

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

VINICIUS RODRIGUES DE CASTRO E SILVA

**PARÂMETROS FÍSICOS E HISTOLÓGICOS DAS ESPÉCIES DE POLVO *Octopus vulgaris* e *Octopus insularis* SUBMETIDAS A PROCESSOS DE CONSERVAÇÃO E COCCÃO**

**FORTALEZA**

**2009**

**VINICIUS RODRIGUES DE CASTRO E SILVA**

**PARÂMETROS FÍSICOS E HISTOLÓGICOS DAS ESPÉCIES DE POLVO *Octopus vulgaris* e *Octopus insularis* SUBMETIDAS A PROCESSOS DE CONSERVAÇÃO E COCCÃO**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Elisabeth Mary Cunha da Silva, PhD

FORTALEZA  
2009

**VINICIUS RODRIGUES DE CASTRO E SILVA**

**PARÂMETROS FÍSICOS E HISTOLÓGICOS DAS ESPÉCIES DE POLVO *Octopus vulgaris* e *Octopus insularis* SUBMETIDAS A PROCESSOS DE CONSERVAÇÃO E COCCÃO**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em:

---

Profa. Elisabeth Mary Cunha da Silva, PhD  
(Orientadora)

---

Prof. Jorge Fernando Fuentes Zapata, PhD  
(Co-orientador)

---

Profa. Marlene Nunes Damaceno, Dr  
(Examinadora)

---

Prof. Raúl Mario Malvino Madrid, Dr  
(Examinador)

---

Profa. Silvana Saker Sampaio, PhD  
(Examinadora)

S584p Silva, Vinicius Rodrigues de Castro e  
Parâmetros físicos e histológicos das espécies de polvo *Octopus vulgaris* e  
*octopus insularis* submetidas a processos de conservação e cocção / Vinicius  
Rodrigues de Castro e Silva, 2009.  
81 f ; il. color. enc.

Orientadora: Profa. Dra. Elisabeth Mary Cunha da Silva  
Co-Orientador: Ph. D. Jorge Fernando Fuentes Zapata  
Área de concentração: Tecnologia de Alimentos  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de  
Ciências Agrárias, Depto. de Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2009.

1. Octopus vulgaris 2. Octopus insularis 3. Aspectos físicos e  
histológicos I. Silva, Elisabeth Mary Cunha da (orient.) II. Zapata, Jorge  
Fernando Fuentes (co-orient.) III. Universidade Federal do Ceará – Pós-  
Graduação em Tecnologia de Alimentos IV. Título

CDD 664

Dedico este trabalho a meus pais, noiva, irmãos e sobrinha; autores, orientadores e colaboradores da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, professora Dra. Elisabeth Mary Cunha da Silva, pela paciência, dedicação, disponibilidade, carinho e atenção a mim dispensados ao longo desta trajetória, sempre resolvendo problemas e empecilhos que atrapalharam a pesquisa e sendo mais que uma orientadora, mas uma educadora, amiga e grande incentivadora.

Ao professor Dr. Jorge Fernando Fuentes Zapata, pela ajuda na elaboração e realização deste projeto.

Ao professor Dr. José Roberto Feitosa, pela interação na minha pesquisa e pelo auxílio nas análises histológicas.

Ao professor Dr. Raúl Mario Malvino Madrid, pelo auxílio, disponibilidade e colaboração na elaboração e execução deste projeto.

A professora Dra. Silvana Saker Sampaio, pelas valiosas sugestões e orientações técnicas.

A professora Dra. Marlene Nunes pelas valiosas sugestões para o aprimoramento da dissertação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, laboratórios e professores, que forneceram suporte técnico-científico para a realização desta dissertação.

Aos laboratoristas da UFC, Rozelúcia Barrôzo de Almeida e Luiz Alves Bitu, pela disposição e colaboração em auxiliar nas diversas análises.

Ao pesquisador da EMBRAPA – Agroindústria Tropical, Manoel Alves de Sousa Neto, responsável pelo Laboratório de Análise Instrumental, pelo auxílio e colaboração na realização das análises de textura.

Aos meus amigos Tiago Vasques, Maxsuel Meaurio pelo auxílio no processamento das amostras, ao Fred pela ajuda no processamento das amostras histológicas, onde a troca de conhecimentos agregou muito valor ao meu desenvolvimento intelectual.

As minhas amigas de mestrado, que nos últimos anos se tornaram minha segunda família, sempre apoiando, incentivando nos momentos fáceis e difíceis. Agradeço pela amizade e cumplicidade.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	8
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Polvo.....	15
2.1.1 Características e Importância.....	16
2.1.2 Aspectos nutricionais.....	18
2.1.3 Aspectos histológicos.....	19
2.1.4 Produção e comercialização.....	20
2.2 Consumo de pescado.....	21
2.3 Alterações estruturais induzidas pelo congelamento ou cocção.....	23
2.4 Aspectos físicos do pescado.....	25
2.4.1 Perda de peso por cocção.....	25
2.4.2 Capacidade de retenção de água (CRA).....	26
2.4.3 pH.....	27
2.4.4 Força de cisalhamento.....	28
2.5 Tipos de tecido animal.....	29
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1 Material.....	31
3.2 Métodos.....	31
3.2.1 Preparo das amostras.....	31
3.2.2 Metodologia.....	32
3.2.3 Perda de peso por cocção.....	33
3.2.4 Capacidade de retenção de água (CRA).....	33
3.2.5 pH.....	34
3.2.6 Força de Cisalhamento.....	34
3.2.7 Avaliação histológica.....	34
3.2.7.1 Fixação.....	35

<b>3.2.7.2 Inclusão e etapas precedentes.....</b>	<b>35</b>
<b>3.2.7.3 Microtomia.....</b>	<b>35</b>
<b>3.2.7.4 Coloração.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3 Análise estatística.....</b>	<b>37</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 Efeito da forma de conservação prévia a cocção.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2. Efeito do tipo de cocção sobre o aspecto do polvo.....</b>	<b>45</b>
<b>4.3 Efeito das espécies de polvo.....</b>	<b>46</b>
<b>4.4 Correlação entre os parâmetros analisados.....</b>	<b>52</b>
<b>4.5 Avaliação histológica.....</b>	<b>59</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>68</b>
<b>6. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>69</b>
<b>7. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>70</b>

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Amostras de polvo (*Octopus vulgaris* e *Octopus insularis*) submetidas a processos de cocção distintos. **A** – amostra cozida em água sem pressão; **B** – amostra cozida em água sob pressão.....45
- Figura 2.** Fotomicrografias de secções transversais do braço de *Octopus vulgaris* conservadas congeladas e submetidas à cocção em água sem pressão. **A** - Amostra submetida à cocção por 20 min (aumento de 12,5x); **B** - Amostra submetida à cocção por 60 min (aumento de 12,5x). **C** - Amostra submetida à cocção por 20 min (aumento de 25x); **D** - Amostra submetida à cocção por 60 min (aumento de 25x). Coloração Tricrômico de Mallory. TC – Tecido conjuntivo, ML – Músculo longitudinal, TR – trabécula.....59
- Figura 3.** Fotomicrografias de secções transversais do braço de *Octopus insularis* conservadas resfriadas e submetidas à cocção em água sem pressão. **A** - Amostra submetida à cocção por 20 min (aumento de 12,5x); **B** - Amostra submetida à cocção por 60 min (aumento de 12,5x). **C** - Amostra submetida à cocção por 20 min (aumento de 25x); **D** - Amostra submetida à cocção por 60 min (aumento de 25x). Coloração Tricrômico de Mallory.....61
- Figura 4.** Fotomicrografias de secções transversais do braço de *Octopus vulgaris* conservadas congeladas e submetidas à cocção em água sob pressão. **A** - Amostra submetida à cocção por 10 min (aumento de 12,5x); **B** - Amostra submetida à cocção por 30 min (aumento de 12,5x). **C** - Amostra submetida à cocção por 10 min (aumento de 25x); **D** - Amostra submetida à cocção por 30 min (aumento de 25x). Coloração Tricrômico de Mallory.....63
- Figura 5.** Fotomicrografias de secções transversais do braço de *Octopus insularis* conservadas resfriadas e submetidas à cocção em água sob pressão. **A** - Amostra submetida à cocção por 10 min (aumento de 12,5x); **B** - Amostra submetida à cocção por 30 min (aumento de 12,5x). **C** - Amostra submetida à cocção por 10 min (aumento de 25x); **D** - Amostra submetida à cocção por 30 min (aumento de 25x). Coloração Tricrômico de Mallory.....65

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo, conservadas congeladas e resfriadas e submetidas à cocção em água sem pressão, independentemente da espécie, método e tempo de cocção.....38
- Tabela 2.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo, conservadas congeladas e resfriadas e submetidas à cocção em água sob pressão, independentemente da espécie, método e tempo de cocção.....39
- Tabela 3.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), conservadas congeladas e resfriadas e submetidas à cocção em água sem pressão, independentemente do tempo de cocção.....40
- Tabela 4.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), conservadas congeladas e resfriadas e submetidas à cocção em água sob pressão, independentemente do tempo de cocção.....41
- Tabela 5.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), conservadas congeladas e resfriadas e submetidas a diferentes tempos de cocção em água sem pressão.....42
- Tabela 6.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), conservadas congeladas e resfriadas submetidas a diferentes tempos de cocção em água sob pressão.....43
- Tabela 7.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo

(*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), conservadas congeladas e resfriadas e submetidas à cocção em água sem pressão.....46

**Tabela 8.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), conservadas sob congeladas e resfriadas submetidas à cocção em água sob pressão.....47

**Tabela 9.** Média da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), submetidas a diferentes tempos de cocção em água sem pressão.....49

**Tabela 10.** Média da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), submetidas a diferentes tempos de cocção em água sob pressão.....50

**Tabela 11.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo conservadas congeladas e submetidas à cocção em água sem pressão, independentemente da espécie.....53

**Tabela 12.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo conservadas congeladas e submetidas à cocção em água sob pressão, independentemente da espécie.....53

**Tabela 13.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo conservadas resfriadas e submetidas à cocção em água sem pressão, independentemente da espécie.....54

**Tabela 14.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo conservadas resfriadas e submetidas à cocção em água sob pressão, independentemente da espécie.....54

**Tabela 15.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo da espécie *Octopus vulgaris* submetidas à cocção em água, independentemente da forma de conservação.....55

**Tabela 16.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo da espécie *Octopus vulgaris* submetidas à cocção em água sob pressão, independentemente da forma de conservação.....55

**Tabela 17.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo da espécie *Octopus insularis* submetidas à cocção em água, independentemente da forma de conservação.....56

**Tabela 18.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo da espécie *Octopus insularis* submetidas à cocção em água sob pressão, independentemente da forma de conservação.....56

**Tabela 19.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) nas amostras submetidas à cocção em água sem pressão, independentemente da espécie e da forma de conservação.....57

**Tabela 20.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) nas amostras submetidas à cocção em água sob pressão, independentemente da espécie e da forma de conservação.....57

**Tabela 21.** Correlação entre a força de cisalhamento, (FC), diâmetro e comprimento dos braços, independentemente da forma de conservação, cocção e espécie.....58

## RESUMO

O Estado do Ceará desponta hoje com uma produção significativa de polvo e com grandes perspectivas de ascensão, devido ao seu vasto litoral, rica fauna existente e a procura cada vez maior por pratos exóticos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da forma de conservação prévia à cocção da carne de polvo e da cocção em água com ou sem pressão sobre os aspectos físicos e histológicos de duas espécies de polvo, *Octopus vulgaris* e *O. insularis*. Para isto, foram utilizadas 80 indivíduos, dos quais 40 foram da espécie *Octopus vulgaris* ( $415,91 \pm 85,92$  g) e 40 da espécie *O. insularis* ( $418,19 \pm 55,34$  g), provenientes de pesca artesanal do município de Itarema – CE. As coletas foram realizadas durante os meses de julho a dezembro do ano de 2008. Metade dos indivíduos foi conservada congelada e a outra metade, refrigerada. Para cada forma de conservação foram utilizados dois métodos de cocção: em água por 20, 30, 40, 50 e 60 minutos e sob pressão por 10, 15, 20, 25 e 30 minutos. Nestes períodos foram avaliados os seguintes parâmetros físicos: perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH, força de cisalhamento (FC) e características histológicas da carne. A espécie de polvo não influenciou estatisticamente na PPC, CRA, pH e FC quando as amostras foram submetidas à cocção em água ou sob pressão. O processo de cocção sob pressão influenciou negativamente na PPC, CRA e pH à medida que o tempo evoluiu, quando comparado ao processo de cocção em água. A forma de conservação influenciou significativamente a PPC nas amostras cozidas em água sem pressão e a PPC e a FC das amostras submetidas à cocção em água sob pressão. O fator tempo de cocção teve uma influência significativa na PPC, CRA e FC, porém, não afetou o pH das amostras estudadas. Não houve correlação significativa entre os parâmetros analisados, como também, não foi observada uma correlação entre a FC, o diâmetro e o comprimento dos braços. Os resultados dos parâmetros físicos analisados refletiram as mudanças histológicas observadas. Desta forma, conclui-se que de acordo com os parâmetros físicos e histológicos analisados, a espécie *O. insularis* foi menos afetada pela forma de conservação, método e tempo de cocção quando comparada com a espécie *O. vulgaris*.

