



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE  
ALIMENTOS

**INFLUÊNCIA DA IMPREGNAÇÃO A VÁCUO DE CURCUMINA NAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS OSTRAS (*Crassostrea gigas*)**

Mariana Aguiar Cargnin

Florianópolis

2017

MARIANA AGUIAR CARGNIN

**INFLUÊNCIA DA IMPREGNAÇÃO A VÁCUO DE CURCUMINA NAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS OSTRAS (*Crassostrea gigas*)**

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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz

Coorientadora: Betina Luiza Koop

Florianópolis

2017

## RESUMO

O consumo de ostras *in natura* aliado a sua vida útil curta limitam a comercialização do produto em larga escala. A impregnação a vácuo de curcumina aparece como uma alternativa para o aumento da vida útil de ostras. Este trabalho teve como objetivo estudar a influência da impregnação a vácuo de curcumina nas características físico-químicas das ostras (*Crassostrea gigas*) durante o armazenamento. Ostras frescas foram limpas, cozidas por 15 minutos a 100 °C, resfriadas por 10 minutos a 10 °C e desconchadas. As ostras desconchadas foram resfriadas até 4 °C por 10 min e imersas em uma solução de 130 µg de curcumina/mL para impregnação a vácuo (4°C). Utilizou-se um Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR) 2<sup>2</sup> com 4 pontos axiais e 4 pontos centrais para avaliar a influência da pressão e do tempo de impregnação na concentração de curcumina impregnada em ostras. O processo realizado em condição de pressão de 100 mbar e tempo de 17 minutos resultou em uma maior concentração de curcumina impregnada em ostras (13,23 µg/g). A superfície de resposta demonstrou que a maior concentração de curcumina impregnada nas ostras foi obtida para a menor pressão de vácuo e maior tempo de impregnação. Assim, as condições escolhidas para a etapa de armazenamento foram pressão de 200 mbar e tempo de 20 min de impregnação. Após o processamento, 130 g de ostras impregnadas com curcumina foram acondicionadas em embalagem flexível multicamada e armazenadas a 4 °C por 18 dias e analisou-se o pH, umidade, atividade de água, dureza, capacidade de retenção de água, exsudação e concentração de curcumina. O pH das ostras sofreu uma redução com a impregnação, enquanto a atividade de água, umidade e capacidade de retenção de água mantiveram-se praticamente constantes. A impregnação a vácuo não teve efeito na dureza da ostra e não teve influência no aumento da exsudação. O processo realizado a 200 mbar por 20 minutos foi capaz de manter a concentração de curcumina no alimento. Desta forma o tratamento térmico brando combinado com a impregnação a vácuo de curcumina em ostras demonstrou-se vantajoso por manter as características físico-químicas das ostras durante o armazenamento, com desenvolvimento de um novo produto.

**Palavras-chave:** Ostras (*Crassostrea gigas*). Curcumina. Impregnação a vácuo.

## ABSTRACT

The consumption of fresh oysters and their short shelf life limit large scale product commercialization. Vacuum impregnation of curcumin appears as an alternative to increase the shelf life of oyster. The objective of this work was to study the influence of impregnation of curcumin under vacuum on the physical-chemical characteristics of oysters (*Crassostrea gigas*) during storage. Fresh oysters were subjected to cleaning and cooked for 15 minutes at 100 °C, cooling for 10 minutes at 10 °C and shucked. After that, the oysters were cooled at 4 °C for 10 minutes and immersed into a solution of 130 µg of curcumin /mL for vacuum impregnation (4 °C). A central rotatable composite design (CRCD) 2<sup>2</sup> with 4 axial points and 4 central points was used to evaluate the influence of pressure and impregnation time on the concentration of curcumin impregnated in oysters. The impregnation process was performed at 100 mbar and for 17 min. Higher curcumin concentration into the oysters (13.23 µg / g) was obtained at 100 mbar. The response surface showed higher content of curcumin impregnated in oysters were obtained at higher pressure (200 mbar) and longer time (20 min.). 130 g of the impregnated oysters were packed in flexible multilayer packaging and stored at 4 °C for 18 days. pH, moisture, water activity, hardness, water retention capacity (WRC), exudation and curcumin concentration were determined. pH of oysters decreased after the impregnation of curcumin, while water activity (Aw), moisture and water holding capacity remained practically constant. The hardness decreased with impregnation, being 77.01 ± 14.03 (control) and 71.91 ± 13.63 for impregnated oysters. There was not influence of the vacuum impregnation on the hardness and exudation of impregnated oysters. The process performed at 200 mbar for 20 min, maintained the curcumin concentration in the oysters. In this way, mild heat treatment combined with vacuum curcumin impregnation in oysters should be an alternative to maintaining the physicochemical oysters characteristics during storage, with development of a new product.

**Keywords:** Oysters (*Crassostrea gigas*). Curcumin. Vacuum impregnation.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Aparência da espécie de ostra <i>Crassostrea gigas</i> . .....	14
<b>Figura 2</b> – Evolução da produção de ostras comercializadas por Santa Catarina entre 1991 e 2016. ....	16
<b>Figura 3</b> – Esquema do processo de impregnação a vácuo. ....	18
<b>Figura 4</b> – Planta <i>Curcuma longa L.</i> (A), rizoma <i>Curcuma longa L.</i> (B) e pó de <i>Curcuma longa L.</i> (C). ....	20
<b>Figura 5</b> – Estrutura química dos pigmentos curcuminóides. ....	22
<b>Figura 6</b> – Fluxograma do processamento convencional da ostra. ....	24
<b>Figura 7</b> – Fluxograma do procedimento adotado para o processo de impregnação de curcumina a vácuo em ostra. ....	25
<b>Figura 8</b> – Aparato experimental para impregnação de curcumina a vácuo em ostras. ....	26
<b>Figura 9</b> - Superfície de resposta (A) e curva de contorno (B) para a concentração de curcumina impregnada em função da pressão e do tempo. ....	31
<b>Figura 10</b> – Comportamento do pH da ostra após tratamento térmico (TT) e após impregnação a vácuo (IV) durante 18 dias de armazenamento a 4°C. ....	35
<b>Figura 11</b> - Presença de exsudado na embalagem proveniente do processamento térmico e da impregnação a vácuo durante 18 dias de armazenamento a 4°C. ....	41

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Matriz do delineamento central composto rotacional (DCCR) 2 <sup>2</sup> , com valores reais e codificados.....	27
<b>Tabela 2</b> - Matriz do planejamento experimental com as respostas em termos da concentração de curcumina impregnada.....	30
<b>Tabela 3</b> - pH da ostra <i>in natura</i> , após tratamento térmico (TT) e após impregnação a vácuo (IV) durante 18 dias de armazenamento a 4°C.....	34
<b>Tabela 4</b> – Atividade de água das ostras após tratamento térmico (TT) e impregnação a vácuo (IV) durante 18 dias de armazenamento a 4°C.....	36
<b>Tabela 5</b> – Umidade, capacidade de retenção de água e teor de exsudado das ostras após tratamento térmico (TT) e após impregnação a vácuo (IV) durante 18 dias de armazenamento a 4°C. ....	38
<b>Tabela 6</b> – Dureza do corpo e do músculo adutor das ostras após tratamento térmico (TT) e impregnação a vácuo (IV) durante 18 dias de armazenamento a 4°C. ....	42
<b>Tabela 7</b> - Concentração de curcumina em ostras submetidas a impregnação a vácuo (200 mbar/ 20 min) durante 18 dias de armazenamento a 4°C.....	43

## NOMENCLATURA

$A_w$	atividade de água
CRA	capacidade de retenção de água (g H <sub>2</sub> O retida/g de matéria seca)
CUR	curcumina
DRP	fenômenos de deformação – relaxação
HDM	mecanismo hidrodinâmico
IV	impregnação a vácuo
$m_a$	massa da amostra antes da centrifugação (g)
$m_d$	massa da amostra após a centrifugação (g)
$m_f$	massa final da amostra (g)
$m_i$	massa inicial da amostra (g)
P	pressão de impregnação (mbar)
PEBD	polietileno de baixa densidade
PEL	polietileno
TPA	análise de perfil de textura
$X_{bu}$	umidade em base úmida (%)
$X_w$	teor de umidade da amostra
$\mu$	potencial químico

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	OBJETIVOS .....	12
1.1.1	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>12</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
2.1	OSTRA ( <i>CRASSOSTREA GIGAS</i> ).....	13
2.2	A IMPREGNAÇÃO A VÁCUO (IV).....	17
2.3	CÚRCUMA ( <i>CURCUMA LONGA L.</i> ) .....	20
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
3.1	AMOSTRAS.....	23
3.2	PROCESSAMENTO DAS OSTRAS .....	24
3.3	PROCESSO DE IMPREGNAÇÃO DE CURCUMINA A VÁCUO EM OSTRA ...	24
3.3.1	<b>Dispositivo experimental de impregnação a vácuo .....</b>	<b>25</b>
3.3.2	<b>Delineamento experimental .....</b>	<b>26</b>
3.3.3	<b>Determinação da concentração de curcumina.....</b>	<b>27</b>
3.4	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....	27
3.4.1	pH.....	28
3.4.2	Atividade de água .....	28
3.4.3	Umidade .....	28
3.4.4	Capacidade de retenção de água (CRA).....	28
3.4.5	Avaliação da perda de água por exsudação na embalagem.....	29
3.4.6	Análise de perfil de textura (TPA).....	29
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	29
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
4.1	INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E TEMPO DE PROCESSO NA CONCENTRAÇÃO DE CURCUMINA IMPREGNADA EM OSTRAS .....	30
4.2	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....	33



4.2.1	pH.....	33
4.2.2	Atividade de água .....	36
4.2.3	Umidade, capacidade de retenção de água (CRA) e exsudação .....	37
4.2.4	Análise de perfil de textura (TPA).....	41
4.2.5	Concentração de curcumina impregnada.....	43
5	CONCLUSÕES.....	44
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	45
	REFERÊNCIAS .....	46



## 1 INTRODUÇÃO

A demanda global por produtos marinhos tem aumentado nas últimas décadas, devido ao crescimento da população e às mudanças nos hábitos alimentares dos consumidores. Com a atividade pesqueira relativamente estática desde o final da década de 1980, a aquicultura tem sido responsável pelo crescimento do suprimento de peixes para consumo (FAO, 2016).

A maricultura é um ramo específico da aquicultura e engloba a produção de organismos aquáticos marinhos e estuarinos (FAO, 2010). A atividade tem adquirido importância em diversos países de vasto litoral em decorrência dos baixos custos de produção e pelo fato de proporcionar uma rentabilidade satisfatória (SOUZA FILHO, 2003). No Brasil, a maricultura se sobressai pela produção de ostras e mexilhões. Ostras, vieiras e mexilhões totalizaram uma produção de 15.381,44 t em 2016 (EPAGRI, 2017). Devido à presença de condições oceanográficas favoráveis, Santa Catarina é líder nacional na produção de moluscos bivalves cultivados, detendo 98,1 % da produção. Dos 10 principais municípios produtores, nove são catarinenses, sendo Palhoça o município brasileiro de maior destaque, responsável por 65,2 % da produção nacional e 66,5 % da produção estadual (IBGE, 2015).

O cultivo de ostras ultrapassou a produção de peixes e crustáceos, no período de 1998 a 2005, sendo *Crassostrea gigas* a espécie de ostra mais cultivada em todo o mundo (LEAL e FRANCO, 2008). No Brasil, Santa Catarina fica responsável pela maior parcela da produção, devido a cultura bem estabelecida do cultivo dessa espécie (GOMES et al., 2014). As principais áreas de cultivo do Estado são: Florianópolis, Palhoça, São José, Porto Belo, Biguaçu, Bombinhas, Governador Celso Ramos e São Francisco do Sul (EPAGRI, 2017).

A ostra é, geralmente, consumida *in natura* e possui uma vida útil curta, que limita a comercialização global do produto fresco em larga escala. Há no mercado, produtos processados como ostras enlatadas, congeladas e embaladas a vácuo, porém representam uma parcela reduzida do comércio deste moluscos (FAO, 2010). O aumento do consumo e da produção de moluscos bivalves no Brasil depende de investimento em controle higiênico-sanitário e do uso de tecnologias na área de alimentos que prolonguem sua vida útil e viabilizem o transporte do produto a longas distâncias (LIMA, 2010).

Com isso, há uma demanda por estudos de processos com a finalidade de reduzir a carga microbiana e aumentar a vida útil de ostras. A utilização de métodos combinados como o tratamento térmico brando e impregnação de compostos bioativos pode ser uma alternativa para a redução da atividade microbiana de ostras. O método de impregnação a vácuo (IV)

utilizado em alimentos porosos, constitui-se na troca do gás e/ou líquido presente nos poros por um líquido externo, promovida pela aplicação de vácuo seguido da restauração da pressão atmosférica. Assim, novos produtos podem ser elaborados com a incorporação de compostos bioativos que causem benefícios para a saúde humana (FITO, 1994).

Compostos bioativos têm ganhado importância, devido, em parte, à diversidade das suas propriedades terapêuticas. A curcumina é um fitoquímico polifenólico, com ação aromatizante e corante em alimentos, e na medicina tradicional atua no tratamento de muitas disfunções incluindo, diabetes, reumatismo e doenças cardiovasculares (AGGARWAL E HARIKUMAR, 2009). Exibe, ainda, comprovada atividade antioxidante e antimicrobiana (DUBEY et al., 2008; HU; HUANG; CHEN, 2013; MUN et al., 2013; PARVATHY; NEGI; SRINIVAS, 2009).

A aplicação da impregnação de curcumina a vácuo constitui-se em uma interessante opção para o prolongamento da vida útil de ostras e melhoria da qualidade nutricional. Devido ao caráter prematuro deste tipo de estudo, não existem relatos consistentes na literatura científica acerca de alterações físico-químicas das ostras correspondente a esse processo.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo estudar a influência da impregnação de curcumina sob vácuo nas características físico-químicas de ostras (*Crassostrea gigas*) durante o armazenamento.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o processo combinado tratamento térmico brando e impregnação de curcumina a vácuo em ostras (*Crassostrea gigas*) como alternativa ao processo convencional;
- Determinar as melhores condições operacionais (pressão, tempo de impregnação) para impregnação de curcumina em ostras (*Crassostrea gigas*) que resulte em alta concentração de curcumina impregnada;
- Avaliar a influência do processo de impregnação nas características físico-químicas das ostras durante o armazenamento;

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 OSTRAS (*CRASSOSTREA GIGAS*)

*Crassostrea gigas*, conhecida como Ostra do Pacífico ou Japonesa, é uma espécie pertencente à família *Ostreidae*, gênero *Crassostrea*, filo *Mollusca* e classe *Bivalvia*, largamente distribuídas e cultivadas pelo mundo (BARNES, 1977; CHRISTO; ABSHER, 2008).

