,A,B,C,D</sup>	1,76±0,27 <sup>a,b,d,A,B,C</sup>	1,85±0,24 <sup>a,b,c,A,B,C,D</sup>	14,95±3,61 <sup>a,A</sup>	13,41±1,63 <sup>a,A</sup>

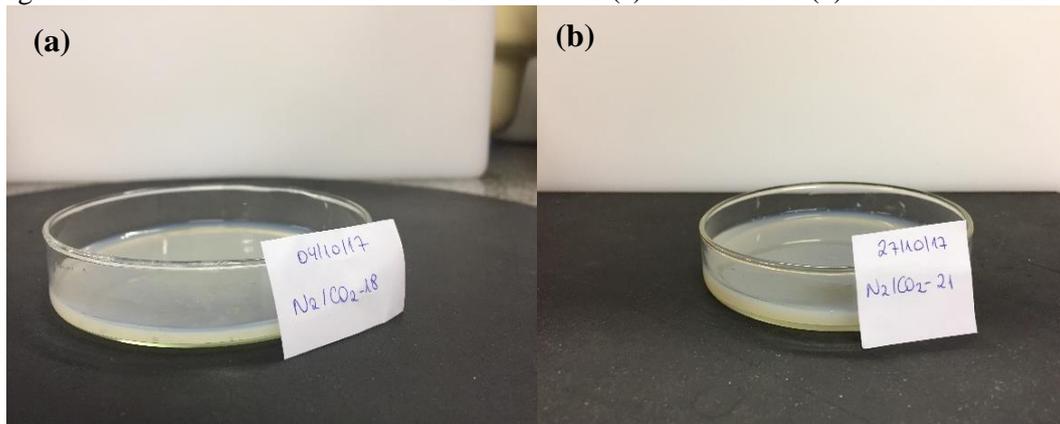
\*Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras (p<0,05). Letras maiúsculas entre linhas indicam diferença significativa entre as EAM.

As ostras apresentaram valores elevados de conteúdo de água durante todo o armazenamento, e com variações ( $p < 0,05$ ) que se devem a variabilidade da amostra. Em ostras, a umidade varia muito ao longo do ano, provavelmente em função da absorção de água e perda de sólidos (MORAIS et al., 1978; OGAWA, 1999; CRUZ ROMERO et al., 2007). Soares (2013) apresentou em seu trabalho valor médio de umidade de 73% para ostras da espécie *Crassostrea gigas* submetidas atmosfera modificada (50% CO<sub>2</sub> -50% N<sub>2</sub>) e armazenadas a 3°C por 31 dias.

Foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para a capacidade de retenção de água de ostras nas diferentes composições gasosas utilizadas no armazenamento, e pode-se observar uma maior perda de água por exsudação na embalagem com o aumento da capacidade de retenção de água. No entanto, a perda de água é um parâmetro que pode causar rejeição por parte dos consumidores. Uma maior retenção de água é favorável em produtos de pescado, por resultar em melhores características de textura, suculência, cor e sabor. Masnnyom (2011) relacionou a perda de água em mexilhões à degradação da estrutura muscular causada pela combinação das enzimas endógenas proteínases com a atividade microbiana, que causa a secreção de uma variedade de enzimas hidrolíticas, em especial proteínases. A partir do 18º dia de armazenamento, foi observado um aumento na quantidade de exsudado em relação ao início do armazenamento para as duas atmosferas, que pode ainda ser atribuído à quantidade de CO<sub>2</sub> solubilizada no alimento durante esse tempo. Sivertsvik (2007) avaliou a influência da concentração de CO<sub>2</sub> nas perdas por exsudação em bacalhau armazenado a 0 °C, e observou que conforme aumentava o teor de CO<sub>2</sub> nas embalagens, maior era a perda de exsudado. Mc Mullen e Stiles (1993) sugerem que a maior perda de água pelo músculo ocorre quando o CO<sub>2</sub> se dissolve no produto, diminuindo o pH da carne, e aproximando as proteínas de seu ponto isoelétrico. Quando atingido, a água retida no interior do músculo é liberada como exsudado. Sivertsvik et al. (2006) também encontrou baixos valores para exsudação em camarão (cerca de 2%) devido a menores concentrações de CO<sub>2</sub> dissolvido. A EAM 1 apresentou menores valores de pH devido à maior quantidade de CO<sub>2</sub> dissolvido no alimento, no entanto a quantidade de exsudado dessa embalagem não diferiu estatisticamente ( $p > 0,05$ ) da EAM 2.