## ABSTRAT

The State of Ceará emerges today with a significant production of octopus and great prospects for growth, due to its vast coastline, rich fauna and increasing demand for exotic dishes. The aim of this work was to evaluate the influence of storage prior to cooking octopus meat in water with or without pressure on the physical and histological aspects of two species of octopus, *Octopus vulgaris* and *O. insularis*. For this, 80 specimens were used, of which 40 from the specie *Octopus vulgaris* ( $415.91 \pm 55.34$  g), and 40 from the specie *Octopus insularis* ( $418.10 \pm 55.34$  g) captured by artisanal fisheries in the town of Itarema – CE. The samplings were collected from July to December 2008. Half of the samples were kept frozen and the other half under refrigeration. For each type of storage two methods of cooking: in water for 20, 30, 40, 50 and 60 minutes and under pressure for 10, 15, 20, 25 and 30 minutes. During these periods the following physical parameters were measured: weight loss cooking (WLC), water holding capacity (WHC), pH, shear force (SF) and histological characteristics of the meat. The species of octopus did not statistically affect the WLC, WHC, pH and SF when the samples were subjected to cooking. The process of cooking under pressure adversely affected the WLC, WHC and pH, as the time increased, when compared to the process of cooking without pressure. The form of storage significantly influenced the WLC in samples cooked in water without pressure and WLC and SF of samples cooked under pressure. The time factor for cooking showed a significant influence on WLC, WHC and SF, but did not affect the pH of the samples studied. There was no significant correlation between the parameters examined as well as no correlation between SF, the diameter and the length of the arms. The results of the physical parameters analyzed reflected the histological changes observed. Thus, it can be concluded that according to the physical and histological parameters analyzed the species *O. insularis* was less affected by the form of storage, method and time of cooking than the species *O. vulgaris*.

## 1. INTRODUÇÃO

Os cefalópodes existem em praticamente todas as águas, e das quase 1.000 espécies existentes, poucas são capturadas para a comercialização, destinando-se, principalmente à alimentação humana, embora também possam ser utilizadas como isca para a pesca (SIKORSKI, 1990).

De acordo com a FAO (2008), os moluscos consistem em uma importante fonte econômica e de consumo para o ser humano, representando 22% da aquicultura mundial. Até recentemente, os cefalópodes não eram apreciados, sendo consumidos em sua maioria no Mediterrâneo e em países asiáticos. Devido a fatores nutricionais e seu valor de mercado, a sua comercialização tem aumentado nos últimos anos, principalmente sob a forma refrigerada e congelada (ALMANSA et al., 2006; VAZ-PIRES; BARBOSA, 2004).

Os cefalópodes incluem as sépias ou sibas, lulas e polvos, os quais são considerados importantes iguarias marinhas, devido ao sabor agradável e a pequena quantidade de partes não comestíveis (SIKORSKI; KOLODZIEJKA, 1986).

*Octopus vulgaris* é a espécie de polvo mais importante. É consumida no Mediterrâneo, América do Sul e alguns países do Oriente, onde é comercializado fresco, congelado, salgado e seco podendo também ser encontrado para a comercialização no Japão, Itália, Espanha e Grécia. O interesse no consumo deste alimento é influenciado pela geografia e a cultura da região (ROPER; SWEENEY; NAUEN, 1984; SIKORSKI, 1990).

Com a crescente preocupação da população pela procura por alimentos saudáveis, observa-se o aumento do consumo de pescado. No entanto, não é prática da nossa sociedade consumir carne de polvo, devido à aparência, preço e hábitos culturais já que esse tipo de carne pode se apresentar com a textura elástica após a cocção, diferentemente da cultura oriental, que aprecia este tipo de textura. Além disso, a falta de informações sobre este tipo de alimento contribui também para que o polvo não faça parte da dieta local.

O Estado do Ceará desponta hoje com uma captura crescente de polvo e com grandes perspectivas de ascensão, devido ao seu vasto litoral, rica fauna existente e a procura cada vez maior por pratos exóticos. Este fato é observado principalmente em Fortaleza, o principal destino turístico do Estado, onde visitantes e os próprios habitantes buscam uma variedade de iguarias marinhas.

Estudos que forneçam dados técnicos para incrementar a produção, processamento e comercialização do polvo são de fundamental importância, pois auxiliarão as indústrias de alimentos, no melhor aproveitamento desta matéria-prima. Desta forma, poderão atender aos mais seletos padrões de aceitabilidade e com isso, atuar de forma positiva nos mais diversos estágios da cadeia produtiva.

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da forma de conservação prévia a cocção da carne de polvo e da cocção em água com ou sem pressão sobre os aspectos físicos e histológicos de duas espécies de polvo, *Octopus vulgaris* e *O. insularis*.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Polvo

Os polvos são moluscos marinhos da classe Cephalopoda e da ordem Octopoda, que significa "oito pés". Sua característica principal é uma coroa de oito tentáculos com fortes ventosas dispostas em volta da boca. O polvo tem um corpo mole, não tem esqueleto interno (como as lulas e as sépias), nem externo (como o *Nautilus*). Como meios de defesa, o polvo possui a capacidade de soltar tinta, se camuflar através dos cromatóforos, além da autonomia dos seus tentáculos (BRUSCA; BRUSCA, 2003).

Todos os polvos são predadores que caçam com os tentáculos e matam com o bico ósseo, alimentando-se de peixes, crustáceos e invertebrados. Para auxiliar a caça, os polvos desenvolveram visão binocular e olhos com estrutura semelhante àquela do olho humano, que têm percepção de cor (BRUSCA; BRUSCA, 2003).

Poucas espécies de polvo, como o *Thaumoctopus mimicus*, têm um quarto mecanismo de defesa. Eles conseguem combinar a alta flexibilidade de seus corpos com a mudança de coloração imitando outros animais mais perigosos como o peixe-leão, as serpentes-do-mar e as moréias. Também são capazes de alterar sua textura a fim de atingir uma camuflagem imitando pedras e algas (WELLS, 1978).

Os polvos também possuem receptores sensitivos em seu corpo, onde suas ventosas são equipadas com quimiorreceptores. Seus braços contêm sensores de tensão, permitindo-os saber o quanto eles estão distendidos. Por ser um invertebrado, fica pouco clara qual a capacidade cerebral necessária para permitir uma correta percepção do posicionamento de seus braços; a flexibilidade de seus braços é muito maior que a língua dos vertebrados. Como resultado, os polvos possuem um fraco sentido em reconhecer a forma dos objetos tocados. Eles conseguem perceber as texturas dos objetos tocados, mas não conseguem integrar, pelo tato, essas informações em um objeto maior (WELLS, 1978).

### 2.1.1 Características e Importância

O polvo é um predador carnívoro e sua principal fonte de energia é a proteína. Possui uma digestibilidade e capacidade de catabolizar lipídios muito limitada (O'DOR et al., 1984; NAVARRO; VILLANUEVA, 2000). É caracterizado por apresentar uma baixa taxa entre a relação consumo de oxigênio e excreção de amônia, indicando a dominância de catabolismo protéico. Quando esta relação é alta ocorre uma maior utilização de lipídios ou carboidratos, a qual acontece em jejum prolongado ou em altos níveis de estresse (BOUCHER-RODONI; MANGOLD, 1983).

Estudos demonstraram que o polvo possui uma alta conversão alimentar, de 40 a 60% dos alimentos ingeridos se transformam em músculo, um crescimento rápido, uma alta taxa protéica, correspondendo de 70 a 90% de seu peso total (LORU, 2005).

Além dessas características, apresenta um ciclo de vida curto, em torno de 12 a 18 meses, adaptando-se fácil e rapidamente em cativeiro, aceitando alimentos de baixo valor nutricional (IGLESIAS et al., 2000). Além disso, possui elevado valor de mercado (GARCÍA; GIMENEZ, 2002; VAZ-PIRES; SEIXAS; BARBOSA, 2004).

O ciclo de vida curto implica em uma alta taxa de crescimento e, de acordo com O'Dor et al. (1984), *O. vulgaris* pode crescer de 250 a 1.000 g em 100 dias a 20°C. A taxa de crescimento dos cefalópodes é resultante da alta taxa metabólica, ou seja, da alta atividade proteolítica (SAKAI; MATSUMOTO, 1981). Sendo assim, após a morte desses animais, inicia-se rapidamente a autólise e a deterioração microbiológica muscular (HURTADO; MONTERO; BORDERÍAS, 2001).

Durante seu crescimento, exemplares machos chegam à maturidade sexual ainda pequenos quando comparados com as fêmeas. No estado adulto, as fêmeas sofrem alterações na alimentação e no desenvolvimento e o crescimento pode ser irregular; em alguns casos pode chegar a suspender ou até mesmo a reverter o seu desenvolvimento e isto se deve em grande parte a mobilização das proteínas musculares. A mobilização protéica pode ocasionar alterações nas diferentes formas de processamento, visto que durante a rápida degradação muscular, a proteína poderá servir de substrato a diversos tipos de micro-organismos que acelerarão o processo de deterioração (HURTADO; MONTERO; BORDERÍAS, 2001).

Haimovici; Perez; Santos (1994) reportaram a existência de quatro gêneros e cinco espécies de polvo habitando os recifes e as regiões rasas dos mares tropicais do Sudeste do Atlântico, são eles: *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797; *Callistoctopus macropus*, Risso, 1826;

*Octopus filusus*, Howell, 1868; *Octopus hummelincki*, Adam, 1936; *Parooctopus joubini*, Robson 1929 e *Amphioctopus burryi* Voss, 1950.

O gênero *Octopus* possui aproximadamente duzentas espécies, dentre as quais a *Octopus vulgaris* se apresenta como a mais importante no que diz respeito a sua captura e ao seu valor comercial (VAZ-PIRES; SEIXAS; BARBOSA, 2004).

*Octopus vulgaris* é uma espécie costeira (GUERRA, 1981), ocorrendo em águas tropicais, subtropicais e temperadas do Oceano Atlântico ao Mar Mediterrâneo (MANGOLD, 1997). É uma importante espécie encontrada no Nordeste da costa da África, costa europeia do Atlântico, Mar Mediterrâneo e águas japonesas (GUERRA, 1996). É extremamente comum em águas rasas, em recifes de coral ou rochas, onde sua predominância depende de variáveis como abundância de alimentos e abrigos (MANGOLD, 1983). Além disso, é identificada como espécie em potencial de exploração comercial na África do Sul (SMITH; GRIFFITHS, 2002), sendo importante na ecologia, por ser um predador generalista, pois se alimenta de crustáceos, moluscos e peixes (MANGOLD, 1983).