A espécie é oriunda da região do pacífico, encontrada naturalmente em costas japonesa, coreana e chinesa; sua ampla capacidade de adaptação às diferentes condições do ambiente fez com que fosse incorporada ao cultivo de todos os continentes. São países que se destacam: Canadá, China, Coreia, Estados Unidos, Alaska, Austrália, Nova Zelândia, França, Inglaterra, Chile, entre outros (BALTAZAR, 2014).

Há três espécies do gênero *Crassostrea* cultivadas no Brasil: a "ostra de manguezal" *Crassostrea gasa*, a ostra nativa *Crassostrea rhizophorae* e a "ostra do Pacífico" *Crassostrea gigas* (GOMES et al., 2014). A ostra *Crassostrea gigas*, pelo seu potencial de crescimento rápido e sua ampla tolerância às condições ambientais, é a espécie de ostra que possui maior produção mundial (583 464 t em 2015) (FAO, 2016).

O seu habitat natural inclui zonas costeiras protegidas e estuarinas. A espécie pode se fixar a praticamente qualquer substrato duro nestas águas, conduz uma vida sedentária ligada a rochas, detritos e conchas da zona entre marés, em profundidades entre 5 e 40 m. A ostra também pode ser encontrada em terrenos lamacentos ou de areia (FAO, 2006). *C. gigas* possui adaptações fisiológicas para suportar uma ampla faixa de temperatura e de salinidade. A tolerância à salinidade e à temperatura da espécie varia, conforme a variedade cultivada e a localização geográfica (MIOSSEC et al., 2009). A ostra pode existir em salinidade inferior a 10 %, superior a 35 %, tem sua condição ideal de desenvolvimento entre 20 e 25 % (FAO, 2006). Possui uma temperatura ótima entre 11 e 25 °C, mas suporta uma variação de temperatura de -1,8 a 35 °C (ANGELL, 1986).

As ostras do gênero *Crassostrea* têm uma taxa de crescimento que varia com a espécie, a distribuição geográfica, o clima, a posição na zona subtidal ou entre marés e as diferenças genéticas entre indivíduos (HELM e BOURNE, 2004). A espécie *Crassostrea gigas* possui um tamanho comercial de 8 cm. Em Santa Catarina, este número é atingido em aproximadamente 7 a 8 meses de cultivo da ostra, devido ao excelente desempenho zootécnico no ambiente. Na França, o valor é alcançado em cerca de dois anos (MIZUTA, 2010).

O corpo da ostra é constituído por: conchas, músculo adutor, brânquias, manto, sistema circulatório, sistema nervoso e sistema digestivo. As conchas são espessas, calcárias e frágeis. Possuem formatos variados e são geralmente alongadas. A valva inferior é côncava, funda e encaixada sob a articulação, enquanto a valva superior tem uma apresentação plana. O animal se fixa ao substrato através da valva inferior. O responsável pela união das valvas é o músculo adutor. (NETO, 2011). A Figura 1 apresenta o aspecto da espécie de ostra *Crassostrea gigas*.

**Figura 1** – Aparência da espécie de ostra *Crassostrea gigas*.



Fonte - MIOSSEC et al., (2009).

O manto é a camada de tecido que recobre as partes moles de ambos os lados do corpo, exceto na região do músculo adutor (RASZL, 2016). É responsável por secretar a concha. Possui uma função sensorial e pode iniciar o fechamento das válvulas, quando em condições ambientais desfavoráveis. Com isso, controla o fluxo de água que passa pelo interior do organismo (RUPPERT, FOX, BARNES, 2005).

A ostra se alimenta por filtração de matéria orgânica e inorgânica, fitoplâncton e partículas em suspensão presentes na água (PEREIRA et al., 2006). A taxa de filtração pode chegar a 10 litros/hora/grama de tecido seco (FROELICH; NOBLE, 2014). As estruturas filamentosas, responsáveis pela filtração do alimentos e respiração são denominadas brânquias. Esta estrutura captura os fragmentos de alimentos em suspensão na água do mar. Estas partículas passam pelos palpos labiais, onde é feita uma seleção. Partículas grandes e excesso de alimento são expelidos e as partículas adequadas são levadas à boca. O alimento é ingerido no estômago e absorvido pelo intestino, sendo que o alimento não aproveitado é eliminado através do ânus (RASZL, 2016).

Este sistema alimentar filtrador permite que a ostra retenha partículas de eventuais contaminantes, orgânicos ou inorgânicos, presentes na água (FROELICH; NOBLE, 2014).

Podem assimilar, além do fitoplâncton, seu principal alimento, outros elementos contidos no meio, como pesticidas, metais pesados e micro-organismos (MORAES et al., 2000).

Desta forma, a microbiota dos moluscos, varia de acordo com as posições geográficas dos cultivos, diferentes habitats, método de produção, práticas de manejo, condições ambientais e procedimentos pós-coleta. A condição microbiológica de ostras após a coleta está diretamente relacionada à qualidade microbiológica da água, distância entre o local de cultivo e áreas poluídas com material fecal ou à ocorrência de bactérias naturalmente presentes na água (FELDHUSEN, 2000).

A vida útil de moluscos bivalves também sofre uma redução com a presença de microrganismos deteriorantes, que provocam alterações sensoriais nesses alimentos. O que diferencia a deterioração dos moluscos em relação a outros frutos do mar (peixes, camarões, lulas) é a grande quantidade de carboidratos (em ostras cerca de 5,6 %) presente nesses produtos. São gêneros de bactérias envolvidos na deterioração de ostras: *Serratia*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Clostridium*, *Bacillus*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Shewanella*, *Lactobacillus*, *Flavobacterium* e *Micrococcus*. As *Pseudomonas* e a *Acinetobacter-Moraxella spp.* podem ser encontradas nos estágios iniciais do desenvolvimento da deterioração, ao passo que nos estágios mais avançados predominam os *Enterococcus*, os *Lactobacillus* e as leveduras (JAY, 2005).

Em geral, ostras são desconchadas e consumidas cruas, podendo ser agentes transmissores de doenças, através de patógenos (PEREIRA, 2006). Exibem um curto tempo de vida útil, sendo de três a cinco dias quando armazenadas sobre refrigeração (PORTELLA, 2005). A vida útil varia em função de suas características intrínsecas, como alta atividade de água, pH neutro e pelo fato de abrigarem bactérias. Enzimas autolíticas, existentes nas ostras, ocasionam o surgimento de odores e sabores desagradáveis, contribuindo para sua rápida deterioração (JAY, 2005).

A água é o componente existente em maior proporção na carne de moluscos, com valores em torno de 75 a 80 %, intensificando a ação de agentes de deterioração. A atividade de água, volume de água livre, é um parâmetro importante para garantir a estabilidade de alimentos e controlar o crescimento de microrganismos, já que os mesmos dependem da água para o seu desenvolvimento (PARISENTI, 2010). A atividade de água da ostra *in natura* está em torno de 0,98, valor alto, sendo necessário conservar o alimento de forma adequada (CRUZ-ROMERO, 2008).

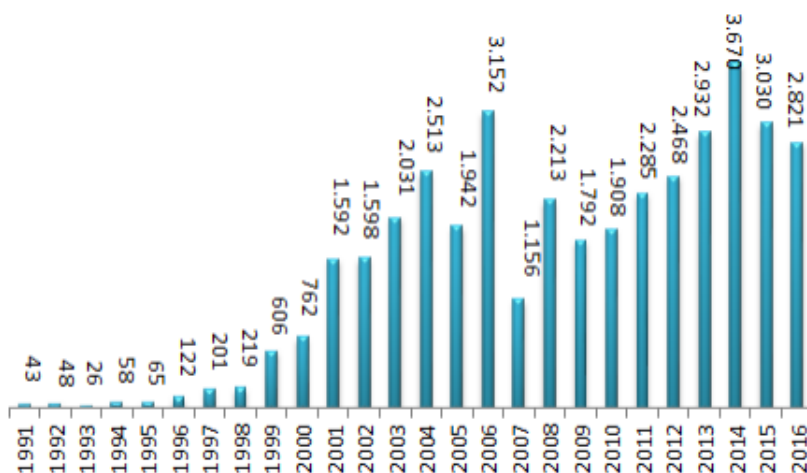
A diminuição do pH da carne de ostras, confere redução na qualidade e está diretamente relacionada ao seu processo de deterioração. O pH das ostras do Pacífico *in natura* está em torno de 6,5, um pH acima de 6,0 para carne das ostras é considerado adequado (COOK, 1991).

Após o tratamento térmico, a ostra apresenta um perfil de exsudação, sendo a capacidade de retenção de água (CRA) um parâmetro que influencia neste perfil. A CRA mede a aptidão da carne em reter de forma total ou parcial a sua própria água ou a água adicionada ao produto durante processamento. Este indicador influencia diretamente na cor, textura, firmeza, maciez, suculência da carne, características sensoriais, valor nutritivo e valor comercial (PARISENTI, 2010).

De uma maneira geral, as ostras possuem elevado valor nutritivo e podem ser consideradas fontes de proteínas de alto valor biológico e de lipídeos benéficos à saúde. Faz parte da composição química das ostras: carboidratos, proteínas, lipídios benéficos à saúde, como os ácidos graxos da série ômega-3 e minerais, como o zinco. Pelo seu valor nutritivo, as ostras podem fazer parte de uma dieta saudável desde que seja adequada a quantidade e a forma de preparo (DONG, 2009; USDA, 2016). Por estes atributos, impõe-se o estímulo ao consumo e comercialização destes moluscos.

Apesar disto, dados acerca da comercialização de ostras (*Crassostrea gigas*) no Estado de Santa Catarina apontam para uma diminuição de 6,92 % na comercialização de ostras, que foi de 2.280,46 t na safra de 2016 e de 3.030,26 t comercializadas em 2015 (EPAGRI, 2017). Na Figura 2, pode-se observar a evolução da produção de ostras comercializadas no Estado.

**Figura 2** – Evolução da produção de ostras comercializadas por Santa Catarina entre 1991 e 2016.



Fonte - EPAGRI (2016).



Os municípios que mais contribuíram para a produção total do Estado foram Florianópolis, com uma produção de 1.707,6 t, representando uma diminuição de 21,95 % em relação à safra de 2015 (2.187,8 t); seguido por Palhoça (586,0 t); São José (399,2 t) e São Francisco do Sul. Durante este tempo, o volume de produção vem sendo limitado pela cultura do comércio e do consumo de ostra *in natura* (EPAGRI, 2017).

O hábito alimentar de consumir ostra viva e sua vida útil curta restringem o comércio desse produto, que ocorre, principalmente, via restaurantes e apresenta uma capacidade de absorção em torno de 3.000 t/ano (EPAGRI, 2017). Com isso, há uma demanda por estudos de processos com a finalidade de reduzir a carga microbiana e aumentar a vida útil de ostras. A utilização de métodos combinados como o tratamento térmico brando e impregnação de compostos bioativos pode ser uma alternativa para a redução da atividade microbiológica de ostras, introduzindo-se um novo produto ao mercado.

## 2.2 A IMPREGNAÇÃO A VÁCUO (IV)

O processo de impregnação a vácuo consiste em colocar um alimento sólido poroso em contato com uma solução contendo um composto de interesse e produzir vácuo, para remover parte do ar existente no interior dos poros do alimento. Com o restabelecimento da pressão do sistema, a solução penetra no interior dos poros devido à capilaridade e aos gradientes macroscópicos de pressão (HOFMEISTER, 2003).

A maior parte dos alimentos sólidos pode ser descrita como meio poroso. A matriz porosa que constitui o alimento possui regiões que podem estar preenchidas por líquidos e/ou gases (CARCIOFI, 2009). Os fenômenos de transferência de calor e de massa que ocorrem durante o processamento dependem das características do espaço poroso do alimento, da porosidade, da forma predominante e da conectividade interporos (HOFMEISTER, 2003).

Uma das grandes vantagens da impregnação a vácuo é possibilitar a inclusão de componentes dissolvidos em uma fase líquida na matriz porosa de um alimento, que permite modificar a composição deste de maneira rápida e controlada (SALVATORI et al., 1998). Compostos ativos podem ser adicionados nos alimentos porosos por um processo simples de difusão, porém na impregnação a vácuo essa transferência de massa é acelerada (LAURINDO et al., 2007).

A impregnação a vácuo encontra aplicação em muitos processos nos quais há interações entre uma matriz porosa e uma solução, tais como: a salga (de peixes, presunto, aves, queijos),

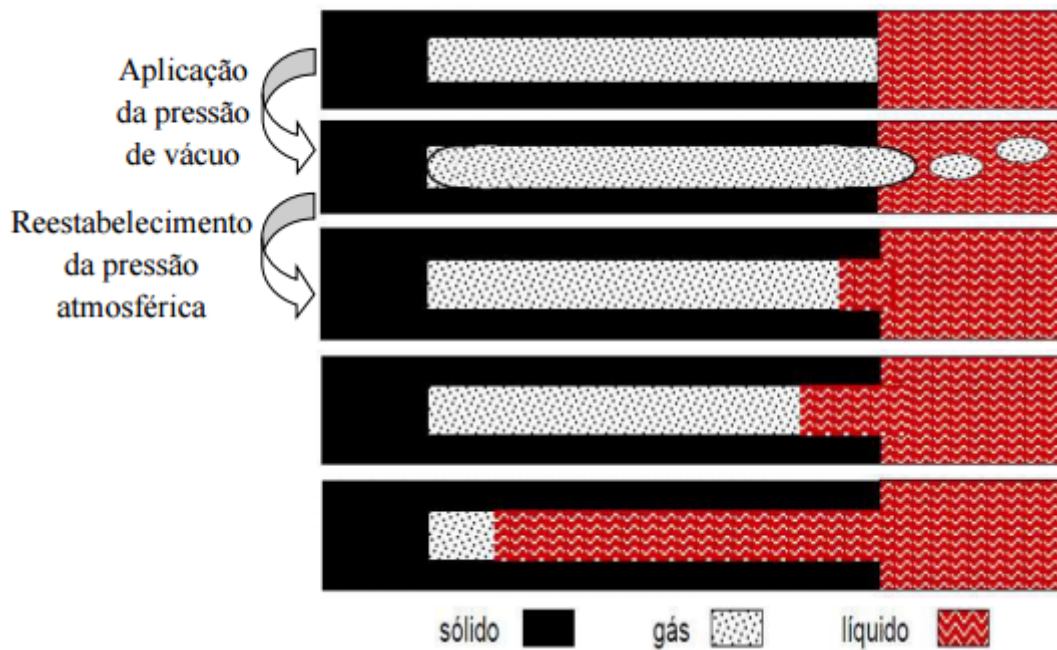
a desidratação osmótica com pulsos de vácuo em frutas, a acidificação, a adição de conservantes, a adição de probióticos e prebióticos, a adição de reforçadores estruturais, a atenuação do escurecimento enzimático, a valorização de resíduos de frutas, a adição de componentes nutricionais, entre outros (CARCIOFI, 2009).