Na Figura 10, é possível ver a diferença na quantidade de exsudado para a EAM 2 aos 2 dias e aos 25 dias de armazenamento.

Figura 10 - Exsudado em amostras da EAM 2 aos 2 (a) e aos 25 dias (b) de armazenamento.



Na Tabela 3 são mostrados os resultados de atividade de água (Aa).

Tabela 3- Análise de Aa das ostras armazenadas nas EAM 1 e 2.

Tempo (dias)	Aa	
	EAM 1	EAM 2
0	0,985±0,001 <sup>a,b,A,B,C</sup>	0,985±0,001 <sup>a,b,A,B,C</sup>
2	0,984±0,003 <sup>a,b,A,B,C</sup>	0,983±0,003 <sup>a,b,A,B,C</sup>
4	0,983±0,002 <sup>a,b,A,B,C</sup>	0,984±0,002 <sup>a,b,A,B,C</sup>
7	0,985±0,002 <sup>a,b,A,B,C</sup>	0,986±0,001 <sup>a,b,B,C</sup>
11	0,985±0,004 <sup>a,b,A,B,C</sup>	0,986±0,002 <sup>a,b,A,B,C</sup>
14	0,986±0,003 <sup>b,B,C</sup>	0,987±0,002 <sup>a,C</sup>
18	0,982±0,005 <sup>a,b,A,B,C</sup>	0,986±0,003 <sup>a,B,C</sup>
21	0,984±0,005 <sup>a,b,A,B,C</sup>	0,986±0,002 <sup>a,B,C</sup>
25	0,981±0,002 <sup>a,A</sup>	0,982±0,004 <sup>b,A,B,C</sup>
28	0,982±0,003 <sup>a,b,A,B</sup>	0,984±0,003 <sup>a,b,A,B,C</sup>

\*Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas entre linhas indicam diferença significativa entre as EAM.

Os valores de Aa obtidos estão próximos ao encontrado por Cruz Romero et al. (2007), que foi de 0,988. Segundo Franco e Landraf (2008), alimentos com Aa acima de

0,90 são considerados perecíveis, pois são facilmente alterados, sendo necessária a utilização de tecnologias para aumentar a sua vida útil.

Vale ressaltar que elevadas concentrações de CO<sub>2</sub> não afetaram negativamente as propriedades físico-químicas das ostras durante o armazenamento, do contrário, mantiveram características de odor de frescor por um período mais longo que a baixa concentração de CO<sub>2</sub> (20%). Os dados obtidos neste trabalho são úteis para descrever a variedade dos parâmetros físico-químicos durante o armazenamento refrigerado e contribui como uma ferramenta de qualidade para indústrias processadoras de ostras.



## 5. CONCLUSÃO

O uso da atmosfera modificada combinada com refrigeração pode ser um método alternativo para a comercialização de ostras. Neste estudo, a presença de CO<sub>2</sub> influenciou diretamente no pH, sendo responsável pela diminuição desse parâmetro nas amostras e pela contração do volume das embalagens devido à sua dissolução no produto.

A alta concentração de CO<sub>2</sub> promoveu uma maior diminuição do pH devido a concentração de gás absorvida pelo alimento ser maior e, além disso, contribuiu para PPE, devido à queda do pH.

Em um *headspace* com maior concentração de CO<sub>2</sub>, maior a quantidade de CO<sub>2</sub> dissolvido no alimento, o que é favorável para inibição de microrganismos.