Recentemente, Leite (2002) e Leite; Haimovici (2006) encontraram uma espécie de polvo (*Octopus insularis*) não vista anteriormente e distinta da espécie comum (*Octopus vulgaris*), sendo encontrada em águas rasas nos arredores das ilhas do Atol das Rocas, Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e Arquipélago de São Paulo e próximo a pedras e recifes nas praias do Nordeste brasileiro.

*O. insularis* foi caracterizado como um polvo de tamanho médio, com braços curtos e grossos, com pele rugosa marrom-avermelhada e lígula pequena. Esta nova espécie difere tanto morfológicamente como geneticamente do *Octopus vulgaris* do Mediterrâneo, da Venezuela e do Sul do Brasil (MADRID, et al, 2008).

*O. insularis* apresenta manto amplo com parede muscular, duas grossas camadas de cartilagem, aberturas papilares de largura moderada; os olhos são moderadamente proeminentes possuindo funil tubular bem definido em forma de W e pequenas lígulas. O número total de ventosas em condições normais nos braços é de 220-238, de comprimento moderado (LEITE et al., 2008).

Existem variações de coloração, do amarelo ao marrom-avermelhado, entre as diferentes espécies de polvo. A pele apresenta manchas marrons com ranhuras marrons escuras. Cinco cores foram identificadas: preto, marrom, vermelho, amarelo e branco, mas as cores marrom e branca são encontradas de forma generalizada em todo o corpo, enquanto todas as outras cores ocorrem de forma concentrada em diferentes partes do corpo. A cor vermelha é comum na

parte ventral dos braços e nas bordas e a amarela predomina nas áreas em torno dos olhos (LEITE et al., 2008).

Sete dos componentes cromáticos observados foram restritos a áreas específicas do corpo: (1) V branco na parte proximal do primeiro braço; (2) verde-azulado em torno dos olhos; (3) barras distais que se alternam na região dorsal dos braços; (4) vermelho escuro e às vezes branco em toda a barra do olho; (5) coloração clara e/ou escura em torno dos olhos; (6) mancha escura acima dos olhos; e (7) manchas roxas no corpo (LEITE et al., 2008).

Pequenas papilas estão espalhadas por todo o corpo, enquanto as grandes papilas ocorreram geralmente no manto dorsal ou na região proximal dorsal do primeiro braço (LEITE et al., 2008).

### **2.1.2 Aspectos nutricionais**

Dentre os alimentos de origem marinha, o polvo se destaca pela excelente qualidade de sua carne. É considerado um produto nutritivo, onde aproximadamente 85% do corpo é comestível (SALINAS et al., 2003).

O polvo possui características extremamente importantes, que evidenciam ainda mais sua qualidade. Possui uma concentração de proteína de 14,1%; com aminoácidos essenciais como arginina e leucina; apresenta apenas 2,5% de gordura, sendo mais de 60% sob a forma poli-insaturada, contendo baixo teor de colesterol e uma fonte significativa de vitaminas A e E, além de minerais como potássio, magnésio, cálcio, zinco e fósforo (CRAIG; OVERNELL, 2003), e baixa concentração de sódio (OKUZUMI; FUJII, 2000). Seus componentes nutricionais podem variar conforme a idade, maturidade, local e temporada de captura (EZQUERRA-BRAUER et al., 2002). A carne possui uma consistência suave e um sabor delicado e característico (KLETT, 1996).

Sua fração lipídica é constituída por ácidos graxos com alto grau de insaturação, o que a diferencia da fração lipídica de animais terrestres, que raramente possuem mais de duas duplas ligações. Este fato torna-se importante, pois o pescado possui concentrações consideráveis do ácido graxo poli-insaturado eicosapentaenóico ( $\omega$ -3), que tem sido relacionado com a diminuição na incidência de câncer e com a redução da mortalidade por doença cardíaca, em populações de alto risco (SCHERER et al., 2004).

Em todos os mercados, a tendência de consumo de produtos pesqueiros é crescente. A carne possui uma alta taxa de taurina, um aminoácido que suprime a acumulação de colesterol

do corpo, onde a concentração de colesterol sanguínea cai e permanece baixa. A taurina também reduz a concentração de lipídios, mantém a pressão arterial e previne o diabetes ao promover a secreção de insulina. Embora o corpo sintetize taurina, a ingestão direta em alimentos que a contenham é recomendada (KLETT, 1996).

### **2.1.3 Aspectos histológicos**

Um aspecto que influencia negativamente o consumo de carne de polvo é sua extrema dureza e elasticidade. Isso é consequência da organização básica e da composição tecidual, determinando sua função (STANLEY; SMITH, 1984). A musculatura dos cefalópodes serve tanto para promover a movimentação, como para atuar como estrutura esquelética (KIER, 1982).

Por causa da sua funcionalidade, as fibras musculares são extremamente densas, possuindo alinhamento circular, longitudinal, transversal ou oblíquo, com uma alta proporção de tecido conjuntivo pertencente morfológica e funcionalmente à musculatura (BUDELMANN; SCHIPP; BOLEZKY, 1997).

Um dos melhores parâmetros utilizados na caracterização celular do músculo em cada espécie particular é a densidade da fibra muscular (número de fibras musculares por área observada) (JOHNSTON et al., 2000; 2003). A densidade de fibras musculares brancas varia com o estado fisiológico, e sua aparência está relacionada com o exercício muscular, a alimentação e outros fatores. Em salmonídeos, esse parâmetro possui correlação com a textura e a coloração da carne (JOHNSTON et al., 2000).

Os tecidos conjuntivo e adiposo são componentes em menor escala da musculatura axial, porém, também é importante na determinação química e organoléptica da carne (FAUCONNEAU et al., 1995; JOHNSTON et al., 2000). O conteúdo de tecido conjuntivo na carne depende da espécie e fatores como a performance de movimentação (SATO et al., 1986; OFSTAD et al., 1996).

O colágeno é um componente essencial do tecido conjuntivo animal. É importante na expressão da textura de carne crua e cozida, sugerindo sua maior importância em animais aquáticos (MIZUTA et al., 1999). Em carne crua, o colágeno é responsável pela coesividade, e seu alto conteúdo possui uma correlação positiva com a baixa tenderização (HATAE; YOSHIMATSU; MATSUMOTO, 1984; SATO et al., 1986).

Podem ser observadas diferenças nos conteúdos de tecido conjuntivo do polvo adulto entre machos e fêmeas, *Eledone cirrhosa* (MORALES, 1997). Essas diferenças podem influenciar as características reológicas. Numerosos estudos têm demonstrado a influência do tecido conjuntivo na textura de cefalópodes e de outros músculos (HURTADO; MONTERO; BORDERÍAS, 2001).

#### **2.1.4 Produção e Comercialização**

A captura de cefalópodes alcançou um recorde em 2006, apresentando uma produção de 6,4 milhões de toneladas, sendo 4,2% de todo o pescado comercializado, representado pelos cefalópodes. No Japão, onde as capturas anuais de cefalópodes são estáveis, em torno de 3,6 a 3,8 milhões de toneladas por ano vem se observando um aumento na demanda por polvo (FAO, 2008).

Em alguns países da Europa, a pesca de polvo se faz acidentalmente na tentativa de capturar algumas espécies de peixe e/ou crustáceos (CHEN et al., 2006). Porém, existe a pesca direcionada para as espécies de cefalópodes (YOUNG et al., 2006). Estes se apresentam como um dos recursos marinhos a serem explorados em algumas áreas, podendo assim aumentar sua participação na pesca internacional (CADDY; RODHOUSE, 1998).

Tradicionalmente a captura comercial de polvos no Brasil era proveniente quase que exclusivamente da pesca de arrasto, onde o polvo era um dos recursos de maior valor que ocorria no Sudeste-Sul até 29°S, em profundidade de até 150 m, encontrado em fundos de cascalho ou pedras, sendo a espécie mais frequente e assim denominada polvo comum, *Octopus vulgaris* (TOMÁS; SILVA, 2006).

A evolução das exportações de polvo no Brasil teve um incremento significativo a partir de 2003, quando se iniciou a pesca dessa espécie com uso de potes e, em 2004, onze embarcações já utilizavam essa modalidade. Essa atividade se consolidou em 2005 quando a Secretaria de Aquicultura e Pesca a regulamentou (SEAP, 2005).

A pesca com potes é mundialmente considerada como a mais eficiente, por possuir uma reduzida fauna acompanhante e ser uma arte passiva que explora a necessidade do animal procurar abrigo, não sendo necessário o uso de isca. Apresenta baixo custo de instalação, necessita somente de investimento em guinchos hidráulicos, cabos (mestre e secundários), potes e alguns outros equipamentos. Além disso, tem ainda como vantagem a preservação da qualidade do polvo (TOMÁS; SILVA, 2006).

Do ponto de vista pesqueiro, a adoção da pesca com potes permite a seleção das capturas por tamanho, de modo a devolver ao mar os indivíduos de menor porte, implicando em uma redução do impacto sobre a biota causada pela pesca de arrasto. Dessa forma, a remoção de uma grande quantidade de exemplares de polvo que estaria condenada à morte pela disputa territorial não seria tão desastrosa, já que realizada de modo sustentável, permitiria manter a faixa de equilíbrio populacional característico deste recurso pesqueiro, cuja abundância flutua normalmente (JOSUPEIT; RODHOUSE, 2002).

Atualmente, a engorda de polvo consiste na captura de animais juvenis de aproximadamente 750 g. A produção consiste na criação de animais em diferentes tipos de gaiolas, algumas suspensas ou com sistemas de flutuação, próximo à costa, onde o polvo atinge o peso de 3 a 5 kg em 3 a 4 meses (CHAPELA et al., 2006; RODRÍGUEZ et al., 2006).

Pesquisas mostram que o polvo é um excelente candidato para o cultivo comercial, tendo em vista sua fácil adaptação, alta taxa de crescimento e reprodução, aceitando diversos tipos de alimentos, com alto valor de mercado e com demanda superior a sua oferta (VAZ-PIRES; SEIXAS; BARBOSA, 2004; LORU, 2005). Porém, antes que os produtores apostem neste cultivo como meio de exploração, estudos científicos devem ser realizados para se certificar da possibilidade e da rentabilidade do mesmo (LORU, 2005).

## **2.2 Consumo de pescado**

Moluscos cefalópodes possuem aceitação comercial importante dentre os animais aquáticos utilizados como fonte de alimento. O polvo comum é uma espécie animal muito utilizada na culinária do Japão, tanto na forma crua como cozida (MIZUTA; TANAKA; YOSHINAKA, 2003), e também na dieta de moradores da costa Sul da Europa. Em Portugal, é um importante prato consumido, possuindo importância econômica, social e cultural (SEIXAS; BUSTAMANTE; PIERCE, 2005). Por isso pode ser considerada uma importante alternativa de consumo, dado a diminuição no estoque tradicional de peixes devido a elevada exploração dos recursos (CADDY; RODHOUSE, 1998).

Polvos não são consumidos apenas frescos, mas também são utilizados como matéria-prima para alimentos processados na forma de produtos secos (KUGINO; KUGINO; WU, 1993) e congelados (UENG; CHOW, 1998; HURTADO et al., 2001).

Espécies de polvos são normalmente distribuídas em gelo ou congeladas na forma de produtos pré-processados ou pratos prontos, com aumento significativo nos últimos anos,

tornando um verdadeiro incentivo para o desenvolvimento de novos produtos (LOUGOVOIS et al., 2007).

Nos últimos anos tem se observado um aumento no consumo de pescado no mundo. Essas mudanças nos hábitos alimentares vêm ocorrendo por causa dos efeitos benéficos do consumo de pescado na saúde humana, por ser uma rica fonte protéica, similar a da carne vermelha, além de possuir altas concentrações de vitaminas hidro e lipossolúveis, minerais e ácidos graxos poli-insaturados da família  $\omega$ -3 (SÁNCHEZ-MUNIZ; VIEJO; MEDINA, 1991).