Um modelo físico foi sugerido por Fito & Pastor (FITO & PASTOR, 1994) para explicar o processo de impregnação a vácuo que ocorre em um alimento, considerando a sua porosidade e a presença de ar no seu interior, o Mecanismo Hidrodinâmico (HDM) (FITO, 1994). Este modelo se diferencia do mecanismo difusivo que predomina na desidrataação osmótica de alimentos (HOFMEISTER, 2003).

O Mecanismo Hidrodinâmico baseia-se em uma relação direta entre a microestrutura do alimento e os fenômenos de impregnação da matéria, em condições de vácuo. O problema reside no fato de que a estrutura dos alimentos e suas propriedades físicas, como a conectividade da rede de poros, nem sempre são conhecidas (HOFMEISTER, 2003).

No HDM, variações de pressão aplicadas ao sistema, geram gradientes de pressão macroscópicos e através dos mecanismos de capilaridade e difusão, fazem com que ocorra a impregnação de solução na matriz do produto, diminuindo o tempo do processo de transferência de massa. Ao submeter o alimento, imerso numa solução com os solutos desejados, à pressões abaixo da atmosférica, no início este gás sofre uma expansão para alcançar um equilíbrio com a pressão imposta ao sistema promovendo a saída do gás da matriz porosa, e depois ocorre a entrada do líquido nos poros do alimento, a fim de restaurar o equilíbrio de pressões do sistema. Um novo gradiente de pressões irá surgir, com o restabelecimento da pressão atmosférica. Este atuará como a força motriz que promoverá o preenchimento dos espaços intercelulares com a solução. A quantidade de líquido que entra na matriz porosa varia com a pressão aplicada ao sistema e vai depender do nível de degaseificação (ANDRÉS, FITO & CHIRALT, 1995). A Figura 3 apresenta um esquema do processo de impregnação a vácuo.

**Figura 3** – Esquema do processo de impregnação a vácuo.



Fonte – FITO (1994).

Também exercem influência de forma expressiva no processo de transferência de massa entre o alimento sólido e o líquido, os fenômenos de deformação e de relaxação da estrutura sólida, que ocorrem nos alimentos com características plásticas. A proporção da deformação da matriz sólida e a quantidade de material impregnado no alimento dependerão basicamente da estrutura do material, de suas propriedades mecânicas e, das condições de trabalho. Afetam a cinética do processo, a microestrutura do alimento, a porosidade, o tamanho, a distribuição e comunicação dos poros (PAVIA et al., 1999).

Um modelo matemático foi proposto por Fito et al. (1996), abrangendo esta possibilidade da deformação da matriz porosa dos alimentos sólidos, denominado Fenômeno de Deformação-Relaxação (DRP). Ocorre um aumento do volume do alimento, promovido pela expansão do gás dentro dos poros da matriz, devido à pressão de vácuo imposta ao sistema. A amostra relaxa, quando as pressões interna e externa se equiparam, e há uma entrada de líquido nos poros devido às forças capilares. Posteriormente, a compressão pode ocasionar a deformação do volume da amostra, em conjunto com a entrada do líquido nos poros do produto. As propriedades mecânicas da matriz porosa e as propriedades de escoamento da solução que entra nos poros irão determinar os tempos característicos de penetração e de deformação-relaxação (FITO et al., 1996).

Com a impregnação a vácuo, pode-se inserir compostos bioativos nos alimentos, solutos específicos que podem desempenhar funções diversas (antioxidantes, reguladores de pH, conservantes, etc.), sendo uma ferramenta muito útil no processamento de alimentos

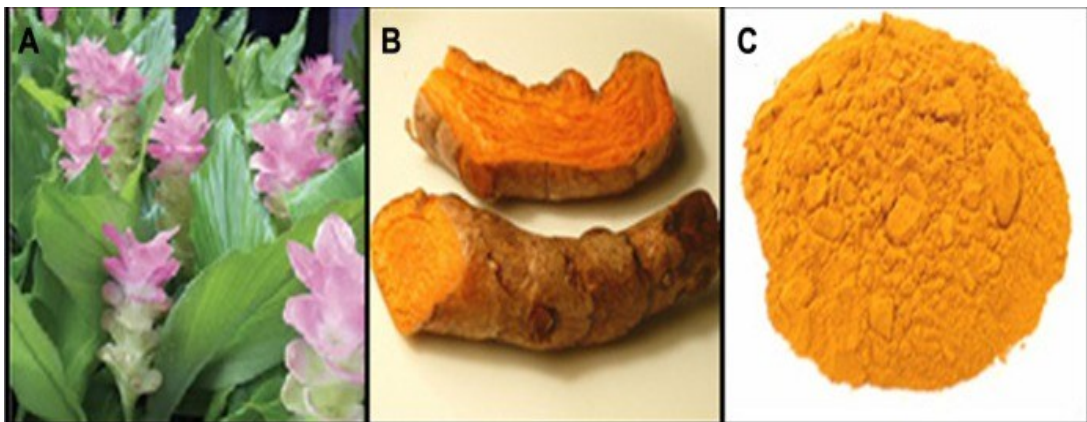
(GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, 2008). O processo traz como consequência melhorias nas características físico-químicas e nutricionais e nas propriedades sensoriais dos alimentos, levando a significativas vantagens como aumento da vida de útil e a introdução de novos produtos no mercado alimentício (XIE e ZHAO, 2004).

### 2.3 CÚRCUMA (*CURCUMA LONGA L.*)

Popularmente conhecida no Brasil como açafrão da Índia (GRANDI, 2014), açafrão, açafroa, açafrão da terra, gengibre dourado e mangarataia, cúrcuma é a planta de nome científico *Curcuma longa L.*, membro da família Zingiberaceae (ALMEIDA, 2006). Segundo Prasad e Aggarwal (2011) pertencem ao gênero *Curcuma* cerca de 133 espécies, distribuídas por muitos países, inclusive, na América do Sul. A espécie *Curcuma longa L.* é a mais utilizada em alimentos e que apresenta maior importância comercial (MAIA, 2004).

Refere-se a uma planta herbácea, perene, de folhas grandes e longas e rizomas ovalados. Exibe uma coloração amarelo avermelhada, quando cortada. Emana cheiro forte e apresenta sabor picante e aromático (LORENZI; MATOS, 2008). A planta conta com flores que aparecem, geralmente, 180 dias após o plantio, de coloração amarela ou branca, dispostas em espigas longas (ALMEIDA, 2006). O bulbo central, apresenta cerca de 8 a 12 cm de comprimento, enquanto os dedos exibem de 4 a 6 cm (SCARTEZZINI & SPERONI, 2000). A aparência da cúrcuma pode ser visualizada na Figura 4.

**Figura 4** – Planta *Curcuma longa L.* (A), rizoma *Curcuma longa L.* (B) e pó de *Curcuma longa L.* (C).



Fonte - SHAMELI et al., (2012).

A cúrcuma é considerada uma planta medicinal e vem sendo utilizada pela medicina Ayurveda, clássica na Índia, há mais de 6000 anos (ALMEIDA, 2006). A sua presença foi relatada na China, no século VII, nos países Árabes no século X e na Europa no século XIII (ALONSO, 2016). Aparece prescrita na prevenção e controle de disfunções como: resfriado, comprometimento de vias aéreas, sinusite, infecções bacterianas, alterações hepáticas, diabetes, feridas, reumatismo, anorexia. Raízes/rizomas são a parte da planta usualmente utilizadas, aplicadas como corante alimentício, tempero ou condimento alimentar (ALMEIDA, 2006).

A espécie é oriunda do sudeste asiático, mais precisamente das encostas de morros das florestas tropicais da Índia (CECILIO FILHO, 2000). Difundiu-se, posteriormente, pela América e em regiões da Europa (ALONSO, 1998). A liderança mundial na produção, consumo e exportação é ocupada pela Índia, onde é largamente cultivada, principalmente em Madras, Bengal e Bombay. O país representa 82 % da produção mundial e 45 % das exportações (Valsala; Peter, 2007). Há destaque também na China, em Taiwan, Japão, Burma, Indonésia, e no continente Africano. A planta foi introduzida no Brasil na década de 80 e resultou em boa produtividade – 12 a 15 ton /ha, sendo cultivada principalmente nos estados de Goiás, Mato Grosso e São Paulo (ALMEIDA, 2006).

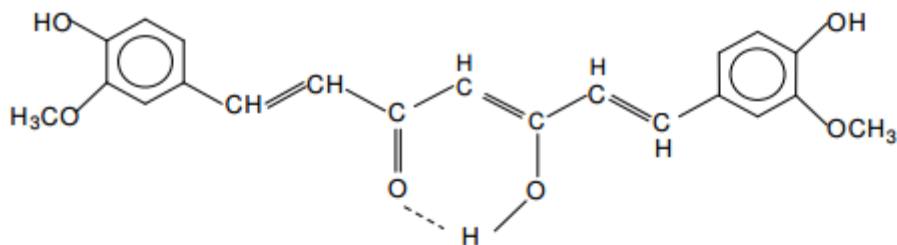
Estão presentes na composição da planta: óleo essencial, rico em sesquiterpenos oxigenados, causa da característica aromática da planta, compostos de curcuminóides (curcumina, desmetoxicurcumina e bisdesmetoxicurcumina), responsáveis pela cor amarelo avermelhada dos rizomas, carbinol, resina, amido, polissacarídeos (A, B, C e D), sais de potássio, açúcares, entre outras substâncias. (GRANDI, 2014; ALMEIDA, 2006; ALONSO, 1998). De maneira geral, o amido é o componente presente em maior quantidade na cúrcuma (25 a 50 %), seguida de proteína (4 a 10 %), fibras e cinzas (2 a 7 %) (ALMEIDA, 2006).

Há três produtos de cúrcuma sendo comercializados: a cúrcuma em pó, a oleoresina e a curcumina purificada (MESA et al., 2000). A cúrcuma em pó é obtida pela secagem e moagem dos rizomas. A obtenção da oleoresina é feita através da extração do pó de cúrcuma com solvente, escolhidos de acordo com a sua pureza e a permissão pela legislação vigente de uso em alimentos (MARTINS, 1993). O uso da cúrcuma está relacionado a sua capacidade corante, condimentar, flavorizante e como medicamento (MESA et al., 2000).

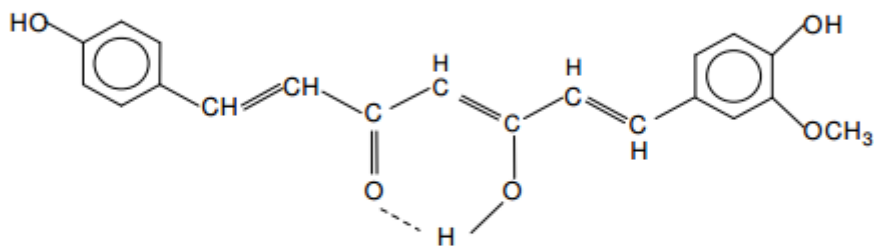
A cúrcuma em pó é utilizada em pasta de mostarda, condimentos e um componente fundamental do curry indiano. Pode ser utilizada em conjunto com a páprica em muitos queijos processados e em produtos à base de gordura (MAIA, 2004).

Os compostos curcuminóides são encontrados nos rizomas até 4 a 8 mg/100 g. O teor de pigmentos é dependente das diferentes variedades ou cultivares, do período do desenvolvimento do bulbo e das práticas culturais (MATHAI, 1976). Os três compostos pertencem à classe diferoluilmetano, de fórmula estrutural  $C_{21}H_{20}O_6$ . A curcumina, 1,7-bis-(hidroxi-3-metoxifenil)-1,6-heptadieno-3,5-diona, possui dois grupos metoxila ( $OCH_3$ ), a desmetoxicurcumina apenas um, e a bisdesmetoxicurcumina nenhum. Estes pigmentos estão presentes em concentrações que variam de 4 a 6 mg/100 g para curcumina; de 4 a 3 mg/100 g para desmetoxicurcumina, e de 3 a 2 mg/100 g para a bisdesmetoxicurcumina (MARTINS & RUSIG, 1992). A Figura 5 apresenta as estruturas químicas destes pigmentos.

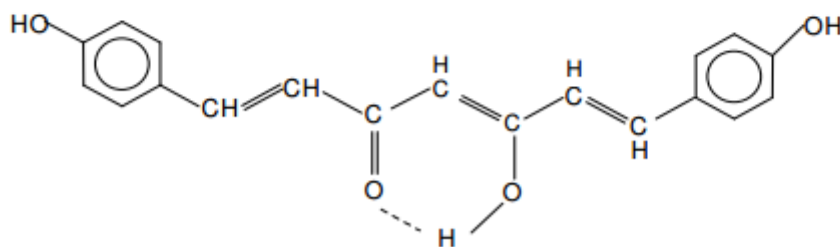
**Figura 5** – Estrutura química dos pigmentos curcuminóides.



Curcumina



Desmetoxicurcumina



Bisdesmetoxicurcumina

Fonte – ALMEIDA (2016)

Com relação à estabilidade da curcumina, estudos demonstraram que a faixa de pH entre 4 e 7 apresenta maior estabilidade à molécula curcumina e que em valores superiores a 7 a degradação é visível. Quanto à temperatura, estudo realizado por RUSIG & MARTINS (1992), comprovou que até 100 °C não há prejuízo considerável. Contudo, a 125 °C houve degradação de 15,25 % do pigmento. Ainda a luz foi analisada e considerada o fator de maior relevância sobre a degradação da curcumina, provocando cerca de 30 % de perda do pigmento, após 30 dias de exposição, enquanto a degradação pela ação exclusiva do oxigênio foi de 1,80 %. Um outro problema relatado em pesquisas é a baixa solubilidade da curcumina em água que dificulta sua aplicação e a baixa biodisponibilidade (PATEL, 2012). É solúvel em etanol, álcalis, acetona, ácido acético e clorofórmio e insolúvel em óleo (ARAÚJO et al., 2001).