Parâmetros como umidade e Aa apresentaram variações pequenas, que podem ser atribuídas à variabilidade da amostra. Já a CRA mostrou um aumento em seus valores em período coincidente com o aumento na quantidade de perda de água por exsudado dessas amostras. Nas duas EAM este aumento não está apenas relacionado a concentração de CO<sub>2</sub>, mas devido a alterações enzimáticas que resultaram em alterações visuais e olfativas.

Conhecer a quantidade de CO<sub>2</sub> dissolvido no alimento mostrou-se de grande importância uma vez que esse gás teve influência direta em alguns dos parâmetros físico-químicos. Desse modo, tal conhecimento é útil para a indústria, servindo como parâmetro favorável ao desenvolvimento de embalagens com atmosfera modificada para alimentos refrigerados, indicando a melhor composição para garantir uma maior vida de prateleira do produto processado.



## **6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS**

Uso de embalagens absorventes para diminuir a quantidade de exsudado aparente, uma vez que este pode ser critério de rejeição por parte do consumidor.

Avaliação sensorial das ostras embaladas em diferentes concentrações de CO<sub>2</sub> com o objetivo de avaliar sua influência na acidificação do produto.

Aplicação da técnica de pré-solubilização de CO<sub>2</sub> (SGS) a fim de garantir a quantidade de CO<sub>2</sub> necessária para aumento da vida útil, sem precisar adicionar gás na embalagem ou adicionar menores quantidades na mesma.



## 7. REFERÊNCIAS

ANDREWS, L.; JAHNCKE, M.; MALLIKARJUNAN, K. Low Dose Gamma Irradiation to Reduce Pathogenic Vibrios in Live Oysters (*Crassostrea virginica*). **Journal of Aquatic Food Product Technology**, [s.l.], v. 12, n. 3, p.71-82, 2003.

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

BLOGOSLAWSKI, W. J.; STEWART, M. E. Some Ozone Applications in Seafood. **Ozone: Science & Engineering**, [s.l.], v. 33, n. 5, p.368-373, 2011.

CABRAL, G. J. **Determinação Experimental da Solubilidade e do Coeficiente de Difusão Efetivo do CO<sub>2</sub> em Queijo Tipo Minas Frescal e Simulação de Embalagem sob Atmosfera Modificada**. 2011. 90p. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2011.

CAETANO, R.; TRAMONTE, V.G.; PARISENTI, J. **Biodisponibilidade de zinco de ostras (*Crassostrea gigas*) cultivadas em Florianópolis/SC**. Alimentos e nutrição Araraquara v. 20, p. 605-610, 2009.

CHOUHAN, A.; KAUR, B. P.; RAO, P. Srinivasa. Effect of high pressure processing and thermal treatment on quality of hilsa (*Tenualosa ilisha*) fillets during refrigerated storage. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s.l.], v. 29, p.151-160, 2015.

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

CHURCH, N.; PARSONS, A. L. Modified atmosphere packaging technology: a review. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, v 67, p 143-152, 1995.

COOK, David W. Refrigeration of Oyster Shellstock: Conditions Which Minimize the Outgrowth of *Vibrio vulnificus*. **Journal of Food Protection**, [s.l.], v. 60, n. 4, p.349-352, 1997.

CRUZ-ROMERO, M.C.; KELLY, A.L.; KERRY, J.P. Effects of high-pressure and heat treatments on physical and biochemical characteristics of oysters (*Crassostrea gigas*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. n. 8, p. 30–38, 2007.

CRUZ-ROMERO, M.C.; KERRY, J.P.; KELLY, A.L. Fatty Acids, Volatile Compounds and Colour Changes in High-Pressure-Treated Oysters (*Crassostrea gigas*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v.9, p. 54-61, 2008.

DESMOND, E. M.; KENNY, T. A.; WARD, P.; SUN, D-W. Effect of rapid and conventional cooling methods on the quality of cooked ham joints. **Meat Science**, v. 56, p. 271 – 277, 2000.

DEWITT, C.; OLIVEIRA, A. **Modified Atmosphere Systems and Shelf Life Extension of Fish and Fishery Products**. **Foods**, [s.l.], v. 5, n. 3, p.1-27, 2016.