Em comparação aos produtos cárneos, a demanda por produtos pesqueiros é menor, apesar de seu valor nutritivo. Esta pequena demanda pode estar associada a fatores como o poder de compra, o gosto e a preferência, a falta de costume e a falta de promoção para o consumo de produtos de origem marinha. Valencia (1988) afirma que se tratando de alimentos como o pescado, a demanda depende não somente do preço e do comportamento do produto no mercado, mas também do sabor, da textura, da apresentação do produto, dentre outras preferências do consumidor.

Além do fator econômico, o consumo de pescado é influenciado também pela localização geográfica da população. O consumo é maior nas zonas urbanas, o qual está relacionado ao fato de que a estrutura dos principais mercados e centros de distribuição se encontra nas grandes cidades (FERNÁNDEZ, 1986).

No México e em outros países da América Latina são capturadas grandes quantidades de calamar. Entretanto, a maioria se destina ao mercado externo, razão pela qual os consumidores nacionais conhecem somente os produtos que são ofertados no mercado local, que em muitas ocasiões são de qualidade e apresentação inferiores, sendo os produtos vendidos a granel, sem beneficiamento e informações básicas, situação esta que pouco favorece o seu consumo. É certo que o mercado exterior é importante pelas divisas que gera, mas também é importante reativar o mercado nacional, visto que estes produtos permitem que a população de baixa renda tenha uma boa alimentação a um preço acessível (RAYA et al., 2006).

Alimentos marinhos são importantes na dieta humana, particularmente em países que possuem uma extensa costa litorânea. Entretanto, apesar do alto valor econômico, informações sobre a composição e distribuição de ácidos graxos e características da carne são limitadas (ZLATANOS; SAGREDOS, 1993). O conhecimento adquirido pode favorecer a inclusão de espécies de pescado na dieta humana e assim promover e difundir seu consumo (KARAKOLTSIDIS; ZOTOS; CONSTANTINIDES, 1995).

### 2.3 Alterações estruturais induzidas pelo congelamento ou cocção

O congelamento é o método usualmente utilizado na preservação comercial de pescado, o qual diminui a velocidade de alterações químicas e microbiológicas além de ser um excelente método de preservação das características organolépticas por longos períodos (CARECHE et al., 1999).

Entretanto, algumas alterações estruturais podem ocorrer durante o congelamento e particularmente, após o descongelamento da carne. Pode ocorrer destruição da compartimentalização celular, coagulação protéica e agregação miofibrilar, perda de água (desidratação) e diminuição da capacidade de retenção de água após o descongelamento (FAUCONNEAU et al., 1995; CARECHE et al., 1999; GARCÍA et al., 1999).

A intensidade dessas alterações depende de fatores tais como a espécie (GARCÍA et al., 1999), o método de congelamento (rápido ou lento) (BELLO, LUFT, PIGOTT, 1982), e o tempo e a temperatura de estocagem (CARECHE et al., 1999). Todos esses parâmetros influenciam notavelmente a qualidade da carne (AYALA et al., 2005).

A cocção é um processo em que ocorrem alterações químicas, físico-químicas e estruturais dos componentes dos alimentos provocadas intencionalmente por efeito do calor. Esse processo desagrega as estruturas alimentares, melhorando a palatabilidade e a digestibilidade (TSCHEUSCHNER, 2001). Na cocção, o aquecimento é resultado do aporte de energia ao sistema, decorrente da transferência de calor (GIRARD, 1991). Nos diferentes métodos de cocção, as formas de transferência de calor, a temperatura, a duração do processo e o meio de cocção são alguns dos fatores responsáveis pelas alterações químicas e físicas que podem modificar o valor nutricional dos alimentos (POTTER; HOTCHKISS, 1995; GARCIA-ARIAS et al., 2003).

A cocção usual da carne antes do consumo é importante, pois promove alterações em sua textura. Davey e Gilbert (1974) definem a cocção como uma energia inserida de modo que a alta temperatura ocasiona desnaturação protéica na carne. A temperatura e o tempo de cocção possuem um amplo efeito sobre as propriedades físicas e a qualidade da carne. Os componentes do músculo controlam a dureza da carne através das proteínas miofibrilares, das proteínas do tecido conjuntivo, do colágeno e da elastina (GARCÍA-SEGOVIA; ANDRÉS-BELLO; MARTÍNEZ-MONZÓ, 2007).

Durante a cocção, diferentes proteínas da carne sofrem desnaturação, ocasionando alterações estruturais, podendo ocorrer também destruição das membranas celulares,

diminuição das fibras musculares, agregação e formação de gel de proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas e diminuição e solubilização do tecido conjuntivo (TORNBERG, 2005).

O calor ocasiona alterações nos componentes primários da estrutura protéica, no colágeno e nas proteínas miofibrilares (CALIFANO et al., 1997). O calor solubiliza o tecido conjuntivo ocasionando a tenderização da carne, enquanto ocorrem alterações na desnaturação das proteínas miofibrilares (LAAKKONEN; WELLINGTON; SHERBON, 1970).

A cocção produz importantes alterações nos componentes musculares, como água, fibras musculares e tecidos conjuntivo e adiposo. No bacalhau (*Gadus morhua*, L.) e no salmão do Atlântico (*Salmo salar*, L.), as alterações estruturais induzidas pela cocção dependem da espécie, do tempo entre a captura e a cocção e da procedência do indivíduo (selvagem ou cativeiro) (OFSTAD; KIDMAN; HERMANSSON, 1996).

Alguns autores observaram que a textura da carne cozida depende do tamanho da fibra após a cocção (HATAE; YOSHIMATSU; MATSUMOTO, 1984, 1990; HURLING; RODELL; HUNT, 1996) e que a quantidade de proteínas coaguladas no interstício e a formação de gelo oriunda da liberação de líquido do colágeno e lipídios permitem o deslizamento das fibras e dos miômeros (HATAE, YOSHIMATSU, MATSUMOTO, 1990; FAUCONNEAU et al., 1995).

Muitos autores têm demonstrado que o processo de maciez da carne do polvo ocorre devido à solubilização e gelatinização do colágeno e também devido à desnaturação, desidratação e modificação intra e interfibrilar das fibras musculares (OTWELL; HAMANN, 1979; KUGINO; KUGINO; WU, 1993).

A alta pressão tem sido utilizada em diversos tipos de alimentos, particularmente em pescado e derivados. Este processo aumenta o tempo de estocagem, destruindo micro-organismos e reduzindo a atividade enzimática (FUJI et al., 1994; CHEFTEL; CULIOLI, 1997; HURTADO; MONTERO; BORDERÍAS, 2000). Além disso, de acordo com Ashie, Simpson, Ramaswamy (1997) e Yoshioka; Yamamoto (1998), a alta pressão reduz a dureza muscular, o que poderia ser útil para espécies como o polvo. Entretanto, esses resultados contrastam com outros descritos anteriormente, os quais demonstraram um aumento na dureza da carne com o processamento em alta pressão (YOSHIOKA; KAGE; OMURA, 1992).

Outros estudos têm sugerido que a pressão sobre as proteínas é interdependente da temperatura, onde o aumento da pressão induz ao desmembramento protéico. A desnaturação que ocorre em altas temperaturas é mais severa quando comparada com a cocção

pressurizada, na qual é possível observar que a pressão protege a proteína da desnaturação por altas temperaturas (FERNÁNDEZ-MARTÍN; PÉREZ-MATEOS; MONTERO, 1998).

Heremans (1995) relatou que a estabilidade do colágeno ao calor é maior sob alta pressão. Isso é resultado da estabilização das pontes de hidrogênio após a pressurização. O calor induz a uma carne mais firme, devido a alterações nas proteínas miofibrilares e no colágeno que acarretam mudanças na textura muscular.

## **2.4 Aspectos físicos do pescado**

### **2.4.1 Perda de peso por cocção**

A qualidade da carne é expressa com base em várias características que geralmente são estudadas separadamente. O aroma, o sabor, a maciez, a suculência, a cor, o brilho, o pH, a vida de prateleira, a composição centesimal, o perfil de ácidos graxos e a microbiologia da carne, são algumas delas. A qualidade global do produto é um parâmetro fundamental para o consumidor no momento da compra, sendo um dos determinantes da frequência com que o produto será adquirido. Muitos fatores podem influenciar as características de qualidade como manejo antes e após o abate, sexo, idade, espécie, peso ao abate etc.

A perda de peso por cocção e a força de cisalhamento são características que estão associadas ao comportamento da carne durante e após a cocção e podem influenciar na qualidade de produtos processados e na aceitação pelo consumidor. Tanto a dureza da carne quanto a perda de peso por cocção podem ser influenciadas pelo pH final, que ao ultrapassar os limites aceitáveis, resulta no declínio dos parâmetros. A temperatura de resfriamento das carnes também pode influenciar tais características, principalmente a dureza, que pode ser prejudicada com temperaturas muito baixas (PAZ, 2007).

Mai et al. (1978), estudando o efeito de diferentes métodos de cocção (assado em forno convencional, fritura por imersão e fritura em frigideira) sobre a composição química de duas espécies de peixe: truta (*Salvelinus namacush*) e rêmora (*Catastomus commersonni*) relataram que a cocção ocasionou decréscimo de umidade nos filés das duas espécies. Os autores relataram um aumento no conteúdo lipídico dos filés submetidos à fritura sob imersão devido à absorção do óleo do meio. O filé de truta absorveu menor quantidade de óleo do meio, pois apresentava o maior teor de gordura quando cru, enquanto os filés de rêmora apresentaram maior capacidade de absorver o óleo do meio. Quando os filés das duas espécies foram

assados houve diminuição do teor lipídico, fato atribuído à perda de lipídios durante a cocção. Em relação à perda de peso por cocção, os filés fritos em óleo apresentaram maiores perdas quando comparados aos filés assados em forno convencional, nas duas espécies.

Gall et al. (1983) avaliaram a composição centesimal de filés de garoupa (*Epinephelus morio*), caranha vermelha (*Lutjanus campechanus*), pampo da Flórida (*Trachinotus carolinus*) e cavalinha (*Scomberomus maculatus*) submetidos aos métodos de cocção: assado em forno convencional, grelhado, frito por imersão e assado em micro-ondas. Os autores observaram que houve diminuição da umidade após a cocção em todos os métodos utilizados e que os filés fritos foram os que perderam o maior teor de umidade. Os filés de cavalinha apresentaram perda acentuada de gordura (13,75%), para o meio quando os filés eram submetidos à fritura por imersão. Por outro lado, a fritura causou um aumento no conteúdo de gordura dos filés de garoupa, caranha vermelha e pampo, devido à absorção de óleo do meio. Os autores afirmaram que as mudanças observadas nos filés cozidos parecem estar diretamente relacionadas ao conteúdo lipídico original dos filés crus, quando submetidos a um meio que contenha ou não lipídios. O conteúdo de proteína aumentou nos filés cozidos de todas as espécies estudadas quando comparados aos crus e o conteúdo de cinzas apresentou maiores perdas quando os filés de baixo conteúdo lipídico foram submetidos à cocção. As perdas de peso ocasionadas pela cocção foram maiores nos filés assados em micro-ondas em todas as espécies estudadas, apresentando capacidade de retenção de água média de 81,8%, 85,6%, 88,5% e 85,6% para os filés de garoupa, caranha vermelha, cavalinha e pampo da Flórida, respectivamente.

#### **2.4.2 Capacidade de retenção de água (CRA)**

A água presente nos tecidos animais é encontrada na forma ligada, imobilizada e livre. A capacidade de retenção de água (CRA) é uma propriedade de importância fundamental em termos de qualidade, tanto na carne destinada ao consumo direto, como para a carne destinada à industrialização (SOUZA, 2006). A CRA é uma das propriedades funcionais mais importantes da carne (ANADÓN, 2002), influenciando na aparência, na palatabilidade e está diretamente relacionada às perdas da água antes e durante a cocção (BRESSAN, 1998). A CRA não é um parâmetro objetivo e sim uma tendência, pois não existe um valor real para esta propriedade (HONIKEL, HAMM, 1994).