Estudos têm demonstrado as ações antioxidantes, antiinflamatórias, antimicrobianas e anticancerígenas da cúrcuma. A *Curcuma longa* L. vem demonstrando potente ação antioxidante devido à presença de compostos curcuminóides (MARCHI, 2016), sendo a curcumina a principal substância ativa nos rizomas (60 a 76 %) e a bisdesmetoxicurcumina a menos expressiva, correspondendo em média a 18 % (ALMEIDA, 2006). A curcumina age na redução da peroxidação lipídica e amplia a ação de enzimas antioxidantes e a neutralização de radicais livres (MARCHI, 2016).

A literatura relata também que a curcumina em sua forma livre apresenta atividade antimicrobiana para *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans* e *Pseudomonas aeruginosa* (DUBEY et al., 2008; HAN; YANG, 2005; HU; HUANG; CHEN, 2013; MUN et al., 2013; PARVATHY; NEGI; SRINIVAS, 2009).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

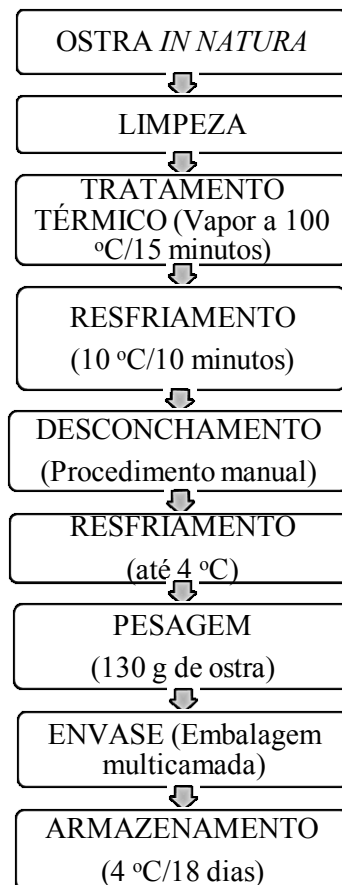
#### **3.1 AMOSTRAS**

As ostras *in natura* utilizadas no presente estudo foram cultivadas e adquiridas no bairro Sambaqui, Florianópolis/SC, mediante troca por sementes doadas pelo Laboratório de Moluscos Marinhos da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina). As amostras, que apresentavam bom estado de frescor e integridade física, foram embaladas e acondicionadas em caixa térmica e gelo para o transporte até o Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos (PROFI) da UFSC, onde foram imediatamente processadas.

### 3.2 PROCESSAMENTO DAS OSTRAS

As ostras foram lavadas em água corrente para a remoção das sujidades presentes na superfície das conchas. Posteriormente 7 dúzias de ostras foram submetidas ao tratamento térmico a vapor em autoclave durante 15 minutos por 100 °C (SOARES, 2013). Em seguida, foram resfriadas a 10°C por 10 minutos com subsequente retirada das conchas e acondicionamento em embalagem flexível multicamada constituída de uma mistura de polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno (PEL) e poliamida, sendo armazenadas sob refrigeração (4 °C). O processo está esquematizado na Figura 6.

**Figura 6** – Fluxograma do processamento convencional da ostra.



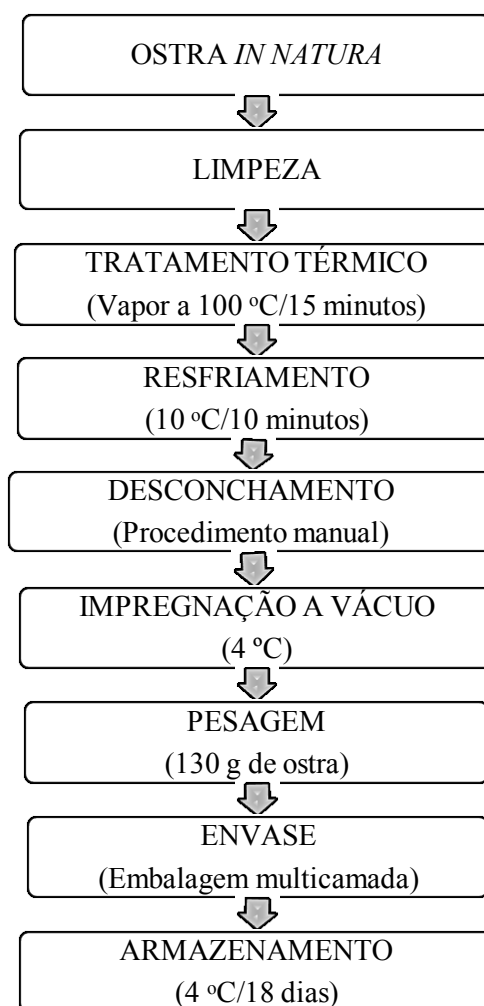
### 3.3 PROCESSO DE IMPREGNAÇÃO A VÁCUO DE CURCUMINA EM OSTRA

Para o processo de impregnação de curcumina a vácuo em ostras, adotou-se o mesmo procedimento empregado anteriormente até o desconchamento. Após, realizou-se o resfriamento das ostras até 4 °C e a impregnação de curcumina sob vácuo a essa mesma



temperatura. Devido à baixa solubilidade da curcumina em água, utilizou-se Vinho Fino Branco de Mesa Meio Seco como agente solubilizante. Deste modo, a solução de impregnação foi constituída de 130 µg de curcumina/mL de solução de vinho e água, sendo a fração alcoólica do vinho na solução de 3,75 %. A razão de amostra/ solução utilizada foi de 1:1. Um novo fluxograma pode ser visualizado na Figura 7.

**Figura 7** – Fluxograma do procedimento adotado para o processo de impregnação de curcumina a vácuo em ostra.

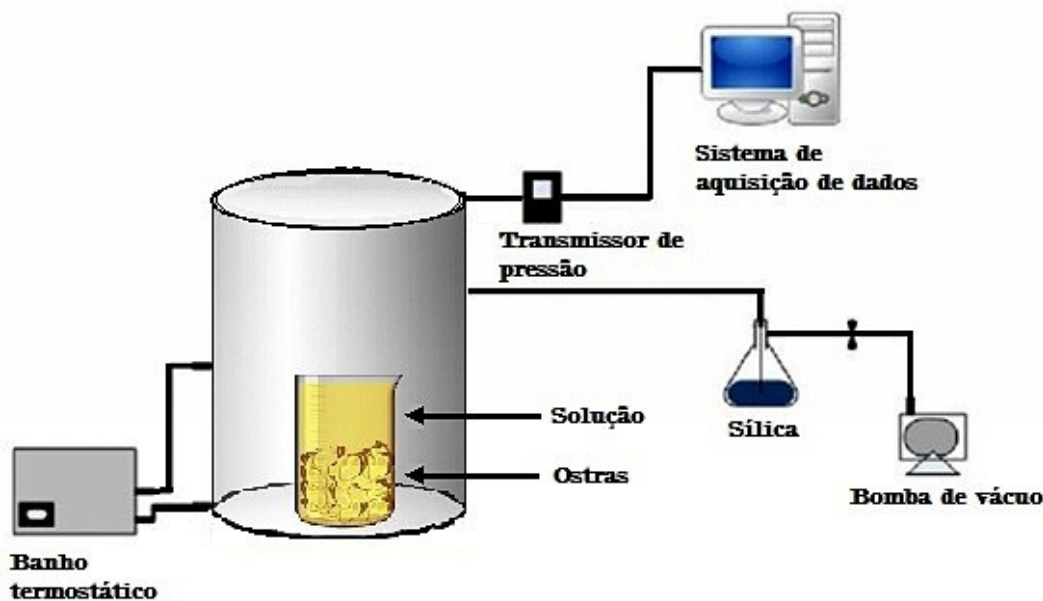


### 3.3.1 Dispositivo experimental de impregnação a vácuo

O dispositivo experimental utilizado na impregnação a vácuo da solução de curcumina em ostras (Figura 8) é composto de uma câmara de aço inoxidável em formato cilíndrico com dimensões internas de 0,057 m de diâmetro e 0,205 m de altura, no interior desta câmara

introduziu-se um béquer com volume de 2 L com a solução e as amostras para impregnação, a câmara foi conectada a uma bomba de vácuo (Vacuubrand, RZ 6, Alemanha) e a um *trapping*. A câmara de vácuo é equipada com um sistema de controle e monitoramento de temperatura e pressão. A temperatura do sistema foi mantida constante, pela passagem de água através da camisa conectada a um banho termostatizado (Quimis, 6214m2, Brasil). Para registro da temperatura do produto, um termopar tipo J (Salvi Casagrande, Brasil) foi instalado no interior da câmara. A pressão total do sistema foi medida por um transdutor de pressão relativa (Velki, IT-TR, 4-20 mA, Brasil). A pressão de vácuo gerada no sistema foi registrada com o uso de vacuômetro (Edwards, APG100-XM). O transdutor de pressão, o termopar e o vacuômetro foram conectados a um sistema de aquisição de dados (Agilent, Data Acquisition 34970A, EUA), acoplado em um computador que armazena os dados através do software Benchlink Data Logger 3.0 (Agilent, 2009). A temperatura de operação foi de 4 °C.

**Figura 8** – Aparato experimental para impregnação de curcumina a vácuo em ostras.



Fonte – Adaptado de Lima (2014)

### 3.3.2 Delineamento experimental

Para estudar o efeito combinado das variáveis intensidade do vácuo aplicado e período de vácuo/relaxação sob a concentração de curcumina impregnada em ostras utilizou-se o Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR)  $2^2$  com 4 pontos axiais e 4 pontos centrais. Os níveis pressão e tempo estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Matriz do delineamento central composto rotacional (DCCR) 2<sup>2</sup>, com valores reais e codificados.

<b>Ensaio</b>	<b>P (mbar)</b>	<b>t (min)</b>
1	-1 (50)	-1 (5)
2	-1 (50)	+1 (15)
3	+1 (150)	-1 (5)
4	+1 (150)	+1 (15)
5	-1,41 (30)	0 (10)
6	+1,41 (170)	0 (10)
7	0 (100)	-1,41 (3)
8	0 (100)	+1,41 (17)
9	0 (100)	0 (10)
10	0 (100)	0 (10)
11	0 (100)	0 (10)
12	0 (100)	0 (10)

### 3.3.3 Determinação da concentração de curcumina

Ostras impregnadas de curcumina sob vácuo foram imersas por 5 horas em 20 mL de etanol absoluto para extração da curcumina. A solução extraída foi centrifugada (Quimis, Q222T) a 5000 rpm por 10 min e a absorbância foi determinada pela leitura do sobrenadante por espectroscopia IV-Vis a 425 nm e comparada com uma curva de calibração previamente construída em triplicata (BELLARY, 2011).

### 3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As propriedades físico-químicas da ostra processada na forma convencional e sob impregnação de curcumina a vácuo foram avaliadas ao longo de 18 dias de armazenamento e as análises realizadas nos dias 0, 4, 7, 11, 14 e 18 dias em triplicata.

### 3.4.1 pH

O pH das ostras foi medido diretamente no alimento com um phmetro de sólidos (Testo 205) composto por uma sonda para medição de pH e temperatura, com leituras em triplicatas.

### 3.4.2 Atividade de água

A atividade de água das ostras foi determinada por meio de um analisador de atividade de água por ponto de orvalho com controle interno de temperatura (Aqualab, Decagon Devices). Após a calibração do equipamento,  $4 \pm 0,5$  g de amostra triturada foi colocada no aparelho e a leitura realizada automaticamente. As leituras foram realizadas em triplicata.

### 3.4.3 Umidade

O conteúdo de umidade das ostras foi determinado conforme o método 925.09 da AOAC (2005) para as amostras submetidas a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Amostras de  $5 \pm 0,5$  g de ostra foram colocadas em cápsulas de porcelana taradas, previamente aquecidas em estufa a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 1 h, resfriadas em dessecador até temperatura ambiente e pesadas em balança analítica (Marte, Ay220). Após, as cápsulas foram colocadas em estufa a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, resfriadas em dessecador até temperatura ambiente, e novamente pesadas. Por fim, utiliza-se a Equação 1:

$$X_{bu} = \frac{m_i - m_f}{m_i} * 100 \quad (1)$$

Em que  $m_i$  é a massa inicial da amostra (g),  $m_f$  é a massa final da amostra (g) e  $X_{bu}$  é a umidade em base úmida (%).

Todas as determinações foram feitas em triplicata e o resultado expresso como média  $\pm$  desvio padrão.

### 3.4.4 Capacidade de retenção de água (CRA)

A capacidade das ostras em reter sua água de constituição após o processamento foi determinada utilizando um método descrito por Desmond et al. (2000), modificado. Amostras de aproximadamente  $10 \text{ g} \pm 0,5 \text{ g}$ , foram envolvidas em papel TNT e centrifugadas em tubo de

polipropileno de 50 mL (contendo uma parcela de algodão ao fundo) a 7000 rpm por 10 minutos e 3°C em ultra centrífuga. As amostras foram pesadas antes e após a centrifugação e a CRA foi calculada conforme com a Equação 2:

$$\text{CRA} \left( \frac{\text{g H}_2\text{O retida}}{\text{g matéria seca}} \right) = \frac{(m_a * x_w) - (m_a - m_d)}{m_a * (1 - x_w)} \quad (2)$$

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

### 3.4.5 Avaliação da perda de água por exsudação na embalagem

O exsudado de cada embalagem foi quantificado gravimetricamente durante todo o armazenamento. A massa inicial da amostra em cada embalagem foi medida e catalogada. A massa do exsudado (g) foi dividida pela massa inicial do produto (g) e relatada como uma percentagem (%), conforme descrita por (SIVERTSVIK & BIRKELAND, 2006).