DRAKE, S. L.; DEPAOLA, A.; JAYKUS, L. An Overview of *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus*. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s.l.], v. 6, n. 4, p.120-144, 2007.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. **Síntese Informativa da Maricultura 2014**. Disponível em: <[http://www.epagri.sc.gov.br/wp-content/uploads/2013/08/Sintese\\_informativa\\_da\\_maricultura\\_2014.pdf](http://www.epagri.sc.gov.br/wp-content/uploads/2013/08/Sintese_informativa_da_maricultura_2014.pdf)>. Acesso em 06 out. 2016.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. **Síntese Informativa da Maricultura 2015**. Disponível em: <<http://www.epagri.sc.gov.br/wp-content/uploads/2013/08/Sintese-informativa-da-maricultura-2015.pdf>>. Acesso em 20 out. 2017.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. **Síntese Informativa da Maricultura 2016**. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/wp-content/uploads/2013/08/Sintese-informativa-da-maricultura-2016.pdf>>. Acesso em 14 nov. 2017.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. **Comércio Legal de Moluscos Bivalves**. Boletim Didático n° 95, Julho/2013. Disponível em: <[http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao\\_tecnico\\_cientifica/DOC\\_32170.pdf](http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_32170.pdf)>. Acesso em 08 out. 2016.

FIDLER, F. **Aplicação do dióxido de carbono em carne de cordeiro: determinação da solubilidade e da influência do gás nos parâmetros físico-químicos**. Florianópolis – SC, 2015. 88p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Departamento de Engenharia Química e Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina.

FIGUEIREDO, N. **Pescados apontam retomada de crescimento**. Disponível em: <<http://www.dci.com.br/agronegocios/pescados-apontam-retomada-de-crescimento--id617798.html>>. Acesso em: 11 abr. 2017

FONTANA, A.J. **Water Activity's Role in Food Safety and Quality**. Disponível em: <<https://www.foodsafetymagazine.com/magazine-archive1/februarymarch-2001/water-activitye28099s-role-in-food-safety-and-quality/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M.; **Microbiologia de Alimentos**, São Paulo: Editora Atheneu, 2005. 182 p.

FRANCO, B.D.G.M; LANDGRAF, M.; **Microbiologia de alimentos**, São Paulo: Atheneu; 2008.

HESSELMAN, Donald M. Effects of a Commercial Heat-Shock Process on *Vibrio vulnificus* in the American Oyster, *Crassostrea virginica*, Harvested from the Gulf Coast. **Journal of Food Protection**, Moorehead City, v. 62, n. 11, p.1266-1269, jun. 1999.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal 2015**. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2015\\_v43\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2017.

IMAI, T. **Aquaculture in Shallow Seas: progress in shallow sea culture**. 3 ed. New Delhi: Pauls Press, 1982.

JAKABI, M. et al. Inactivation by Ionizing Radiation of *Salmonella Enteritidis*, *Salmonella Infantis*, and *Vibrio parahaemolyticus* in Oysters (*Crassostrea brasiliana*). **Journal of Food Protection**, [s.l.], v. 66, n. 6, p.1025-1029, 2003.

JAKOBSEN, M.; BERTELSEN, G. Solubility of carbon dioxide in fat and muscle tissue. **Journal of Muscle Foods**. v. 17, p. 9-19, 2006.

JAKOBSEN, M.; RISBO, J. Carbon dioxide equilibrium between product and gas phase of modified atmosphere packaging systems: Exemplified by semihard cheese. **Journal of Food Engineering**. v. 92, p 285-290, 2009.

JAYAS, D.S.; JEYAMKONDAN, S. Modified atmosphere storage of grains meats fruits and vegetables. **Biosystems Engineering**, London, v.82, p.235-251, 2002.

LABUZA, T.P. Sorption phenomena in foods. **Food Technology**, v.22, 1968.

LIMA, M. **Avaliação das Condições de Processamento de Mexilhões *Perna Perna* Pré-Cozidos e Resfriados**. Florianópolis – SC, 2010. 134 p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Departamento de Engenharia Química e Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina.