A CRA é um importante atributo utilizado por várias razões para se atribuir qualidade à carne. A diminuição do peso como resultado da perda de água é importante economicamente e o acúmulo de exsudato torna o pescado pouco atrativo para os consumidores e, finalmente, a água é importante sob o ponto de vista da textura da carne (OLSSON; OLSEN; OFSTAD, 2003).

Quando os tecidos têm pouca CRA, ocorre grande perda de umidade e de peso durante seu armazenamento, influenciando diretamente na qualidade da carne, pois afeta diversas características essenciais à carne (VENTURINI; SARCINELLI; SILVA, 2007).

A qualidade da musculatura do pescado é significativamente afetada pelo conteúdo de água e sua distribuição no músculo (OLSSON; OLSEN; OFSTAD, 2003). Um músculo com alta CRA é suculento e macio, entretanto, o músculo com baixa CRA perde a maior parte da água, apresentando-se seco na degustação (HUSS, 1988).

A CRA varia de acordo com as condições físicas do pescado, estado de maturação sexual, desenvolvimento e outros fatores. A CRA é baixa quando o músculo se encontra em *rigor mortis*; com o passar do tempo de estocagem, a CRA vai decaindo. Existe uma correlação entre CRA e algumas propriedades físicas e químicas, como pH e conteúdo de sal (HUSS, 1988).

Ofstad et al., (1996) demonstraram a relação entre alterações da CRA, alterações microestruturais e a influência do pH sobre a CRA em bacalhau e salmão. O pH baixo não é a única razão que influencia a redução da CRA (OFSTAD et al., 1996; OLSSON et al., 2003). Alterações no conteúdo de água, especialmente no músculo, podem influenciar importantes parâmetros de qualidade como textura, aparência e estabilidade na preservação, especificamente na distribuição celular. A estabilidade estrutural e a mobilidade de água são tão importantes quanto o conteúdo de água na determinação da qualidade e estabilidade do alimento (LAKSHMANAN; PARKINSON; PIGGOTT, 2005).

### **2.4.3 pH**

Em geral o músculo dos peixes contém quantidades relativamente baixas de glicogênio quando comparado ao músculo de mamíferos. Em decorrência disto, o pH pós-morte é mais elevado e, desta forma, a carne do pescado é mais suscetível a ataques microbianos (HUSS, 1988).

O glicogênio muscular varia entre espécies e dentro da mesma espécie. Peixes descansados apresentam mais glicogênio muscular que os exaustos; os bem alimentados mais que os famintos e os maiores mais que os menores; concentrando-se mais nos músculos escuros do que nos claros (HUSS, 1988).

Devido à formação anaeróbica de ácido láctico pós-morte, o pH diminui normalmente dentro dos primeiros dias após o abate; posteriormente o pH fica constante e, em seguida, aumenta ligeiramente devido à formação de compostos básicos (HUSS, 1988). O pH final do pescado após a sua morte está relacionado com a quantidade de glicogênio disponível naquele momento. A diminuição do pH é consequência da conversão do glicogênio em ácido láctico (ALMEIDA et al., 2006).

Com a deterioração do pescado, o pH aumenta para níveis mais elevados devido à decomposição de aminoácidos e da uréia e a desaminação oxidativa da creatina. O aumento do pH é afetado pela espécie, tipo, carga microbiana, métodos de captura, manuseio e armazenamento do pescado (SOARES et al., 1998).

Alguns autores consideram que a determinação de pH não é um índice seguro do estado de frescor ou do início de deterioração. Seu uso é geralmente restrito por variar de amostra para amostra e por ocorrerem ciclos de flutuações durante o período de estocagem (OGAWA; SILVA; SANTOS FILHO, 1999).

A velocidade de queda do pH pós-morte também é um importante determinante da CRA. A desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas é tanto mais agravada quanto mais rápida for a queda do pH. A rápida queda do pH aumenta a tendência da actomiosina em contrair-se, forçando a saída do líquido, que se dissociou das proteínas, para o exterior. Quando a rápida queda do pH pós-morte se deve a altas temperaturas, a perda cada vez maior da CRA observada se deve ao aumento da desnaturação das proteínas musculares e ao aumento do movimento da água para os espaços extracelulares (LAWRIE, 2005).

#### **2.4.4. Força de Cisalhamento**

A textura dos alimentos é um parâmetro sensorial que possui como atributos primários: maciez, coesividade, viscosidade, elasticidade; e como secundários: gomosidade, mastigabilidade, suculência, fraturabilidade e adesividade (SOUZA, 2006).

A textura da carne está intimamente relacionada à quantidade de água intramuscular, portanto, quanto maior o conteúdo de água fixada no músculo, maior a maciez da carne. É uma característica de qualidade relacionada principalmente a carne cozida (ANADÓN, 2002).

A palatabilidade da carne está associada com a textura, a qual pode ser afetada por fatores *ante-mortem*, como espécie, fatores genéticos, idade, estado de nutrição, estresse, entre outros. *Rigor mortis*, estimulação elétrica, velocidade do resfriamento e pH são fatores *post-mortem* que também influenciam na textura da carne (VENTURINI; SARCINELLI; SILVA, 2007).

A textura é um parâmetro muito utilizado para avaliar a CRA, que se torna importante sob o ponto de vista do consumidor que poderá levar para casa um alimento seco, duro, resistente ao corte e com perda excessiva de água durante o processo de cocção, gerando um alimento de sabor pobre (SOUZA, 2006).

Alterações físicas podem ser perceptíveis através da estrutura e da coloração resultando em declínio do frescor do pescado. Alterações macroscópicas podem ser determinadas através da avaliação muscular. O equipamento utilizado é o texturômetro, o qual utiliza diferentes acessórios, variando com o produto a ser analisado. A determinação da textura no músculo é difícil de ser realizada devido à falta de uniformidade estrutural do músculo (ÓLAFSDÓTTIR et al., 1997).

O conteúdo de colágeno no peixe e no polvo é similar: 0,2 a 2,2% e 1,2 a 2,3%, respectivamente. Porém, existe uma grande diferença na textura e na qualidade de consumo destes dois alimentos. A carne do polvo torna-se bastante difícil de consumir quando em seu processo de elaboração não ocorre pré-tratamento de tenderização. Esta diferença pode ser atribuída à distribuição e/ou morfologia das fibras de colágeno no músculo e ao conteúdo de componentes específicos de colágeno (MORALES; MONTERO; MORAL, 2000).

## **2.5 Tipos de tecido animal**

Histologia é o ramo da anatomia que estuda os tecidos animais e vegetais. No seu aspecto mais amplo, a palavra histologia é usada como sinônimo de anatomia microscópica. Seu tema engloba não somente a estrutura microscópica dos tecidos, mas também das células, dos órgãos e dos sistemas. A histologia não se relaciona somente com a estrutura do corpo mas também, com a estrutura microscópica do material biológico e das maneiras através das quais os componentes individuais se relacionam estrutural e funcionalmente (BANKS, 1992).

A histologia é fundamental para as ciências biológicas e médicas, uma vez que se situa na intersecção entre a bioquímica, a biologia molecular e a fisiologia, de um lado e os processos patológicos de outro (STEVENS; LOWE, 2001).

Deve ser entendido que o corpo é constituído de células, matriz intercelular e uma substância líquida, o líquido tissular (líquido extracelular), que banha aqueles componentes. O líquido tissular, que é derivado do plasma sanguíneo nos vertebrados, carrega nutrientes, oxigênio e moléculas sinalizadoras para as células do corpo. O líquido tissular, bem como parte da matriz intercelular não é visível em preparados histológicos de rotina (GARTNER; HIATT, 2003).

A observação de tecidos ao microscópio óptico é feita por transparência. Como os órgãos são geralmente grandes, é necessário que este tecido seja submetido a cortes finíssimos, passando por diversas etapas, que por fim, geram lâminas histológicas com preparados histológicos permanentes. É também comum a utilização de corantes que destacam determinadas partes das células. Essas lâminas então podem ser observadas ao microscópio óptico. Estes métodos histológicos são geralmente utilizados para a observação de tecidos animais (BANKS, 1992).

Os tipos de células estão arrumados e coletivamente organizados em quatro tipos de tecidos básicos: epitélio, tecido conjuntivo, músculo e tecido nervoso. Os órgãos do corpo são constituídos de quantidades e tipos desses tecidos com padrões arquitetônicos específicos.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Material**

Foram utilizados oitenta indivíduos, dos quais quarenta foram da espécie *Octopus vulgaris* ( $415,91 \pm 85,92$  g) e quarenta da espécie *O. insularis* ( $418,19 \pm 55,34$  g), provenientes de pesca artesanal do município de Itarema – CE. As coletas foram realizadas durante os meses de julho a dezembro do ano de 2008.

Logo após a despesca, os exemplares foram abatidos por choque térmico, conservados em gelo e transportados aos laboratórios de análises em caixas isotérmicas com gelo.

#### **3.2 Métodos**

##### **3.2.1 Preparo das amostras**

As espécies de polvo foram identificadas e, em seguida, os indivíduos foram lavados, pesados, eviscerados, sendo o manto separado dos braços. Estes foram pesados, divididos e separados aleatoriamente em dois grupos: um foi resfriado em refrigerador doméstico (4°C) e o outro foi submetido a congelamento lento em freezer comercial com temperatura média de -18°C, onde permaneceu por um período de 20 dias. Antes das análises, as amostras foram descongeladas em refrigerador doméstico sob temperatura variando entre 5 e 10°C por um período médio de 18 horas.

No dia do experimento, os braços foram seccionados, separados individualmente e identificados em relação à espécie e ao tipo de cocção estabelecida. Foi realizada a medição do comprimento, do diâmetro da porção medial e do peso das amostras.

As análises foram executadas nos Laboratórios de Processamento de Produtos Cárneos e Pescados do Departamento de Tecnologia de Alimentos; no Laboratório de Histologia do Departamento de Biologia, ambos da Universidade Federal do Ceará – UFC, e no Laboratório de Análise Instrumental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, na cidade de Fortaleza - CE.

### 3.2.2 Metodologia

Para a realização dos experimentos foram recebidas 20 amostras de polvo de cada vez, dez amostras de cada espécie, formando dois grupos, os quais foram submetidos a duas formas de conservação (congelamento e resfriamento). Os dois grupos de amostras foram então submetidos a dois tipos de cocção: em água sem pressão nos tempos de 20, 30, 40, 50 e 60 minutos e em água sob pressão nos tempos de 10, 15, 20, 25 e 30 minutos. Os processos de cocção foram conduzidos de forma similar aos que ocorrem nos estabelecimentos que comercializam o polvo.

Com relação ao processo de cocção em água fervente, foi utilizado um recipiente com capacidade de 20 L, sendo utilizados 15 L de água por batelada. As amostras foram colocadas na água somente após o início da ebulição, observando se todas as amostras encontravam-se submersas. Cada amostra foi inserida no recipiente para cocção em cestas milimétricas de aço, individualmente e o peso das cestas forçava as amostras para o fundo do recipiente e as mantinha submersas. Logo após a inserção das amostras no recipiente de cocção, era dado início a contagem do tempo de cocção, com o recipiente parcialmente tampado e pelos tempos de 20, 30, 40, 50 e 60 minutos.

O processo de cocção em água sob pressão foi realizado em recipiente sob pressão com capacidade máxima de 4,6 L e 86 kPa. As amostras identificadas com um pequeno corte na porção proximal eram colocadas no recipiente sob pressão. Somente após o início da saída de vapor da válvula de pressão, o tempo de cocção começava a ser cronometrado. Este momento foi considerado como o início do processo de cocção sob pressão. Decorrido o tempo de cocção o fogo era desligado e a pressão removida a fim de se evitar a super cocção e as amostras eram retiradas do recipiente. Os tempos de cocção para este método foram 10, 15, 20, 25 e 30 minutos.

Para os dois processos de cocção foram utilizados somente os braços das espécies, sendo aproveitados todos os oito braços de cada exemplar.