### 3.4.6 Análise de perfil de textura (TPA)

A análise de perfil de textura foi realizada com uma probe plana circular de 50 mm de diâmetro acoplada ao texturômetro (Stable Micro System, TA.XT2i, Inglaterra). Durante o ensaio, as amostras foram comprimidas por duas vezes consecutivas até atingir 50 % da sua altura a uma velocidade de 1 mm <sup>-1</sup>, simulando-se o movimento da mandíbula durante a mastigação (BOURNE, 1982). A partir da análise das curvas de força *versus* tempo fornecido pelo equipamento foi possível determinar os parâmetros dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade (BOURNE, 2002).

## 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O tratamento estatístico dos dados obtidos foi realizado com auxílio do *software* STATISTICA, versão 10.0, através da análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey a 95 % de confiança.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E TEMPO DE PROCESSO NA CONCENTRAÇÃO DE CURCUMINA IMPREGNADA EM OSTRAS

O planejamento experimental do tipo  $2^2$  com 4 pontos centrais e 4 pontos axiais apresentou o efeito das condições operacionais do processo (pressão e tempo) na quantidade de curcumina impregnada em ostras. A Tabela 2 apresenta a matriz do planejamento experimental com valores codificados, reais e as respostas sobre a influência na concentração de curcumina impregnada.

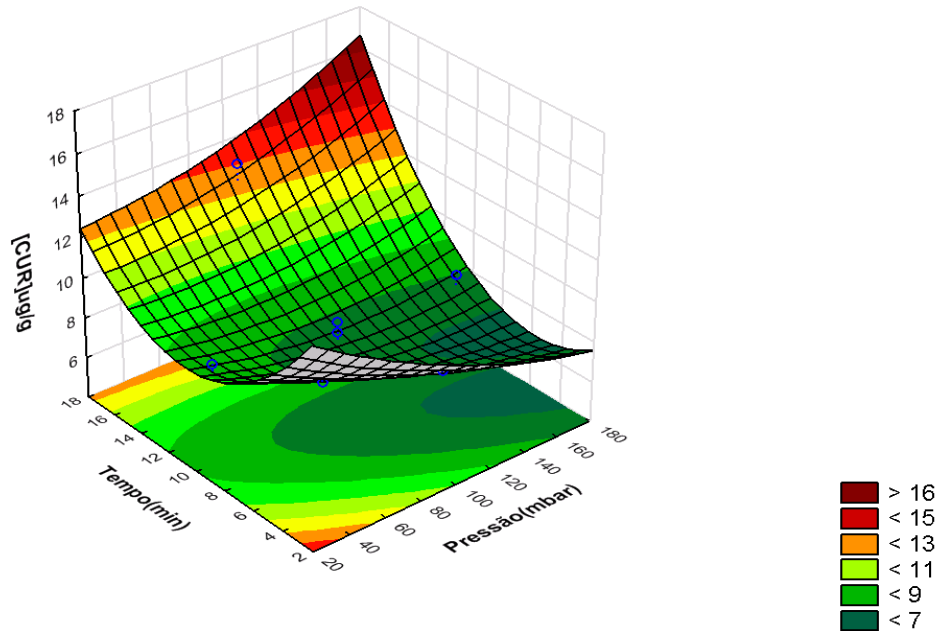
**Tabela 2** - Matriz do planejamento experimental com as respostas em termos da concentração de curcumina impregnada.

P (mbar)	t (min)	[CURC] µg/g
-1 (50)	-1 (5)	9,62
-1 (50)	+1 (15)	9,44
+1 (150)	-1 (5)	6,81
+1 (150)	+1 (15)	10,73
-1,41 (30)	0 (10)	8,97
+1,41 (170)	0 (10)	8,19
0 (100)	-1,41 (3)	9,16
0 (100)	+1,41 (17)	13,23
0 (100)	0 (10)	6,89
0 (100)	0 (10)	8,38
0 (100)	0 (10)	7,87
0 (100)	0 (10)	7,05

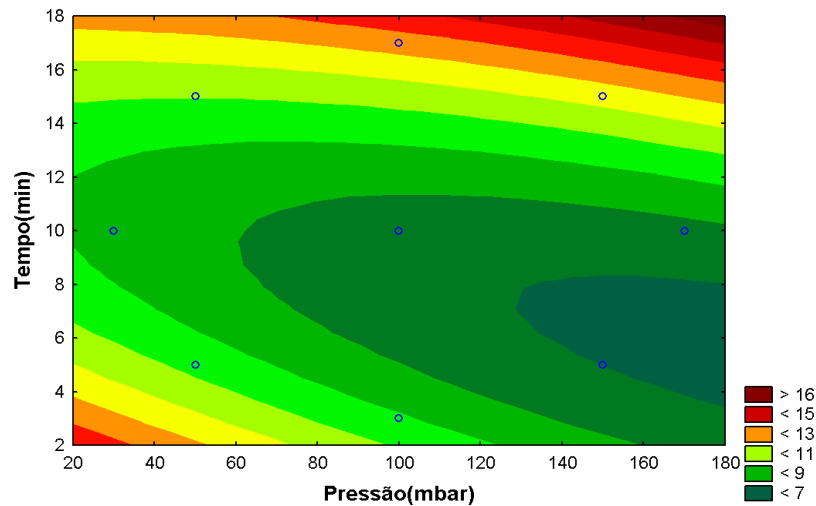
P: pressão; t: tempo; [CURC]: concentração de curcumina.

Os resultados obtidos na Tabela 2 foram tratados estatisticamente e permitiram a construção da superfície de resposta e da curva de contorno apresentadas na Figura 9 para a concentração de curcumina impregnada em função da pressão e tempo.

**Figura 9** - Superfície de resposta (A) e curva de contorno (B) para a concentração de curcumina impregnada em função da pressão e do tempo.



(A)



(B)

De acordo com a matriz do planejamento experimental (Tabela 2), a concentração mais alta de curcumina impregnada foi obtida sob pressão de 100 mbar e tempo de processo de 17 minutos. Pode-se observar através da superfície de resposta (Figura 9A) que as melhores condições de processo, maior teor de curcumina impregnada em ostras, são obtidas trabalhando-se na maior pressão e maior tempo.

O aumento no tempo de impregnação pode ter possibilitado uma maior retirada do conteúdo presente nos poros da ostra. Maior tempo de relaxação pode atribuir maior entrada de líquido na amostra até alcançar o equilíbrio. Este comportamento foi relatado por Rodrigues (2013), que estudou a impregnação a vácuo de microrganismos probióticos em goiaba minimamente processada e constatou que o tempo de impregnação afetou significativamente a concentração de *L. plantarum* no tecido vegetal. O aumento do tempo de processo possibilitou uma maior retirada do ar presente no tecido da fruta e, conseqüentemente, aumentou os espaços para a entrada da suspensão contendo a bactéria probiótica (RODRIGUES, 2013).

Bellary e Rastogi (2014) estudaram o efeito de pré-tratamentos selecionados na impregnação de curcuminóides e sua influência nas propriedades físico-químicas de fatias de banana e verificaram que a infusão de curcuminóides aumentava com um aumento no tempo de aplicação de vácuo até 30 min e além desse tempo, a infusão não aumentou significativamente. Bellary (2011) estudou o tratamento osmótico como um método para difundir curcuminóides em fatias de coco e relatou que a concentração de curcuminóides aumentou continuamente com o aumento no tempo de imersão.

A resposta encontrada neste trabalho para o efeito da pressão no teor de curcumina impregnado pode estar relacionada com a alta porosidade da amostra. Deste modo, em pressões mais baixas (maior intensidade de vácuo) o conteúdo do interior dos poros da ostra poderia sair e entrar novamente no alimento. De forma contrária, menores pressões (baixas pressões de vácuo) podem provocar uma saída mais branda dos poros do alimento, aumentando os espaços vazios e acarretando em uma maior concentração de curcumina impregnada. Uma outra explicação para este efeito é a baixa concentração de curcumina na solução impregnante, além disto a relação massa de amostra/solução (1:1) utilizada no experimento poderia ocasionar uma diluição da solução de impregnação com a saída da solução nativa dos poros da ostra.

Rodríguez (1998) avaliou a impregnação a vácuo de diferentes microrganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus acidophilus* e *Phoma glomerata*) em maçã cortada em cubos. Foram utilizadas cinco pressões de vácuo (685, 635, 535, 435, 335 mmHg) por 2 minutos e constatou-se que as maiores contagens 5,05; 5,40 e 5,28 Log UFC·g<sup>-1</sup> para *S. cerevisiae*, *L. acidophilus* e *P. glomerta*, respectivamente, foram obtidas com a maior pressão (menor vácuo). De forma contrária, Marcussi (2005) ao avaliar a impregnação a vácuo em peras, verificou uma grande penetração de solução no interior das frutas e que quanto menor era a pressão de operação, maior era o fluxo de solução. Mújica-Paz et al. (2003) estudaram o volume impregnado de solução isotônica de sacarose em frutas e concluíram que o tempo de processo (entre 3 e 45 minutos de vácuo seguido de 25 minutos à pressão atmosférica) teve uma



resposta linear no volume de solução impregnado em manga, entretanto a intensidade do vácuo (entre 135 e 674 mbar) não foi significativa. O mesmo estudo evidenciou que o tempo e a intensidade de aplicação do vácuo foram variáveis significativas na impregnação de solução para o mamão e pêssego. Já para a banana, maçã e melão, apenas a pressão foi significativa. Hofmeister et al (2005), ao abordarem o uso da impregnação a vácuo para a salga de queijo tipo Minas, constataram que o ganho de sal aumenta com o tempo de contato com a solução salina.

A fenomenologia da impregnação a vácuo em ostras e nos trabalhos citados que utilizam solução de impregnação com concentração de sal ou açúcar difere, já que nestes últimos verifica-se a desidratação osmótica do alimento. Ocorre, de forma simultânea, uma redução da quantidade de água presente inicialmente no produto e uma incorporação de sólidos, reduzindo a atividade de água e permitindo o desenvolvimento de um produto com nova formulação (MEDINA VIVANCO, 2003). O papel do vácuo no processo de impregnação a vácuo em ostras é tão somente a redução na tensão fluida interfacial em relação à solução e a troca do gás e do líquido nativo aprisionados dentro dos poros do alimento por um líquido externo (FITO et al., 1996).

Após avaliação do efeito do tempo e da pressão na concentração de curcumina impregnada, foi determinada a condição de processo da etapa seguinte. A escolha para a próxima etapa do trabalho a qual consiste na avaliação das características físico químicas das ostras submetidas a impregnação a vácuo durante o armazenamento, foi utilização de 200 mbar por 20 minutos, devido as respostas encontradas e a maior facilidade no controle da pressão de vácuo para estes valores.

## 4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

### 4.2.1 pH

Os resultados das análises de pH da ostra *in natura* (tempo zero), após tratamento térmico e após impregnação a vácuo (200 mbar por 20 minutos) durante o armazenamento por 18 dias são mostrados na Tabela 3.

**Tabela 3** - pH da ostra *in natura*, após tratamento térmico (TT) e após impregnação a vácuo (IV) durante 18 dias de armazenamento a 4°C.

Tempo (dias)	pH		
	<i>In natura</i>	TT	IV
0	6,58 ± 0,07	6,53 ± 0,05 <sup>a</sup>	6,32 ± 0,05 <sup>a</sup>
4	-	6,43 ± 0,03 <sup>b</sup>	6,30 ± 0,04 <sup>a</sup>
7	-	6,40 ± 0,03 <sup>d</sup>	6,21 ± 0,05 <sup>b</sup>
11	-	6,39 ± 0,02 <sup>d</sup>	6,18 ± 0,05 <sup>b</sup>
14	-	6,39 ± 0,02 <sup>d</sup>	6,13 ± 0,07 <sup>c</sup>
18	-	6,34 ± 0,02 <sup>c</sup>	6,05 ± 0,05 <sup>d</sup>

\*Os valores que apresentam a mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente a um nível de significância de 5 %, pelo teste de Tukey.

O pH médio das ostras antes do processo foi de  $6,58 \pm 0,07$ . O valor encontrado para o pH da ostra *in natura* está de acordo com o valor obtido por Cruz Romero et al. (2008), sendo de 6,45 e por Soares et al. (2015), que encontraram o valor de 6,5. Resultado também encontra-se dentro da variação descrita por Ramos et al. (2010) de 5,7 a 6,6 para *Crassostrea gigas* pertencentes as fazendas marinhas localizadas na Baía Sul da Ilha de Santa Catarina.

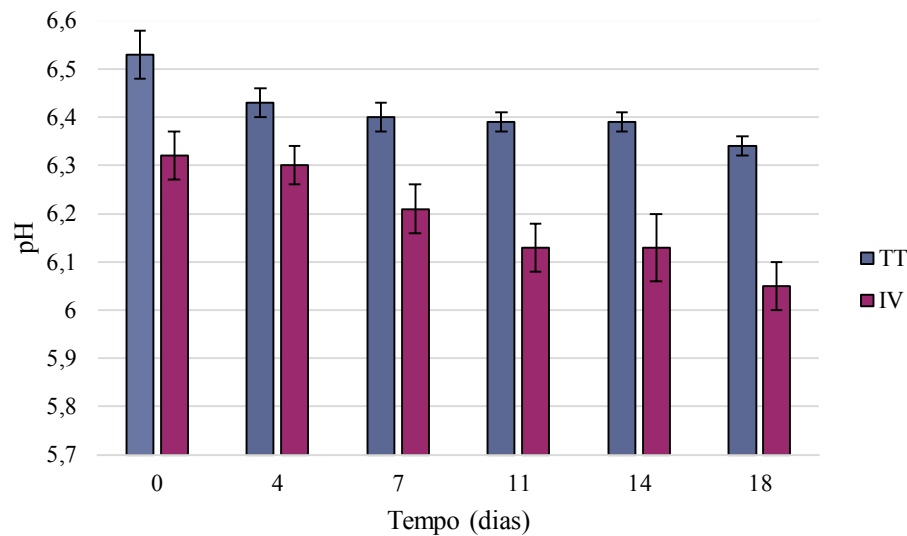
A aplicação de curcumina sob vácuo ocasionou uma redução do pH da ostra, que foi de  $6,53 \pm 0,05$  após tratamento térmico para  $6,32 \pm 0,05$  após processo de impregnação a vácuo, devido ao baixo pH da solução de impregnação (pH = 3,40) que promoveu um aumento na acidez das ostras.

O pH dos pescados apresenta valores próximos à neutralidade, sendo considerado ótimo para o crescimento de bactérias patogênicas e por este motivo deve-se ter um cuidado rigoroso, desde a coleta até o produto final, para que o pescado não ofereça riscos à saúde do consumidor (FURLAN et al., 2010).