LIMA, M. D.; SOARES, L. S.; TOSATI, J. V.; LERIN, L. A.; OLIVEIRA, J. V.D.; MONTEIRO, A. R. Application of CO<sub>2</sub> in *Perna perna* Mussel: Evaluation of Absorption Mechanism During Soluble Gas Stabilization (SGS) Process. **Food Engineering Reviews**, 2014.

LIMA, M. et al., Mussel (*Perna perna*) Processing by an Alternative Method and Packaging Under Modified Atmosphere to Improve Physicochemical and Microbiological Characteristics. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, 2016.

LINGHAM, T. et al. Effects of High Hydrostatic Pressure on the Physical, Microbial, and Chemical Attributes of Oysters (*Crassostrea virginica*). **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 81, n. 5, p.158-166, 2016.

LOURENÇO, J.A., DOS SANTOS, C.H., NETO, F.H., WIEGAND, M.C., IGARASHI, M.A. **Aspectos Técnicos da Ostricultura no Brasil: Perspectivas de**

**Desenvolvimento da Atividade Ambientalmente Sustentável.** In: IV Semana do Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, 2006, Fortaleza. Anais da IV Semana do Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza: UFC, 2006. v. Único. p. 86-101.

MANTILLA, S. P. S.; MANO, S. B.; VITAL, DE CARVALHO, H. Atmosfera Modificada na conservação de alimentos. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, Curitiba, v. 8, n. 4, 2010. Disponível em: <<http://www2.pucpr.br/reol/pb/index.php/academica?dd1=4515&dd99=view&dd98=pb>>. Acesso em 06 out. 2016.

MCMILLIN, K. W. Review: Where is MAP Going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. **Meat Science**, v. 80, p. 43–65, 2008.

MENDES, R.; PESTANA, C.; GONÇALVES, A. The effects of soluble gas stabilisation on the quality of packed sardine fillets (*Sardina pilchardus*) stored in air, VP and MAP. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, p. 2000-2009, 2008.

MORAIS, C.; FIGUEIREDO, I. B.; ANGELUCCI, E.; KAI, M. Contribuição ao estudo da ostra de cultivo de Cananéia; composição química aproximada. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, n. 56, p. 115-126, 1978.

MITZ, M. A. CO<sub>2</sub> biodynamics: A new concept of cellular control. **Journal of Theoretical Biology**, v.80 (4), p. 537-551, 1979.

NEEMA - Núcleo de Estudos em Economia do Meio ambiente. Universidade Federal do Ceará. **Biologia da Ostra.** Disponível em: <<http://www.neema.ufc.br/Biologia%20da%20ostra.html>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

NETO, R. M.; **Influência de Variáveis Ambientais Sobre o Desenvolvimento de Ostras *Crassostrea* (Sacco, 1897) na Baía de Guaratuba, Brasil.** Curitiba-PR, 2011. 64p. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. Universidade Federal do Paraná.

NOVAK J. S.; SAPERS G. M.; JUNEJA V. K. **Microbial Safety of Minimally Processed Foods**, CRC PRESS, p. 206-217, 2003.

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

ORBAN, E. et al. Growth, nutritional quality and safety of oysters (*Crassostrea gigas*) cultured in the lagoon of Venice (Italy). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 84, n. 14, p.1929-1938, 2004.

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

ORDÓÑEZ J. A. **Tecnologia de alimentos de origem animal**, v. 2. São Paulo: Artmed; 2005.

OSTRENSKY, A.; BORGUETTI, J. R.; SOTO, D. **Aquicultura no Brasil – O desafio é crescer**. Brasília, 2008, 276 p.

PARISENTI, J.; TRAMONTE, V. L. C. G.; ARELLANO, D. B. Composição de esteróis e ácidos graxos de ostras (*Crassostrea gigas*) cultivadas em Florianópolis - SC, em duas estações do ano. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s.l.], v. 30, p.73-76, 2010.

PEDROSA, L. de F. C.; COZZOLINO, S. M. F. Composição centesimal e de minerais de mariscos crus e cozidos da cidade de Natal/RN. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s.l.], v. 21, n. 2, p.154-157, 2001.