Após a cocção, os braços eram colocados sobre papel toalha para a drenagem do excesso de água da cocção e após o resfriamento, as amostras foram novamente pesadas.

### 3.2.3 Perda de peso por cocção (PPC)

Para a determinação da PPC, os braços foram pesados em balança semi-analítica (Ohaus corporation TS2KS), antes e após a cocção. O cálculo da PPC foi realizado através de proporções matemáticas, conforme equação a seguir:

$$PPC (\%) = \frac{PDC}{PAC} \times 100\%$$

PPC – Perda de peso por cocção;

PDC – Peso da amostra após a cocção;

PAC – Peso da amostra antes da cocção.

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

Para a determinação da CRA seguiu-se a metodologia descrita por Gómez-Guillén et al. (2000). As amostras ( $2,0 \pm 0,1$  g) foram pesadas (PA) em balança analítica (Ohaus Analytical Standard model AS200), e colocadas em tubos com filtros de papel previamente pesados ( $P_1$ ) e centrifugadas em centrífuga (Beckman model J2-21 centrifuge) a 500 x g por 10 min a 10°C. Após a centrifugação, o filtro de papel úmido foi pesado em balança analítica (Ohaus analytical Standard model AS200), sendo considerado como  $P_2$ .

A quantidade de líquido perdida foi determinada pela equação matemática abaixo.

$$CRA (\%) = \left[ 100 - \frac{(P_2 - P_1)}{PA} \right] \times 100\%$$

CRA – Capacidade de Retenção de Água;

$P_2$  – Peso do filtro de papel após a centrifugação;

$P_1$  – Peso do filtro de papel antes da centrifugação;

P – Peso da amostra úmida.

### **3.2.5 pH**

Para a medição do pH das amostras utilizou-se um potenciômetro (Digi-sense, pH/ATC.mv.temp), o qual foi calibrado com soluções tamponadas padronizadas comercialmente, a fim de se obter leituras estáveis. Posteriormente, foi realizada uma pequena incisão na porção proximal do braço ( $\pm 1,5$  cm), onde foi introduzido o eletrodo no interior da abertura, sendo também adicionada água destilada no interior do orifício com o intuito de melhorar a condutibilidade elétrica. O eletrodo foi inserido cuidadosamente até a estabilização, e a leitura foi registrada (AOAC, 2005).

### **3.2.6 Força de Cisalhamento - FC**

A textura da carne foi avaliada através da medida de resistência ao corte (força de cisalhamento). As amostras foram cortadas na porção medial de cada braço, sempre no sentido frontal-caudal, utilizando um texturômetro TA.XT2 (Stable Micro System, Surrey, England), equipado com uma lâmina de corte tipo guilhotina, operando a uma velocidade de 5 mm/s a uma distância de 30 mm. O pico da força registrada foi expresso em kgf necessária para cortar a carne.

### **3.2.7 Avaliação histológica**

Previamente às análises histológicas realizadas nas amostras submetidas à cocção, foi realizada a coleta de tecido de animais recém abatidos no município de Itarema – CE. Este procedimento foi adotado para definir a melhor metodologia a ser utilizada para a verificação das estruturas histológicas dos braços de polvo.

As análises histológicas foram realizadas apenas nas amostras submetidas ao menor e ao maior tempo de cada tipo de cocção, ou seja, amostras submetidas aos tempos de cocção de 20 e 60 min para a cocção em água sem pressão e nos tempos de 10 e 30 min para cocção em água sob pressão.

### **3.2.7.1 Fixação**

Amostras da porção medial de cada braço foram fixadas com Bouin e submersas diretamente nos fixadores, permanecendo nessa solução entre 12 e 24 horas. Posteriormente, o fixador foi descartado e as amostras lavadas em água corrente para retirar o excesso de fixador e imersas em álcool etílico a 70% onde permaneceram por 1 hora.

### **3.2.7.2 Inclusão e etapas precedentes**

Na etapa de desidratação foi dado um banho com álcool a 80%, um banho com álcool a 95% e dois banhos com álcool a 100%. Cada banho utilizou quantidade de álcool suficiente para deixar todas as amostras submersas e teve duração de 50 min. Em seguida, as amostras foram submersas por 50 min em um banho de álcool:xilol (1:1 v/v) e em dois banhos de xilol, respectivamente.

A inclusão foi realizada em parafina histológica, em duas imersões com duração de 1 hora cada. As imersões das amostras, inseridas em seus respectivos histocassetes, foram realizadas em estufa de secagem a 56°C (Fanem modelo 315SE).

Após os banhos de parafina, as amostras foram retiradas dos histocassetes e inseridas em caixas de papel, dobradas manualmente, permanecendo com a mesma identificação.

As caixas foram levadas ao emblocador, para a adição de parafina aquecida até o limite superior das caixas. Com o auxílio de uma pinça, fez-se uma pequena pressão nas peças contra o fundo da caixa para evitar a formação de bolhas de ar. Para tal, a pinça foi aquecida em um bico de gás e passada na parafina ainda líquida. Depois disso a caixa foi colocada em temperatura ambiente para resfriamento.

### **3.2.7.3 Microtomia**

Utilizou-se o micrótomo (American Optical 820 Rotary) com regulagem controlada, para obtenção dos cortes de blocos com a espessura de 5 µm.

O bloco foi preso no braço do micrótomo, e a orientação e o ângulo do bloco foram regulados de modo que sua superfície ficasse paralela à lâmina de corte. O bloco encontrava-se aparado de modo a ter 2 a 3 mm de parafina sem tecido nas regiões superior e inferior.

Com o controle manual, aproximou-se o bloco o mais perto possível da lâmina de corte, sem tocá-la. A espessura do corte foi regulada para 10 µm. Foram realizados cortes sucessivos do bloco, até que aparecessem cortes inteiros das estruturas, sendo a espessura então regulada para 5 µm e efetuados os cortes necessários.

As fitas de corte obtidas durante a microtomia foram então, com o auxílio de uma pinça, transferidas para um banho-maria especial com o fundo pintado de preto e regulado a uma temperatura de 40°C (abaixo da temperatura de fusão da parafina, 56°C).

A fita foi então colocada de modo que sua extremidade livre tocasse primeiro na água e depois, gradualmente no restante, para evitar a formação de bolhas de ar embaixo da fita.

Na superfície da água os cortes foram distendidos imediatamente por meio de uma pinça com a finalidade de retirar possíveis dobras formadas durante o corte. Após a distensão, os cortes foram colhidos em uma lâmina de vidro, previamente preparada, mergulhada diagonalmente dentro do banho-maria. A lâmina foi colocada em um suporte inclinado, onde permaneceu até secagem.

A fim de evitar que o corte se desprendesse da lâmina durante a coloração, a superfície da lâmina foi revestida com uma delgada camada de gelatina.

#### **3.2.7.4 Coloração**

Antes da coloração, as lâminas foram colocadas em suporte específico, chamado berço, com capacidade para oito lâminas. Em seguida, o berço foi imerso em uma sequência de nove cubas grandes: duas com xilol (3 minutos em cada cuba), uma com solução álcool:xilol (1:1, v/v), outra com álcool a 100%, álcool a 95%, álcool a 70%, e uma com água destilada, permanecendo por 2 minutos em cada cuba. As imersões foram feitas em uma sequência inversa àquela seguida na desidratação para a inclusão em parafina.

Em seguida, as lâminas foram colocadas em cubas contendo três tipos de corantes: tricrômico Gomori e Mallory para melhor visualização do colágeno, azul alcian PAS para melhor observação de carboidratos e azul de bromofenol para melhor análise dos compostos protéicos.

Após a coloração, as lâminas foram colocadas novamente no berço e este foi imerso nas cubas grandes utilizadas anteriormente, porém seguindo a sequência inversa dos líquidos, ou seja: uma cuba com água destilada, com álcool a 70%, com álcool a 95%, com álcool a 100%,

com álcool:xilol (1:1,v/v) e duas com xilol, passando 20 segundos em cada, com o objetivo de desidratar os cortes.

O procedimento de montagem das lâminas consistiu essencialmente na retirada da lâmina do último banho de xilol, retirando o excesso de xilol do dorso da lâmina e das suas regiões laterais, onde não tem amostra de tecido, com papel toalha. Adicionou-se uma gota de xilol sobre o tecido, cobrindo-o com uma lamínula com etelan. A lamínula foi pressionada suavemente contra a lâmina com uma pinça, para retirar algum excesso de resina e/ou bolhas de ar. A lâmina permaneceu em temperatura ambiente até o endurecimento da resina. Assim, se obtém um preparado permanente que segundo Tolosa et al. (2003) poderá durar dezenas de anos.

Depois de preparadas, as lâminas foram visualizadas ao microscópio óptico. Os tecidos foram analisados para detectar alterações estruturais correspondentes às alterações na textura da carne.

### **3.3 Análise estatística**

Foi realizada análise estatística para avaliar diferenças significativas entre as formas de conservação, para as duas espécies de polvo e entre os diferentes tipos e tempos de cocção. A correlação foi analisada entre os parâmetros físicos estudados, adotando um nível de significância de 5%.

A análise estatística foi feita pela Análise de Variância (ANOVA) e para  $p < 0,05$ , foi aplicado o teste de Tukey para a identificação das diferenças específicas. Utilizou-se o programa SPSS 15.0 (*Statistical Package of Social Science*).

Foram analisados 320 braços de polvo e para cada tempo de cocção foi utilizado um  $n = 32$ .

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Efeito da forma de conservação prévia à cocção

A forma de conservação do polvo é um fator importante podendo influenciar a comercialização e o consumo do produto em diversas localidades.

A Tabela 1 apresenta a média e o desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) para as duas espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), conservadas congeladas e resfriadas e submetidas à cocção em água sem pressão.

**Tabela 1.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo, conservadas congeladas e resfriadas e submetidas à cocção em água sem pressão, independentemente da espécie, método e tempo de cocção.

Conservação	PPC (%)	CRA (%)	pH	FC (kgf)
Congeladas	40,83 ± 4,26 <sup>a</sup>	91,23 ± 6,16 <sup>a</sup>	5,97 ± 0,11 <sup>a</sup>	3,64 ± 2,26 <sup>a</sup>
Resfriadas	39,41 ± 7,14 <sup>b</sup>	90,79 ± 6,11 <sup>a</sup>	6,04 ± 0,09 <sup>a</sup>	3,50 ± 2,37 <sup>a</sup>

n = 160; p < 0,05.

OBS: valores com letras diferentes na mesma coluna indicam que houve diferença significativa entre as médias.

Na Tabela 2 estão apresentadas a média e o desvio padrão da PPC, CRA, pH e FC das espécies de polvo (*O. vulgaris* e *O. insularis*), conservadas congeladas e resfriadas e submetidas à cocção em água sob pressão, independentemente do método e tempo de cocção.

**Tabela 2.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo, conservadas congeladas e resfriadas e submetidas à cocção em água sob pressão, independente da espécie, método e tempo de cocção.

<b>Conservação</b>	<b>PPC (%)</b>	<b>CRA (%)</b>	<b>pH</b>	<b>FC (kgf)</b>
Congeladas	45,51 ± 5,97 <sup>a</sup>	84,30 ± 6,16 <sup>a</sup>	6,00 ± 0,11 <sup>a</sup>	2,05 ± 1,41 <sup>a</sup>
Resfriadas	42,81 ± 8,90 <sup>b</sup>	85,09 ± 6,13 <sup>a</sup>	6,05 ± 0,09 <sup>a</sup>	1,63 ± 0,79 <sup>b</sup>

n= 160, p < 0,05.

OBS: valores com letras diferentes na mesma coluna indicam que houve diferença significativa entre as médias.

De acordo com as Tabelas 1 e 2 observa-se que a forma de conservação influenciou significativamente a PPC tanto nas amostras submetidas à cocção em água sem pressão como naquelas cozidas sob pressão. No entanto, a forma de conservação só teve influência significativa sobre a FC nas amostras submetidas à cocção em água sob pressão. A CRA e o pH não foram afetados pela forma de conservação.