Ao longo do armazenamento, ambos os processos apresentaram uma redução do pH inicial (Figura 10), que foi de  $6,53 \pm 0,05$  para  $6,34 \pm 0,02$  para o tratamento térmico e de  $6,32 \pm 0,05$  para  $6,05 \pm 0,05$  para a impregnação a vácuo, em decorrência do processo de decomposição natural da ostra. Andrés et al. (2015) determinaram o pH de peixes dourada após processo de impregnação a vácuo de solução de bactérias ácido lácticas e de solução de nisina e

relataram que os valores de pH aumentaram com o tempo de armazenamento em todos os casos, mostrando diferenças significativas no décimo dia de armazenamento a 4 °C. Este acréscimo no pH, por sua vez, pode ser associado com a produção de compostos básicos como amônia, trimetilamina e outras aminas biogênicas, devido ao crescimento microbiano (ANDRÉS et al., 2015).

**Figura 10** – Comportamento do pH da ostra após tratamento térmico (TT) e após impregnação a vácuo (IV) durante 18 dias de armazenamento a 4°C.



A determinação do pH das ostras é um parâmetro importante, uma vez que a decomposição de ostras altera a concentração de íons de hidrogênio do alimento. Silva et al., (2003) reportaram que os bivalves estocam energia em seus tecidos na forma de glicogênio e que o ácido lático produzido, como resultado da degradação dos estoques de glicogênio, reduz o pH dos moluscos. A redução do pH pode indicar uma acidificação no produto, podendo modificar seu sabor, assim, a diminuição do pH da carne de ostras, mostra uma piora na qualidade e está diretamente relacionado ao seu processo de deterioração. Segundo Jay (2005), a seguinte escala de pH serve como base para a determinação da qualidade microbiológica de moluscos (que não tenham sido tratados com tecnologias além do processamento térmico convencional) pH acima de 5,9 = boa; pH 5,8 = pouco inadequada; pH entre 5,5 - 5,7 = muito inadequada e pH menor que 5,2 = pútrida. Também segundo Cook (1991), um pH acima de 6,0 para carne das ostras é considerado adequado. Assim, com base no exposto, pode-se constatar que as amostras avaliadas encontraram-se dentro da faixa que segundo Jay (2005) e Cook (1991) corresponde a uma boa qualidade microbiológica, durante todo o armazenamento.

No Brasil, não há uma legislação específica para os valores de pH de ostras, porém, de acordo com o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA (BRASIL, 1980) os limites máximos para o pH do pescado fresco é de 6,5 na parte interna e de 6,8 na parte externa.

Abbey et al. (1957) e Jay (2005) salientam porém, que embora o pH seja considerado por muitos autores como a melhor técnica objetiva para a determinação da qualidade de ostras, análises microbianas e organolépticas foram os melhores indicadores de qualidade.

#### 4.2.2 Atividade de água

Na Tabela 4, estão apresentados os resultados da determinação da atividade de água das ostras *in natura* (tempo zero), após tratamento térmico e após processo de impregnação a vácuo durante o armazenamento por 18 dias.

**Tabela 4** – Atividade de água das ostras após tratamento térmico (TT) e impregnação a vácuo (IV) durante 18 dias de armazenamento a 4°C

Tempo (dias)	A <sub>w</sub>		
	<i>In natura</i>	TT	IV
0	0,989 ± 0,002	0,987 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,989 ± 0,003 <sup>a</sup>
4	-	0,985 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,990 ± 0,003 <sup>a</sup>
7	-	0,985 ± 0,003 <sup>a</sup>	0,990 ± 0,002 <sup>a</sup>
11	-	0,985 ± 0,003 <sup>a</sup>	0,991 ± 0,001 <sup>a</sup>
14	-	0,984 ± 0,003 <sup>a</sup>	0,990 ± 0,002 <sup>a</sup>
18	-	0,985 ± 0,003 <sup>a</sup>	0,990 ± 0,003 <sup>a</sup>

\*Os valores que apresentam a mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente a um nível de significância de 5 %, pelo teste de Tukey.

Os valores encontrados para a atividade de água da ostra foram: 0,989 ± 0,002 para a ostra *in natura*, 0,987 ± 0,002 para a ostra após tratamento térmico e 0,989 ± 0,003 para a ostra após o processo de impregnação a vácuo. Cruz Romero et al. (2008) e Soares et al. (2015) encontraram valores de atividade de água, respectivamente de 0,988 e 0,986. Portanto, o valor encontrado para a ostra *in natura* está em conformidade com a literatura.

A atividade de água sofreu um leve aumento com o processo de impregnação a vácuo, devido ao preenchimento dos poros da ostras com a solução de impregnação. Resultado

contrário foi obtido por Andrés et al. (2015) que estudaram técnicas de impregnação a vácuo de solução de bactérias ácido lácticas e de solução de nisina para prolongar a vida útil de peixes dourada e obtiveram valores de  $A_w$  de  $0,991 \pm 0,002$  para o peixe fresco e de  $0,982 \pm 0,001$  para amostras impregnadas com solução de bactérias ácido lácticas. Este efeito pode ser explicado pela composição dos meios de impregnação, que continham sais e outros componentes capazes de reduzir a disponibilidade de água. No presente estudo,  $A_w$  não apresentou diferença significativa ao longo do armazenamento, mantendo-se constante para ambos os processos. Ao contrário, Andrés et al (2015) relataram que a interação entre o tempo de armazenamento e o tratamento de impregnação foi significativo, apresentando valores de  $0,990 \pm 0,002$  para a amostra de controle,  $0,989 \pm 0,002$  para amostra impregnada com nisina e  $0,989 \pm 0,001$  para amostra impregnada com bactérias após 15 dias de armazenamento.

A  $A_w$  é um parâmetro de controle de qualidade significativo para garantir a estabilidade de alimentos e controlar o crescimento de microrganismos (PARISENTI, 2010). Franco e Landgraf (2003), relatam que os alimentos com  $A_w$  acima de 0,90 são considerados perecíveis, pois são facilmente alterados. O alto valor apresentado para a atividade de água da ostra mostra que o alimento é um substrato ideal para os microrganismos, sendo necessário conservá-lo de forma adequada.

#### **4.2.3 Umidade, capacidade de retenção de água (CRA) e exsudação**

Os resultados das análises de umidade, capacidade de retenção de água e teor de exsudado realizadas nas ostras após processamento térmico e após impregnação a vácuo estão apresentados na Tabelas 5.

**Tabela 5** – Umidade, capacidade de retenção de água e teor de exsudado das ostras após tratamento térmico (TT) e após impregnação a vácuo (IV) durante 18 dias de armazenamento a 4°C.

Tempo (dias)	TT			IV		
	Umidade (%)	CRA (g H <sub>2</sub> O retida/g de matéria seca)	Exsudado (%)	Umidade (%)	CRA (g H <sub>2</sub> O retida/g de matéria seca)	Exsudado (%)
0	82,22 ± 0,57 <sup>a</sup>	2,55 ± 0,18 <sup>a</sup>	**	80,38 ± 1,73 <sup>a</sup>	2,28 ± 0,23 <sup>a,b</sup>	**
4	79,28 ± 0,60 <sup>b</sup>	2,23 ± 0,13 <sup>a,b</sup>	2,22 ± 0,46 <sup>a</sup>	79,88 ± 1,02 <sup>a</sup>	2,20 ± 0,14 <sup>a,b</sup>	6,24 ± 0,60 <sup>a</sup>
7	79,20 ± 1,56 <sup>b</sup>	2,13 ± 0,13 <sup>b</sup>	2,50 ± 0,93 <sup>a</sup>	79,95 ± 0,98 <sup>a</sup>	2,34 ± 0,08 <sup>a</sup>	6,52 ± 0,94 <sup>a</sup>
11	79,22 ± 0,45 <sup>b</sup>	2,16 ± 0,29 <sup>b</sup>	4,01 ± 0,27 <sup>a,b</sup>	81,10 ± 0,72 <sup>a</sup>	2,29 ± 0,08 <sup>a,b</sup>	6,88 ± 0,71 <sup>a</sup>
14	79,41 ± 0,54 <sup>b</sup>	2,13 ± 0,17 <sup>b</sup>	5,08 ± 0,10 <sup>b</sup>	80,96 ± 0,40 <sup>a</sup>	2,29 ± 0,07 <sup>a,b</sup>	7,11 ± 0,28 <sup>a</sup>
18	79,21 ± 0,43 <sup>b</sup>	2,23 ± 0,23 <sup>a,b</sup>	5,74 ± 0,32 <sup>b</sup>	80,43 ± 1,07 <sup>a</sup>	2,11 ± 0,12 <sup>b</sup>	7,23 ± 0,50 <sup>a</sup>

\*Os valores que apresentam a mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente a um nível de significância de 5 %, pelo teste de Tukey. \*\* As amostras do tempo 0 dias foram analisadas após o tratamento, não foram embaladas.

Cruz-Romero et al. (2008) e Caetano et al. (2009) apresentaram valores para a ostra *in natura* da espécie *Crassostrea gigas* de respectivamente 84 % e 85,21 %. Devido à variabilidade da amostra, diferenças podem ser constatadas entre os valores do teor de umidade reportados na literatura e no presente estudo.

Conforme esperado, houve perda de água com o tratamento térmico. Pedrosa e Cozzolino (2001) estudaram a espécie *Crassostrea rhizophorae* e encontraram valores de umidade para a ostra crua e para a ostra cozida de respectivamente, 79,71 % e 76,97 %, sendo que houve um aumento da fração protéica com a cocção em função da perda de água proveniente deste processamento. Chellappan (1991), realizou um estudo com a ostra *Crassostrea madrasensis*, onde comparou a composição centesimal de ostras cozidas em vapor e cozidas em água com a composição de ostras *in natura*. Os valores encontrados mostraram que houve perda de umidade nos dois processos, no entanto, a perda foi maior em ostras abertas em vapor (de 80,09 % para 71,36 %) e em consequência, os teores de proteína, cinzas, lipídeos e glicogênio aumentaram. Constata-se que o tratamento térmico da ostra influencia na composição química e na qualidade final do produto.

Pode-se verificar pela Tabela 5 que a umidade da ostra não sofreu diferença significativa ao longo do tempo de armazenamento para os dois processos estudados. Entretanto, o teor de umidade do produto apresentou um leve aumento após IV, como consequência da absorção de líquido durante o processo de impregnação. Resultado semelhante foi descrito por Andrés et al. (2015) que obtiveram teores de umidade significativamente maiores nas amostras impregnadas a vácuo ( $71,2 \pm 0,5$  % para solução de nisina e  $70,6 \pm 0,5$  % para solução de bactérias ácido lácticas) comparadas as amostras controle ( $68,3 \pm 0,6$  %). De Lima et al. (2016), relataram o mesmo comportamento para amostras de abacaxi, onde amostras impregnadas a vácuo (88 kPa/10 min seguido de 10 min de imersão sob pressão atmosférica restaurada) com cálcio apresentaram maior teor de umidade ( $9,10 \pm 0,69$  g H<sub>2</sub>O/g de sólido seco) comparadas as amostras de abacaxi fresco ( $7,90 \pm 0,80$  g H<sub>2</sub>O/g de sólido seco), resultante da absorção de água durante a aplicação de vácuo.

Os pescados podem conter de 60 % a 85 % de umidade, sendo que, em geral, moluscos contêm mais água do que peixes e crustáceos. A umidade de ostras varia ao longo do ano, principalmente em função da absorção de água e perda de sólidos (MORAIS et al., 1978; OGAWA; MAIA, 1999).

O teor de umidade do produto após processamento e ao longo do armazenamento apresenta relação com a capacidade de retenção de água do alimento. A CRA da ostra é afetada pelo tratamento térmico, onde diminui como consequência da desnaturação das proteínas e pelas forças internas causadas por pressões do encolhimento do tecido conjuntivo (ERDOGDU et al., 2004).

A CRA foi expressa pela água retida na matéria seca e manteve-se praticamente constante ao longo do período de armazenamento para os dois processos estudados. Vários fatores influenciam a capacidade da carne em reter água, entre eles dois dos mais importantes são o pH e o índice de fragmentação miofibrilar (IFM) (LARA, 2010). Torrieri et al. (2006) relatam que a maior perda da CRA da proteína muscular ocorre em valores de pH mais baixos. Entretanto, neste estudo, o decréscimo observado no pH para os dois processos não influenciou a CRA. O resultado corrobora com os valores constantes encontrados para a umidade neste período. Também não houve variação com o processo de impregnação a vácuo; fato desejável, pois uma diminuição da CRA tem por consequência um aumento do potencial para uma possível exsudação na embalagem. Deste modo, pode-se assumir que no armazenamento a temperatura constante, controle da umidade relativa e utilização de embalagens adequadas, a CRA não é afetada pelo processo de impregnação a vácuo.

A capacidade de retenção de água é uma propriedade que determina a aptidão da carne em reter de forma total ou parcial a sua própria água, ou a água adicionada ao produto durante processamento (PARISENTI, 2010). Este parâmetro é importante quando se estuda a ostra durante o armazenamento. Quando o alimento apresenta uma baixa capacidade de retenção de água, a perda de umidade e conseqüentemente perda de peso durante o armazenamento é grande e constitui problema grave para a indústria. Uma menor capacidade de retenção de água da carne acarreta em perdas do valor nutritivo pelo exsudado liberado, resultando em carne mais seca com perda da maciez (PARDI et al., 2001). A CRA influencia de forma direta na textura, cor, firmeza, maciez e na suculência da carne e nas características sensoriais, no valor nutritivo, no valor comercial e na atitude tecnológica da carne (ORDÓÑEZ et al., 2005).

O fenômeno chamado exsudação é a perda de parte da água presente no alimento. Apesar da perda de água já observada entre o produto *in natura* e após os processamentos, a exsudação também ocorre durante o armazenamento.

Deve-se salientar que a exsudação varia em função das características intrínsecas da carne como pH e do tempo e temperatura de estocagem do alimento (PAYNE et al., 1997). A perda acentuada de líquidos por exsudação acarreta em alterações na textura, maciez, coloração e suculência do produto (JONSÄLL, et al., 2001). As ostras tem a sua perda de água relacionada à degradação da estrutura muscular causada pela combinação das enzimas endógenas proteinases com a atividade microbiana, que causa a secreção de uma variedade de enzimas hidrolíticas, em especial proteinases (MASNIYOM et al., 2011).