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

PONTES, C. S. **A criação de ostras no Rio Grande do Norte**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), 2009. Disponível em: <<https://sigaa.ufrn.br/sigaa/public/docente/producao.jsf?siape=2380571>>. Acesso em 06 out. 2016.

PHUVASATE, Sureerat; SU, Yi-cheng. Efficacy of low-temperature high hydrostatic pressure processing in inactivating *Vibrio parahaemolyticus* in culture suspension and

oyster homogenate. **International Journal of Food Microbiology**, [s.l.], v. 196, p.11-15, 2015.

RIOS, E.C. **Seashells of Brazil**. Ed. Fundação Universidade do Rio Grande. Rio Grande, 492p, 1994.

ROTABAKK, B.T.; LEKANG, O. I.; SIVERTSVIK, M. Solubility, absorption and desorption of carbon dioxide in chicken breast fillets. **Food Science and Technology**, v. 43, p. 442-446, 2010.

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**, v. 82, p. 43-50, 2007.

ROTABAKK, B. T; WYLLER, J.; LEKANG, O. I; SIVERTSVIK, M. A mathematical method for determining equilibrium gas composition in modified atmosphere packaging and soluble gas stabilization systems for non-respiring foods. **Journal of Food Engineering**, v. 85, p. 479-490, 2008.

SANTOS, Joana Silva; OLIVEIRA, Maria Beatriz Prior Pinto. Alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 15, n. 1, p. 1-14, jan./mar. 2012.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. **Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação das propriedades**, ed CETEA/ITAL, 267p., 2002.

SIMPSON, R.; ACEVEDO, C.; ALMONACID, S. Mass transfer of CO<sub>2</sub> in MAP systems: Advances for non-respiring foods. **Journal of Food Engineering**, v.92 (2), p. 233-239, 2009.

SIVERTSVIK, M.; JEKSRUD, W. K.; ROSNES, J. T. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products – significance of microbial growth, activities and safety. **International Journal of Food Science**, 2002.

SIVERTSVIK, M.; JEKSRUD, W. K.; VAGANE, A.; ROSNES, J. T. Solubility and absorption rate of carbon dioxide into non-respiring foods. Part 1: Development and

validation of experimental apparatus using a manometric method. **Journal of Food Engineering**, v. 61(3), p. 449-458, 2004.

SIVERTSVIK, M.; BIRKELAND, S. Effects of Soluble Gas Stabilization, Modified Atmosphere, Gas to Product Volume Ratio and Storage on the Microbiological and Sensory Characteristics of Ready-to-Eat Shrimp (*Pandalus borealis*). **Food Science and Technology International**, v.12 (5), p. 445-454, 2006.

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

SOARES, L. S. **Estudo da absorção e dessorção de CO<sub>2</sub> em ostras (*Crassostrea gigas*) durante a pré-solubilização**. 79 p. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SOARES, L. S. et al. Evaluation of CO<sub>2</sub> absorption and desorption rate in oysters (*Crassostrea gigas*) using the soluble gas stabilisation method. **International Journal of Food Science & Technology**, [s.l.], v. 50, n. 5, p.1089-1094, 2015.

TEIXEIRA, A. M.; BEIRÃO, L. H. Efeitos de agentes crioprotetores na capacidade de retenção de água em pasta de pescado utilizando-se a técnica de análise de superfície de resposta. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 17, n. 1, p.1-12, 1999. Universidade Federal do Paraná.

TORRIERI et al. Influence of modified atmosphere packaging on the chilled shelf life of gutted farmed bass (*Dicentrarchus labrax*). **Journal of Food Engineering**, v. 77(4), p. 1078-1086, 2006.

WAKAMATSU, T. **A ostra de Cananéia e seu cultivo**. São Paulo: Superintendência do Desenvolvimento do Litoral Paulista, Instituto Oceanográfico da USP, 141p, 1973.

ZHAO, Y. Y.; WELLS, J. H.; MCMILLIN, K. W. Dynamic changes of headspace gases in CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> packaged fresh beef. **Journal of Food Science**, v. 60, p. 571–575, 1995.