As médias de PPC (Tabelas 1 e 2) e FC (Tabela 2) das amostras conservadas congeladas apresentaram valores significativamente superiores aquelas das amostras conservadas resfriadas. Isto pode ser explicado, em parte, pelo processo de congelamento lento aplicado neste estudo que pode ter levado a uma formação e crescimento dos cristais de gelo, com conseqüente dano à integridade das fibras da carne. Porém, os danos estruturais ocasionados pelo congelamento não foram suficientes para provocar uma diminuição na FC (Tabela 1).

As vantagens de temperaturas inferiores ao ponto de congelamento na dilatação do prazo de estocagem da carne são bastante conhecidas, assim como as mudanças químicas pelo gotejamento do fluido no descongelamento. A PPC elimina não apenas água ou líquido, mas também proteínas, peptídeos, aminoácidos, ácido lático, purinas, vitaminas do complexo B e vários sais os quais estão entre os muitos constituintes do fluido exsudado (LAWRIE, 2005).

O aumento da maciez das amostras conservadas resfriadas pode ser um reflexo da menor perda na cocção, maior capacidade de retenção de água das proteínas musculares e da natureza de intumescimento conseqüente das fibras musculares em pH alto (LAWRIE, 2005).

Pode-se mencionar que a indução de um pH final alto no músculo diminui a perda de peso por cocção que é devida à exsudação (BOUTON; HARRIS; SHORTHOSE, 1975). Na faixa de pH em que ambas as amostras se encontravam (5,0 a 7,0), ocorre também um

aumento do poder tamponante da carne, atribuindo-se esses efeitos às mudanças devido à desnaturação, particularmente das proteínas sarcoplasmáticas (LAWRIE, 2005).

Na Tabela 3 estão apresentadas as médias da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), submetidas à cocção em água sem pressão.

**Tabela 3.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), conservadas congeladas e resfriadas e submetidas à cocção em água sem pressão, independentemente do tempo de cocção.

<b>Espécie</b>	<b>Conservação</b>	<b>PPC (%)</b>	<b>CRA (%)</b>	<b>pH</b>	<b>FC (kgf)</b>
<i>O. vulgaris</i>	Congelada	41,64 ± 4,63 <sup>a</sup>	90,34 ± 4,32 <sup>a</sup>	5,96 ± 0,08 <sup>a</sup>	3,65 ± 2,29 <sup>a</sup>
	Resfriada	39,75 ± 8,84 <sup>a</sup>	90,84 ± 5,19 <sup>a</sup>	6,04 ± 0,11 <sup>a</sup>	3,47 ± 2,70 <sup>a</sup>
<i>O. insularis</i>	Congelada	40,12 ± 3,79 <sup>a</sup>	92,02 ± 4,04 <sup>a</sup>	5,99 ± 0,16 <sup>a</sup>	3,62 ± 2,25 <sup>a</sup>
	Resfriada	39,07 ± 3,79 <sup>a</sup>	90,74 ± 5,18 <sup>a</sup>	6,04 ± 0,07 <sup>a</sup>	3,52 ± 2,00 <sup>a</sup>

n = 80, p < 0,05.

OBS: valores com letras diferentes na mesma coluna (por cada espécie) indicam que houve diferença significativa entre as médias.

A forma de conservação não influenciou significativamente a PPC, CRA, pH e FC nas espécies *O. vulgaris* e *O. insularis* submetidas à cocção em água sem pressão (Tabela 3).

A Tabela 4 apresenta as médias da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), submetidas à cocção em água sob pressão.

**Tabela 4.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), conservadas congeladas e resfriadas e submetidas à cocção em água sob pressão, independentemente do tempo de cocção.

Espécie	Conservação	PPC (%)	CRA (%)	pH	FC (kgf)
<i>O. vulgaris</i>	Congelada	46,49 ± 5,85 <sup>a</sup>	83,43 ± 5,37 <sup>a</sup>	5,99 ± 0,09 <sup>a</sup>	1,82 ± 0,80 <sup>a</sup>
	Resfriada	42,71 ± 8,58 <sup>a</sup>	84,98 ± 6,28 <sup>a</sup>	6,06 ± 0,11 <sup>b</sup>	1,55 ± 0,71 <sup>a</sup>
<i>O. insularis</i>	Congelada	44,61 ± 5,98 <sup>a</sup>	85,11 ± 6,15 <sup>a</sup>	6,02 ± 0,13 <sup>a</sup>	2,26 ± 1,83 <sup>a</sup>
	Resfriada	42,90 ± 9,26 <sup>a</sup>	85,21 ± 5,00 <sup>a</sup>	6,05 ± 0,07 <sup>a</sup>	1,72 ± 0,91 <sup>a</sup>

n=80, p < 0,05.

OBS: valores com letras diferentes na mesma coluna indicam que houve diferença significativa entre as médias.

Pode-se observar que a forma de conservação teve influência significativa apenas sobre o pH na espécie *O. vulgaris* submetida a cocção em água sob pressão. Para os demais parâmetros, não foram observadas diferenças significativas para as duas espécies estudadas e para as duas formas de conservação.

Resultado semelhante sobre a influência da forma de conservação sobre a CRA da carne de frango foi observado por Hamm; Deatherage, (1960), o processo de congelamento em si, não afetou a CRA, não havendo diferença entre a carne que foi refrigerada ou congelada e mantida pelo mesmo período de tempo.

Alterações ocasionadas pela forma de conservação estão relacionadas com a natureza do processo de congelamento no tecido muscular e com a CRA das proteínas musculares, determinando, assim, o volume de fluido que se forma no descongelamento. Em geral, a proporção de água total que congela no músculo aumenta no início, à medida que a temperatura diminui abaixo do ponto de congelamento. Depois, fica mais lenta, tendo em vista que nem toda água do músculo se congela. A porção não congelada parece aumentar à medida que aumenta o conteúdo de gordura do músculo (FLEMING, 1969).

Na Tabela 5 se encontram a média e o desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), conservadas congeladas e resfriadas e submetidas à cocção em água sem pressão por diferentes tempos.

**Tabela 5.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), conservadas congeladas e resfriadas e submetidas a diferentes tempos de cocção em água sem pressão.

Conservação	Variável	Tempo (min)				
		20	30	40	50	60
Congelada	PPC (%)	37,98 <sup>a</sup>	39,84 <sup>a,b</sup>	41,73 <sup>b</sup>	42,27 <sup>b</sup>	42,33 <sup>b</sup>
Resfriada		35,60 <sup>a</sup>	38,63 <sup>a,b</sup>	40,08 <sup>a,b</sup>	42,27 <sup>b</sup>	40,46 <sup>b</sup>
Congelada	CRA (%)	89,72 <sup>a,c</sup>	91,62 <sup>a,b,c</sup>	93,11 <sup>b</sup>	91,47 <sup>b,c</sup>	90,24 <sup>c</sup>
Resfriada		91,17 <sup>a</sup>	90,26 <sup>a</sup>	91,02 <sup>a</sup>	90,77 <sup>a</sup>	90,72 <sup>a</sup>
Congelada	pH	5,97 <sup>a</sup>	5,95 <sup>a</sup>	5,98 <sup>a</sup>	5,98 <sup>a</sup>	5,99 <sup>a</sup>
Resfriada		6,02 <sup>a</sup>	6,04 <sup>a</sup>	6,04 <sup>a</sup>	6,05 <sup>a</sup>	6,06 <sup>a</sup>
Congelada	FC (kgf)	5,19 <sup>a</sup>	4,45 <sup>a</sup>	3,05 <sup>b</sup>	2,89 <sup>b</sup>	2,60 <sup>b</sup>
Resfriada		6,38 <sup>a</sup>	3,96 <sup>b</sup>	2,90 <sup>b,c</sup>	2,27 <sup>c</sup>	1,96 <sup>c</sup>

n = 32; p<0,05.

OBS: valores com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as médias.

De acordo com a Tabela 5 observa-se que o tempo de cocção em água influenciou significativamente a PPC nas amostras congeladas e resfriadas, onde à medida que o tempo de cocção aumentou, ocorreu um aumento na perda de peso por cocção das amostras. Este aumento foi significativo para as amostras congeladas a partir dos 40 min de cocção, enquanto que para as amostras resfriadas, esta perda de peso foi significativa a partir dos 50 min.

Observando-se a Tabela 5, verifica-se que o tempo de cocção das amostras em água não afetou significativamente a CRA nas amostras resfriadas. No entanto, nas amostras congeladas, esse efeito foi estatisticamente significativo. As amostras congeladas apresentaram o ponto máximo de CRA no tempo de 40 minutos e a partir daí houve um decréscimo significativo nos demais tempos estudados. O incremento no tempo de cocção pode ocasionar danos nas estruturas celulares afetando negativamente a CRA.

De acordo com os resultados da Tabela 5, não foi observado um efeito significativo do tempo de cocção em água sobre o pH das amostras congeladas e resfriadas.

Com relação a FC, pode-se verificar que o tempo de cocção em água teve influência significativa sobre este parâmetro tanto para as amostras congeladas quanto para as resfriadas. A FC decresceu à medida que houve um aumento do tempo de cocção para ambas as amostras (Tabela 5). Nas amostras congeladas a diferença na FC foi significativa a partir de 40 minutos de cocção, enquanto que para as amostras resfriadas esse efeito significativo se deu a partir de 30 minutos de cocção. Observa-se também que os valores obtidos para a FC das amostras resfriadas foram inferiores quando comparadas com as amostras congeladas para todos os tempos estudados, com exceção do tempo inicial de cocção.

Watanabe e Devine (1996) concluíram que o efeito do pH final sobre a maciez da carne é exercido por meio de sua ação sobre as enzimas proteolíticas. Tanto a força de cisalhamento quanto a de adesão, como as respectivas medidas da contribuição das miofibrilas e do tecido conjuntivo para a dureza, diminuem à medida que o pH final aumenta (Tabela 5).

Na Tabela 6 encontram-se os valores das médias e desvios padrão da PPC, CRA, pH e FC das espécies de polvos (*O. vulgaris* e *O. insularis*) conservadas congeladas e resfriadas e submetidas ao processo de cocção em água sob pressão.

**Tabela 6.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), conservadas congeladas e resfriadas submetidas a diferentes tempos de cocção em água sob pressão.

Conservação	Variável	Tempo (min)				
		10	15	20	25	30
Congelada	PPC (%)	40,23 <sup>a</sup>	40,59 <sup>a</sup>	45,68 <sup>b</sup>	49,35 <sup>c</sup>	51,71 <sup>c</sup>
Resfriada		37,45 <sup>a</sup>	36,98 <sup>a</sup>	43,60 <sup>b</sup>	45,30 <sup>b</sup>	50,69 <sup>c</sup>
Congelada	CRA (%)	89,46 <sup>a</sup>	85,27 <sup>b</sup>	83,67 <sup>b,c</sup>	81,56 <sup>c</sup>	81,54 <sup>c</sup>
Resfriada		87,73 <sup>a</sup>	86,66 <sup>a,b</sup>	84,28 <sup>a,b</sup>	82,98 <sup>b</sup>	83,82 <sup>b</sup>
Congelada	pH	5,99 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>	5,97 <sup>a</sup>	6,03 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>
Resfriada		6,02 <sup>a</sup>	6,05 <sup>a</sup>	6,04 <sup>a</sup>	6,07 <sup>a</sup>	6,09 <sup>a</sup>
Congelada	FC (kgf)	2,17 <sup>a</sup>	1,48 <sup>a</sup>	1,95 <sup>a</sup>	2,22 <sup>a</sup>	2,41 <sup>a</sup>
Resfriada		1,66 <sup>a,b,c</sup>	1,19 <sup>a</sup>	1,50 <sup>a,b</sup>	1,75 <sup>b,c</sup>	2,07 <sup>c</sup>

n = 32; p < 0,05.

OBS: valores com letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença significativa entre as médias.