O exsudado formado logo após os tratamentos foi subtraído e as ostras embaladas. A quantidade de exsudado formada ao longo do armazenamento apresentou diferença significativa no produto obtido por processamento térmico, que sofreu um aumento no exsudado de 2,22 % (zero dias) para 5,74 % (18 dias), conforme mostra a Figura 11. Resultado semelhante foi encontrado por Lima (2014), que avaliou o teor de exsudado formado nas embalagens de mexilhão *Perna perna* após tratamento térmico (cocção em vapor a 100 °C durante 6 min) e relatou que a exsudação atingiu 5,78 % em 25 dias a 3 °C. Masniyom et al. (2011) constataram através de análise sensorial que a perda de exsudado pelo músculo contribui para menor aceitabilidade do produto pelos consumidores.



**Figura 11** - Presença de exsudado na embalagem proveniente do processamento térmico e da impregnação a vácuo durante 18 dias de armazenamento a 4°C.



Fonte – Autor (2017).

Para a impregnação a vácuo, o produto apresentou um aumento não significativo de 6,24 % para 7,23 %. Uma quantidade maior de exsudado inicial pode ser observada no armazenamento do produto obtido por impregnação a vácuo, devido a solução impregnante utilizada no tratamento que adere a superfície do alimento. Desta forma, pode-se concluir que o processo de impregnação a vácuo não teve influência no aumento da exsudação da ostra.

#### 4.2.4 Análise de perfil de textura (TPA)

Os resultados das análises de dureza do corpo e do músculo adutor das ostras estão apresentados na Tabela 6. O parâmetro dureza determina a força máxima de compressão durante o primeiro ciclo de compressão, considerado como a primeira mordida e é representado em Newtons.

**Tabela 6** – Dureza do corpo e do músculo adutor das ostras após tratamento térmico (TT) e impregnação a vácuo (IV) durante 18 dias de armazenamento a 4°C.

Tempo (dias)	Dureza			
	Corpo		Músculo	
	TT	IV	TT	IV
0	77,01 ± 14,53 <sup>A,a</sup>	71,91 ± 13,63 <sup>A,a</sup>	117,24 ± 12,29 <sup>A,a</sup>	107,95 ± 38,87 <sup>A,a</sup>
4	79,20 ± 8,33 <sup>A,a</sup>	66,21 ± 23,71 <sup>A,a</sup>	107,90 ± 26,36 <sup>A,a</sup>	117,76 ± 25,68 <sup>A,a</sup>
7	67,57 ± 16,28 <sup>A,a</sup>	55,97 ± 19,15 <sup>A,a</sup>	128,96 ± 53,92 <sup>A,a</sup>	147,00 ± 33,60 <sup>A,a,b</sup>
11	83,78 ± 29,06 <sup>A,a</sup>	65,21 ± 10,65 <sup>A,a</sup>	141,68 ± 58,49 <sup>A,a</sup>	170,28 ± 54,95 <sup>A,b</sup>
14	67,34 ± 3,10 <sup>A,a</sup>	73,41 ± 16,53 <sup>A,a</sup>	145,80 ± 51,33 <sup>A,a</sup>	105,83 ± 19,31 <sup>A,a</sup>
18	75,97 ± 11,97 <sup>A,a</sup>	71,36 ± 15,47 <sup>A,a</sup>	127,32 ± 16,05 <sup>A,a</sup>	113,37 ± 14,04 <sup>A,a</sup>

\*Os valores que apresentam a mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha e minúscula na coluna, a um nível de significância de 5 %, pelo teste de Tukey.

Observou-se que a dureza da ostra impregnada a vácuo não apresentou diferença significativa em relação a amostra obtida por processamento térmico. Também a dureza do corpo da ostra não apresentou variação estatística durante o armazenamento para os dois processos estudados. Já a dureza do músculo adutor da ostra termicamente tratada manteve-se constante durante o armazenamento, porém apresentou diferença significativa para a impregnação a vácuo no 11º dia de armazenamento. Essa diferença deve-se a variabilidade da amostra.

Os resultados de dureza da ostra foram menores na porção ventral (corpo da ostra) comparados a porção dorsal (músculo adutor), devido à concentração de tecido conjuntivo e a composição e estrutura da proteína do local. A porção ventral de uma ostra é rica em tecidos lisos e tecidos conjuntivos, já a porção dorsal é rica em tecido muscular. O aquecimento suavizou os tecidos conjuntivos por gelatinização do colágeno, porém causou o endurecimento das fibras da carne por coagulação térmica de proteínas miofibrilares (KONG et al., 2007).

Lekjing et al. (2017) avaliaram a resistência ao corte de amostras de ostra após tratamentos de pasteurização em temperaturas selecionadas e verificaram que com o aumento da temperatura o tecido tornou-se gradualmente mais suave, pois temperaturas mais elevadas causaram maior desnaturação de proteínas. Considerações semelhantes foram citadas por Kong et al., (2007) que estudaram filetes de salmão rosa (*Oncorhynchus gorbuscha*). A taxa de desnaturação de proteínas aumenta aproximadamente 600 vezes por cada incremento de temperatura de 10°C (LEKJING et al., 2017).

Chéret et al. (2005) estudaram os parâmetros de textura (dureza, coesividade, elasticidade e resistência) em filés de robalos com pressurização e relataram que a dureza diminui de forma significativa no decorrer dos dias de estocagem, demonstrando que a carne se torna mais macia, devido a degradação enzimática. Foi relatado também que a textura do músculo do pescado é afetada pela sua capacidade de retenção de água, o que significa que mais umidade conduz a uma textura mais suave durante o armazenamento (DUNAJSKI, 1980). Entretanto isso não aconteceu com as ostras tratadas no presente estudo.

Szczesniak (1963) e Sombrio (2005), estabelecem que textura é a manifestação das propriedades mecânicas de um alimento, em termos de percepção, aparência e resistência à força aplicada ao produto. A textura, a aparência e o sabor são os principais fatores sensoriais que determinam a aceitabilidade de um alimento pelos consumidores (BOURNE, 1978). Neste estudo, demonstrou-se que o processo de impregnação a vácuo não influenciou na dureza das ostras e manteve essa característica constante durante todo o período de armazenamento.

#### 4.2.5 Concentração de curcumina impregnada

A Tabela 7 apresenta a concentração de curcumina em ostras submetidas a impregnação a vácuo durante 18 dias de armazenamento a 4 °C.

**Tabela 7** - Concentração de curcumina em ostras submetidas a impregnação a vácuo (200 mbar/ 20 min) durante 18 dias de armazenamento a 4°C.

Tempo (dias)	[CUR] $\mu\text{g/g}$
0	31,01 $\pm$ 3,84 <sup>a</sup>
4	27,12 $\pm$ 3,62 <sup>a,b</sup>
7	30,36 $\pm$ 3,05 <sup>a</sup>
11	24,92 $\pm$ 2,24 <sup>b</sup>
14	25,49 $\pm$ 2,77 <sup>b</sup>
18	24,93 $\pm$ 3,72 <sup>b</sup>

\*Os valores que apresentam a mesma letra não diferem estatisticamente a um nível de significância de 5 %, pelo teste de Tukey.

Observou-se diferença significativa do teor de curcumina durante o armazenamento, no entanto a diminuição ocorreu de forma pouco acentuada e pode ser atribuída a variabilidade das

amostras. Assim, pode-se considerar que a impregnação a vácuo de curcumina em ostras a 200 mbar durante 20 minutos foi capaz de manter a concentração de curcumina no alimento.

O teor de curcumina impregnado não modificou visualmente a cor e aparência das ostras. Desta forma, constatou-se que a impregnação foi efetiva e se deu no interior dos poros e não na superfície da amostra. Com a concentração de curcumina impregnada, observou-se durante o armazenamento que houve uma retenção do odor da ostra. O mesmo comportamento foi observado por Liu (2016), que estudou o efeito de um método de ativação fotodinâmica mediado pela curcumina na vida útil e qualidade de ostras e relatou que a vida útil da ostra foi prolongada de 8 a 12 dias após o tratamento fotodinâmico e as ostras no grupo de tratamento exibiram retenção notável de odor e produziram menos substâncias corruptoras de odor comparadas ao grupo controle.

Deve-se observar que como aditivo em alimentos, a curcumina deve ser adicionada dentro do padrão limite para garantir a segurança alimentar. Também o consumo do aditivo deve respeitar os limites impostos pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que recomenda dose diária inferior a 200 mg/kg de peso corporal.

A concentração de curcumina presente nas ostras pode contribuir para prolongar a vida útil deste produto, devido as suas propriedades conservadoras e antioxidantes, agregando benefícios nutricionais. No entanto, é importante preservar os atributos de qualidade do produto que interferem na aceitabilidade do consumidor, como sabor, cor, odor e textura.

## **5 CONCLUSÕES**

Foi possível impregnar curcumina sob vácuo em ostras em que as maiores concentrações de curcumina impregnada foram obtidas nas maiores pressões e tempos de processo.

As características físico-químicas das ostras submetidas a impregnação a vácuo mantiveram-se desejáveis durante o tempo de armazenamento quando comparada ao controle.

O processo de impregnação a vácuo de curcumina em ostras demonstrou ser uma proposta interessante para a indústria, com a incorporação de um composto bioativo e desenvolvimento de um novo produto sem alterar a matriz alimentar natural.

## **6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Determinar o conteúdo de bases voláteis totais a fim de melhorar o estudo sobre a deterioração das ostras durante o armazenamento.

Avaliar as características físico-químicas das ostras frente a novas pressões de vácuo.

Aplicar análise sensorial de aceitação e intenção de compra do produto após processo de impregnação de curcumina a vácuo.

Caracterização microbiológica da ostra após o processo de impregnação a vácuo.

Comparar o processo de impregnação a vácuo com a impregnação a pressão atmosférica e avaliar novas formas de impregnação de compostos bioativos em alimentos.

## REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, B.B.; HARIKUMAR, K.B. Potential therapeutic effects of curcumin: the anti-inflammatory agent against neurodegenerative cardiovascular, pulmonary, metabolic, autoimmune and neoplastic diseases. **International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, vol 41, p. 40–59. 2009.
- ALMEIDA, L. **Caracterização de Pigmentos da *Curcuma longa L.*: Avaliação da Atividade Antimicrobiana, Morfogênese in vitro na Produção de Curcuminóides e Óleos Essenciais**. Belo Horizonte [Tese de Doutorado em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais], 2006.
- ALONSO, J. **Tratado de Fitofármacos e Nutracêuticos**. São Paulo: A C Farmacêutica, 2016.
- ALONSO, J. R. **Tratado de fitomedicina: bases clinicas y farmacológicas**. Argentina: Isis, 1998.
- ANDRÉS, B.; DE JESÚS, A.C.; GARCÍA-SEGOVIA, P.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J.; PAGÁN-MORENO, M. J., Vacuum impregnation as a tool to introduce biopreservatives in gilthead sea bream fillets (*Sparus aurata*), **LWT - Food Science and Technology**, p. 758-765, 2015
- ANDRÉS, A. M. **Impregnación a Vacío en Alimentos Porosos. Aplicación al Salado de Quesos**. 195 p. Tese de doutorado – Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 1995.
- ANGELL, C. L. **The biology and culture of tropical oysters**. Manila: International Center for Living Aquatic Resources Management, 1986.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16 th Edition, 4 th Revision, Gaithersburg, 1998.
- ARAÚJO, C. A. C.; LEON, L. L. Biological Activities of *Curcuma longa L.* **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 96, n. 5, p. 723-728, 2001.
- BALTAZAR, P.; BERMÚDEZ, P.; RIVERA, W., Cultivo de la ostra *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) en un vivero artesanal. **Revista Peruana de Biología**, v. 6, n. 2, p. 123-130, 1999. Disponível em: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/8306/7231>. Acesso em: 24 jun. 2017.
- BELLARY, A.N. & RASTOGI, N.K. **Food Bioprocess Technol**. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1312-z> Acesso em: 30 de outubro de 2017.
- BELLARY, A. N.; SOWBHAGYA, H. B.; RASTOGI, N. K. Osmotic dehydration assisted impregnation of curcuminoids in coconut slices. **Journal of Food Engineering**, India, v. 105, 3, p. 453-459, 2011.
- BOURNE, M. C. Chapter 3 – Physics and Texture. Food Texture and Viscosity, Concept and Measurement. **Food Science and Technology**, 2th ed. p.59-106, 2002.

BOURNE, M. C. Chapter 3 – Physics and Texture. **Food Texture and Viscosity**, 2a ed. P. 59-106, 1982.

BRASIL, 2009. LEI nº 11.959 de 29 de junho de 2009. **Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei nº 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Seção 1, p.1. Brasília, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal RIISPOA**. Brasília, DF, 1980. 165 p. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1950-1969/d30691.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/d30691.htm). Acesso em: 12 nov. 2017.

CARCIOFI, B.A.M. **Dinâmica da impregnação a vácuo de meios porosos**. Ph.D. thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

CECILIO FILHO, Arthur Bernardes et al. Cúrcuma: planta medicinal, condimentar e de outros usos potenciais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 171-177, 2000. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782000000100028&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782000000100028&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 27 jun. 2017.

CHELLAPPAN, N. J. Processing of ouyster meat for freezing. **Fishery Technology**, v. 28, p. 122-124, 1991.

CHÉRET, R.; CHAPLEAU, N.; DELBARRE-LADRAT, C.; VERREZ-BAGNIS, V.; LAMBALLERIE, M. Effects of High Pressure on Texture and Microstructure of Sea Bass (*Dicentrarchus labrax L.*) Fillets, **Journal of Food Science**, V. 70, N. 8, p. 477- 483, 2005.

CHRISTO, SW. and ABSHER, TM. Crescimento da prodissoconcha de ostras do gênero *Crassostrea sacco*, (Bivalvia, Ostreidae). **Boletim do Instituto de Pesca**, vol. 34, no. 1, p. 71-77, 2008.

COOK, DW. Microbiology of bivalves molluscan shellfish. In: Ward, D.R.; Hackney, C.(ed). **Microbiology of marine food products**. P. 19-34. New York: Van Nostrand Reinhold, USA, 1991.

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**. n. 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.

DONG, M. F. **The nutritional value of shellfish**. A Washington Sea Grant Publication, 2009.

DUBEY, S. K.; SHARMA, A. K.; NARAIN, U.; MISRA, K.; PATI, U. Design, synthesis and characterization of some bioactive conjugates of curcumin with glycine, glutamic

acid, valine and demethylenated piperic acid and study of their antimicrobial and antiproliferative properties. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 43, n. 9, p. 1837–46, 2008.

DUNAJSKI, E. Texture of fish muscle. **Journal of texture studies**. P. 301-318, 2008.

EPAGRI. **Síntese Informativa da Maricultura 2016**. Florianópolis: 2017.

ERDOGDU, F.; BALABAN, M.O.; OTWELL, W.S.; GARRIDO, L. Cook-related yield loss for Pacific white (*Penaeus vannamei*) shrimp previously treated with phosphates: effects of shrimp size and internal temperature distribution. **Journal of Food Engineering**, v. 64, p. 297– 300, 2004.

LIU, F. et al. The effect of a novel photodynamic activation method mediated by curcumin on oyster shelf life and quality. **Food Research International**, [s.l.], v. 87, p.204-210, set. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.012>.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. **Contributing to food security and nutrition for all**. Rome. 200 pp, 2016.

FAO. World review of fisheries and aquaculture. **Aquaculture**, v. 1, p. 88, 2010.

FELDHUSEN, F. The role of seaffod in bacteria foodborne diseases. **Microbes and Infection**, Paris, v.2, p.1651-1660, 2000.

FERREIRA, A. **Crescimento e qualidade microbiológica das ostras produzidas em cultivos multitróficos versus monocultivos**. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Aquacultura e Pesca, Universidade do Algarve, Portugal, 2015.

FITO, P. Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems. **Journal of Food Engineering**, v. 27, n. 3, p. 229-240, 1996

FITO, P. Modelling of vacuum osmotic dehydration of food. **Journal of Food Engineering**, v. 22, n. 1-4, p. 313-328, 1994.

FRANCO, B.D.G.M; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. 2º edição – São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

FROELICH, B. A.; NOBLE, R. T. Factors affecting the uptake and retention of *Vibrio vulnificus* in oysters. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 80, n. 80, p. 7454–7459, 2014.

FURLAN, E. F. Estabilidade físico-química e mercado do mexilhão (*Perna perna*) cultivado em Ubatuba - SP. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 27, n.3, p.16-523, 2007.

GOMES, CHAM. The reproductive cycle of the oyster *Crassostrea gasar*. **Braz. J. Biol.**, São Carlos, v. 74, n. 4, p. 967-976, nov. 2014.

GRANDI, T. S. M. **Tratado das plantas medicinais: Mineiras, Nativas e Cultivadas**. Belo Horizonte: Adaequatio Estúdio, 2014.



HELM, M.; BOURNE, N. Hatchery culture of bivalves. **A practical manual**. Rome: FAO, 2004.

HOFMEISTER, L. C. Salga de queijo tipo Minas por impregnação a vácuo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 487-494, 2005. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612005000300016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612005000300016&lng=en&nrm=iso). Acesso em 10 Nov. 2017.

HOFMEISTER, L. **Estudo da impregnação a vácuo em alimentos porosos**. 83 f. dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

HU, P.; HUANG, P.; CHEN, M. W. Curcumin reduces *Streptococcus mutans* biofilm formation by inhibiting sortase A activity. **Archives of Oral Biology**, v. 58, n. 10, p. 1343–8, 2013. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003996913001714>. Acesso em: 24 jul. 2017.

IBGE 2015. **Produção da Pecuária Municipal**. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015.

JAY, J.M. **Microbiologia de Alimentos**. 6ª edição. Porto Alegre: Editora Artmed, p. 711, 2005.

JONSÄLL, A.; JOHANSSON, L.; LUNDSTRÖM, K. Sensory quality and cooking loss of ham muscle (*M. biceps femoris*) from pigs reared indoors and outdoors. **Meat Science**, Barking, Inglaterra, v.57, p.245-250, 2001.

KONG, F. et al. Kinetics of salmon quality changes during thermal processing. **Journal Of Food Engineering**, [s.l.], v. 83, n. 4, p.510-520, dez. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.002>.

LAURINDO, J.; STRINGARI, G.; PAES, S.; CARCIOFI, B. Experimental determination of the dynamics of vacuum impregnation of apples. **Journal of Food Science**, v. 72, p. 470–475, 2007.

LARA, J. A. F.; GARBELINI, J. S.; DELBEM, A. C. B. Determinação da capacidade de retenção de água em filés de pintado obtidos no Rio Paraguai (Corumbá-MS). Simpósio sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal. 2010.

LEAL, D. A. G. and R. M. B. FRANCO. Moluscos bivalves destinados ao consumo humano como vetores de protozoários patogênicos: Metodologias de detecção e normas de controle. **Revista Panamericana de Infectologia**: 48-57, 2008.

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.

LORENZI, H.; MATOS, A. Plantas medicinais no Brasil: MARCHI et al. 194 **Arq. Ciênc. Saúde UNIPAR**, Umuarama, v. 20, n. 3, p. 189-194, set./dez. 2016 nativas e exóticas. 2. Ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

MAIA, S. R.; FERREIRA, A C.; ABREU, L. R. Uso do açafrão (*Curcuma longa L.*) na redução da *Escherichia coli* (ATCC 25922) e *Enterobacter aerogenes* (ATCC 13048) em ricota. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 358-365, Abr/2004. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542004000200016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542004000200016&lng=en&nrm=iso). Acesso em 27 Jun. 2017.

MARCHI, J. P.; TEDESCO, L.; MELO, A. da C.; FRASSON, A. C.; FRANÇA, V. F.; SATO, S. W.; LOVATO, E. C. W. *Curcuma longa L.*, o açafrão da terra, e seus benefícios medicinais. **Arquivo de Ciências da Saúde UNIPAR**, Umuarama, v. 20, n. 3, p. 189-194, set/dez, 2016.

MARCUSSI B. A; SOUZA, J. A. R.; LAURINDO, João Borges; MONTEIRO, A. R.. **Desidratação osmótica e impregnação a vácuo de pêra**. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

MARTINS, M. C. **Obtenção e avaliação de curcumina a partir de rizomas secos de cúrcuma (*Curcuma Longa L.*)**. 176f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

MARTINS, M.C.; RUSIG, O. Cúrcuma – um corante natural. **Boletim da Sociedade Brasileira de Tecnologia de Alimentos**, v.26, p. 53-65, 1992.

MATHAI, C.K. Variability in turmeric *Curcuma* spices germplasm for essential oil and curcumin. **Qualitas Plantarum Foods Human Nutrition**, v. 28, p. 219 – 225, 1976.

MEDINA VIVANCO, M. L. **Desidratação osmótica em soluções ternárias, secagem e transições térmicas de filé de tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. 201 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

MESA, M.D.; RAMIREZ-TORTOSA, M.C.; AGUILERA, C.M.; RAMIREZ-BOSCA, A; GIL, A. Efectos farmacológicos e nutricionales de los extractos de *Curcuma longa L.* y de los curcuminoides. **Ars Pharmaceutica**, v. 41, n.3, p. 307-321, 2000.

MIOSSEC, L.; DEUFFM, R.M.; GOULLETQUER, P. Alien species alert: *Crassostrea gigas* (Pacific oyster). ICES Cooperative Research Report. **Rapport des Recherches Collectives**, n.299, 46 p., 2009.

MIZUTA, D. D. **Contribuição do estudo oceanográfico para a produção comercial de ostras *Crassostrea gigas*: estudo de caso da Baía Sul, Ilha de Santa Catarina, SC**. São Paulo: Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2010.

MORAES, I. R.; MASTRO, N. L.; JAKABI, M.; GELLI, D. S. Estudo da radiosensibilidade ao 60CO do *Vibrio cholerae* incorporado em ostras. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n° 1, 2000.

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.

MÚJICA-PAZ, H.; VALDEZ-FRAGOSO, A.; LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E.; WELTI-CHANES, J. Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure. **Journal of Food Engineering**. v. 56, n. 4, p. 307-314, 2003.

MUN, S.H.; JOUNG, D.K.; KIM, Y.S.; KANG, O.H.; KIM, S.B.; SEO, Y.S.; KIM, Y.C.; LEE, D.S.; SHIN, D.W.; KWEON, K.T.; KWON, D.Y. Synergistic antibacterial effect of curcumin against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. **Phytomedicine**, v. 20, n.8-9, p.714-718, 2013. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23537748>. Acesso em: 25 jul. 2017.

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

OGAWA, M.; MAIA, E.L. **Manual de Pesca – Ciência de tecnologia do pescado**. São Paulo: Varela, v.1, p. 429, 1999.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de Alimentos - Vol 2: Alimentos de Origem Animal**. 280 p. Porto Alegre: Artemed, 2005.

PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2.ed. 623 p. Goiânia: UFG, 2001.

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**. Campinas, v. 30, supl. 1, p. 73-76, Mai 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612010000500012&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612010000500012&lng=en&nrm=iso). Acesso em 29 Jun 2017.

PARVATHY, K. S.; NEGI, P. S.; SRINIVAS, P. Antioxidant, antimutagenic and antibacterial activities of curcumin- $\beta$ -diglucoside. **Food Chemistry**, v. 115, n. 1, p. 265-271, 2009. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814608014611>. Acesso em: 24 jul. 2017.

PAVIA, M.; GUAMIS, B.; TRUJILLO, A. J.; CAPELLAS, M. & FERRAGUT, V. Changes in Microestrutural, Textural and Colour Characteristics During Ripening of Manchego-Type Cheese Salted by Brine Vacuum Impregnation. **International Dairy Journal**, v.9, p.91-98, 1999.

PAYNE, S.R.; DURHAM, C.J.; SCOTT, S.M.; PENNEY, N.; BELL, R.G.; DEVINE, C.E. The effects of rigor temperature, electrical stimulation, storage duration and packaging systems on drip loss in beef. **Proceedings of the 43 rd International Congress of Meat Science and Technology**. n. 22, p. 592-593, 1997.

PEDROSA, L.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*, Campinas, v. 21, n. 2, p. 154 -157, 2001.

PEREIRA, M. A. Microbiological quality of oysters (*Crassostrea gigas*) produced and commercialized in the coastal region of Florianópolis - Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**., São Paulo , v. 37, n. 2, p. 159-163, June 2006 . Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-83822006000200012&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-83822006000200012&lng=en&nrm=iso). Acesso em 25 Jun 2017.

PORTELLA, C. D. G. **Avaliação da qualidade da ostra nativa *Crassostrea brasiliiana* congelada em concha em função da composição química e análise sensorial**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. Universidade Estadual Paulista —Júlio de Mesquita Filho, 2005

PRASAD, S. & AGGARWAL, B. B. **Turmeric, the Golden Spice: From Traditional Medicine to Modern Medicine**. 2011.

RAMOS, R.J.; PEREIRA, M.A.; MIOTTO, L.A.; FARIA, L.F.B.; JUNIOR, N.S.; VIEIRA, C.R.W. Microrganismos indicadores de qualidade higiênico-sanitária em ostras (*Crassostrea gigas*) e águas salinas de fazendas marinhas localizadas na Baía Sul da Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, n. 69, v. 1, p. 29-37, 2010.

RASZL, S. **vibrio vulnificus em ostras (*Crassostrea gigas*) em santa catarina: caracterização genotípica e comparação da eficácia de métodos microbiológicos de detecção**. 199 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

RODRIGUES, M.Z. **Impregnação a vácuo de micro-organismos probióticos em goiaba minimamente processada**. 82f. Mestrado (Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

RODRÍGUEZ, M. I. **Estudio de la penetración de microorganismos en frutas mediante el modelo Hidrodinámico (HDM)**. Thesis. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Central de Venezuela, 1998.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. Editora Roca LTDA, 7ª edição, São Paulo, 2005.

RUSIG, O., MARTINS, M.C. Efeito da temperatura, do pH e da luz sobre extratos de oleorresina de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) e curcumina. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, v. 1, n. 1, p. 158-64. Viçosa, 1992.

SALVATORI, D. The response of some properties of fruits to vacuum impregnation. **Journal of Food Process Engineering**, v. 21, p. 59-73, 1998.

SCARTEZZINI, P.; SPERONI, E. Review on some plants of indian traditional medicinal medicine with antioxidant. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 17, p. 23-43, 2000.

SHAMELI K, BIN AM, ZAMANIAN A,. Green biosynthesis of silver nanoparticles using Curcuma longa tuber powder. **International Journal of Nanomedicine**. p. 5603–5610, 2012.

SILVA, L. I. L; SILVA, J. D. de O. Lula assina decreto de águas públicas. **Panorama da Aquicultura**, v 13, n 80, p 60-65, 2003.

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- 235 Eat Shrimp (*Pandalus borealis*). **Food Science and Technology International**, v. 12, p. 445-454, 2006.

SOARES, L.; TOSATI, J. V.; LIMA, M. De.; LERIN, L. A.; MONTEIRO, A. R. Evaluation of CO<sub>2</sub> absorption and desorption rate in oysters (*Cassostrea gigas*) using the soluble gas stabilization method. **International Journal of Food Science and Technology**, 2015.

SOMBRIO, P. S. **Produção de conserva de mexilhões (*Perna perna*) em embalagem flexível: avaliação sensorial e instrumental da textura**. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LEKJING, S.; KARRILA, S.; SIRIPONGVUTIKORN, S. Thermal Inactivation of *Listeria monocytogenes* in Whole Oysters (*Crassostrea belcheri*) and Pasteurization Effects on Meat Quality. **Journal Of Aquatic Food Product Technology**, [s.l.], v. 26, n. 9, p.1107-1120, 5 set. 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10498850.2017.1376237>.

SOUZA FILHO, J. Custo de produção da ostra cultivada. Florianópolis: Instituto Cepa/SC, 2003, 23 p.(cadernos de indicadores agrícolas, 3).

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

USDA. (2016). National nutrient database for standard reference release 28. Disponível em: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/4649?fgcd¼&manu¼&l¼&facet¼&format¼&count¼&max¼35&offset¼&sort¼&qlookup¼oysters>. Acesso em: 19/11/2017.

VALSALA, P. & PETER, K. **Turmeric Production - Constraints, Gaps, and Future Vision**. CRC Press, 2007

XIE, J.; ZHAO, Y. Use of vacuum impregnation to develop high quality and nutritionally fortified frozen strawberries. **Journal of Food Processing Preservation**, v.28, p. 117-132, 2004.