De acordo com a Tabela 6 observa-se que o tempo de cocção em água sob pressão afetou significativamente a PPC nas amostras congeladas e resfriadas, contribuindo para que houvesse um aumento na PPC à medida que o tempo de cocção aumentava. Este aumento foi significativo a partir de 20 min. de cocção. Outro fato observado é que apesar do maior tempo de cocção (30 min) das amostras sob pressão ter sido a metade do tempo de cocção em água (60 min), a PPC foi maior em aproximadamente 10% nas amostras cozidas sob pressão. Isto pode ter ocorrido devido aos maiores danos teciduais causados pela alta temperatura e pela pressão.

Pela Tabela 6, observa-se que o aumento do tempo de cocção em água sob pressão afetou significativamente a CRA das amostras submetidas as duas formas de conservação. No caso das amostras congeladas, o efeito do tempo de cocção foi significativo a partir dos 15 minutos, enquanto que nas amostras resfriadas, este efeito só foi significativo aos 25 minutos de cocção. Isto talvez se deva ao efeito do congelamento sobre a organização e/ou a distribuição estrutural, alterando a estrutura muscular de tal forma que prejudica a capacidade funcional das proteínas em reter a água.

Com relação ao pH (Tabela 6) não foi observado diferença significativa entre os tempos de cocção em água sob pressão nem para as amostras congeladas nem para as resfriadas. A estabilidade do pH das amostras pode ser explicada pelas alterações químicas nas proteínas da carne. Quando sujeitas à desidratação pelo calor a 80°C, há a perda de grupos acídicos livres, diminuição da CRA e aumento do pH à medida que a temperatura aumenta de 0°C a 80°C (LAWRIE, 2005).

Com relação à FC (Tabela 6), observa-se que o tempo de cocção em água sob pressão não afetou significativamente esse parâmetro quando as amostras tinham sido congeladas. A FC só foi afetada significativamente em alguns tempos estudados nas amostras resfriadas. Entretanto, quando se compara o tempo inicial com o tempo final de cocção, não se observa diferença significativa na FC para as amostras resfriadas.

O fato da cocção causar aumento ou diminuição da maciez depende de uma variedade de fatores, incluindo o tempo em que a carne atinge a temperatura de cocção e o tipo de músculo que está sendo considerado (LAWRIE, 2005).

Em geral, enquanto a cocção torna o tecido conjuntivo mais macio pela conversão do colágeno em gelatina, ele coagula e tende a endurecer as proteínas miofibrilares. Esses efeitos dependem do tempo e da temperatura, sendo o primeiro mais importante para o amaciamento do colágeno e o último, mais crítico para o endurecimento miofibrilar. A cocção de carne com

muito tecido conjuntivo por tempo prolongado e em temperaturas relativamente baixas possui reações inversas as usuais. Os efeitos amaciantes da cocção prolongada são adicionais aos da maturação (DAVEY; NIEDERER; GRAAFHUIS, 1976).

A desnaturação pode ser definida como um rearranjo físico ou intramolecular que não envolve hidrólise das ligações químicas entre os aminoácidos das cadeias polipeptídicas das proteínas. Ela é geralmente acompanhada por um aumento na reatividade de vários grupos químicos, perda na atividade biológica (nas proteínas que são enzimas ou hormônios), mudança na forma molecular ou no tamanho e decréscimo na solubilidade. Durante o acondicionamento *post mortem*, as proteínas podem desnaturar se submetidas a valores de pH inferiores àqueles *in vivo*, temperaturas acima de 25°C ou abaixo de 0°C, dessecação e concentrações não-fisiológicas de sal (LAWRIE, 2005). Isso pode explicar a diferença entre os resultados das amostras conservadas congeladas e resfriadas (Tabelas 5 e 6).

#### 4.2. Efeito do tipo de cocção sobre o aspecto do polvo

A **Figura 1** mostra o efeito das diferentes formas de cocção sobre as amostras de polvos. Pode-se observar que houve diferenças macroscópicas entre elas, sendo que as amostras submetidas a cocção em água sob pressão (B) apresentaram mais danos estruturais quando comparadas com as amostras cozidas em água sem pressão. (A).

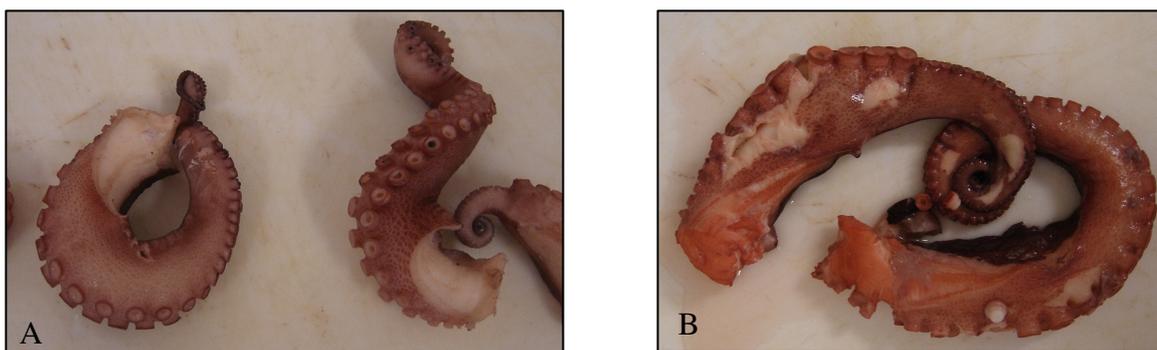


Figura 1. Amostras de polvo (*Octopus vulgaris* e *Octopus insularis*) submetidas a processos de cocção distintos. **A** – amostra cozida em água sem pressão; **B** – amostra cozida em água sob pressão.

### 4.3 Efeito das espécies de polvo

Na Tabela 7 estão apresentados média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), conservadas congeladas e resfriadas e submetidas à cocção em água sem pressão.

**Tabela 7.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), conservadas congeladas e resfriadas e submetidas à cocção em água sem pressão.

Conservação	Variável	<i>O. vulgaris</i>	<i>O. insularis</i>
Congelada	PPC (%)	41,64 ± 4,63 <sup>aA</sup>	40,12 ± 3,79 <sup>bA</sup>
Resfriada		39,75 ± 8,84 <sup>aA</sup>	39,07 ± 4,91 <sup>aA</sup>
Congelada	CRA (%)	90,34 ± 4,27 <sup>aA</sup>	92,02 ± 4,04 <sup>bA</sup>
Resfriada		90,84 ± 5,19 <sup>aA</sup>	90,74 ± 5,18 <sup>aA</sup>
Congelada	pH	5,96 ± 0,08 <sup>aA</sup>	5,99 ± 0,16 <sup>aA</sup>
Resfriada		6,04 ± 0,11 <sup>aB</sup>	6,04 ± 0,07 <sup>aB</sup>
Congelada	FC (kgf)	3,65 ± 2,24 <sup>aA</sup>	3,62 ± 2,20 <sup>aA</sup>
Resfriada		3,47 ± 2,66 <sup>aA</sup>	3,52 ± 1,93 <sup>aA</sup>

n = 80; p < 0,05.

OBS<sub>1</sub>: Valores com letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam que houve diferença significativa entre as médias.

OBS<sub>2</sub>: Valores com letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam que houve diferença significativa entre as médias.

A forma de conservação não influenciou estatisticamente a PPC, CRA e FC nas duas espécies de polvo estudadas submetidas à cocção em água sem pressão (Tabela 7) porém, este efeito foi significativo sobre o pH.

De acordo com a Tabela 7, observa-se que a espécie influenciou estatisticamente a PPC e CRA, nas amostras conservadas congeladas. Nas amostras conservadas resfriadas não se

observou diferença significativa entre as espécies. Verificou-se ainda que a espécie *O. vulgaris* apresentou uma perda de peso por cocção significativamente maior quando comparada com a espécie *O. insularis*. Isso sugere que a espécie *O. insularis* apresenta uma distribuição estrutural mais avançada, fazendo com que o processo de cocção altere em menor grau o seu processo de perda de peso quando comparado com *O. vulgaris*.

Na Tabela 8 estão apresentados a média e o desvio padrão da PPC, CRA, pH e FC das espécies de polvo (*O. vulgaris* e *O. insularis*) conservadas sob congeladas e resfriadas e submetidas à cocção em água sob pressão

**Tabela 8.** Média e desvio padrão da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), conservadas sob congeladas e resfriadas submetidas à cocção em água sob pressão.

Conservação	Variável	<i>O. vulgaris</i>	<i>O. insularis</i>
Congelada	PPC (%)	46,49 ± 5,85 <sup>aA</sup>	44,61 ± 5,98 <sup>bA</sup>
Resfriada		42,71 ± 8,58 <sup>aB</sup>	42,90 ± 9,26 <sup>aA</sup>
Congelada	CRA (%)	83,43 ± 5,37 <sup>aA</sup>	85,11 ± 6,15 <sup>aA</sup>
Resfriada		84,98 ± 6,28 <sup>aA</sup>	85,21 ± 5,00 <sup>aA</sup>
Congelada	pH	5,99 ± 0,09 <sup>aA</sup>	6,02 ± 0,13 <sup>aA</sup>
Resfriada		6,06 ± 0,11 <sup>aB</sup>	6,05 ± 0,07 <sup>aA</sup>
Congelada	FC (kgf)	1,82 ± 0,76 <sup>aA</sup>	2,26 ± 1,79 <sup>bA</sup>
Resfriada		1,55 ± 0,69 <sup>aB</sup>	1,72 ± 0,88 <sup>aB</sup>

n = 80; p < 0,05.

OBS<sub>1</sub>: Valores com letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam que houve diferença significativa entre as médias.

OBS<sub>2</sub>: Valores com letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam que houve diferença significativa entre as médias.

Nas amostras submetidas à cocção em água sob pressão as espécies de polvo influenciaram estatisticamente a PPC e a FC das amostras congeladas (Tabela 8).

De acordo com a Tabela 8, observa-se que a espécie *O. vulgaris* apresentou-se mais sensível ao forma de conservação, visto que as amostras congeladas apresentaram valores significativamente diferentes de PPC, pH e FC quando comparados com os das amostras resfriadas. Na espécie *O. insularis*, somente a FC foi influenciada significativamente pela forma de conservação.

A espécie *O. vulgaris* apresentou uma perda de peso por cocção significativamente maior quando comparada com a espécie *O. insularis* quando conservadas congeladas.

No caso das amostras conservadas resfriadas não se observou diferença significativa entre as espécies de polvo analisadas.

A espécie *O. insularis* conservadas congeladas apresentaram menor PPC e maior CRA quando comparada com a outra espécie analisada, o que nos leva a crer que a estrutura tecidual da espécie *O. insularis* apresenta-se com melhor organização e é menos suscetível a variações pela forma de conservação quando comparada com a espécie *O. vulgaris*.

Na Tabela 9 podem ser encontradas as médias da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), submetidas a diferentes tempos de cocção em água sem pressão.

**Tabela 9.** Média da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), submetidas a diferentes tempos de cocção em água sem pressão.

Variável	Espécies	Tempo (min)				
		20	30	40	50	60
PPC (%)	<i>O. vulgaris</i>	37,30 <sup>a</sup>	39,71 <sup>a,b</sup>	41,54 <sup>a,b,c</sup>	42,74 <sup>b,c</sup>	42,25 <sup>b,c</sup>
	<i>O. insularis</i>	36,27 <sup>a</sup>	38,75 <sup>a,b</sup>	40,35 <sup>b</sup>	41,86 <sup>b</sup>	40,59 <sup>b</sup>
CRA (%)	<i>O. vulgaris</i>	90,38 <sup>a</sup>	90,37 <sup>a</sup>	92,25 <sup>a</sup>	90,16 <sup>a</sup>	89,87 <sup>a</sup>
	<i>O. insularis</i>	90,51 <sup>a</sup>	91,52 <sup>a</sup>	91,90 <sup>a</sup>	91,97 <sup>a</sup>	91,06 <sup>a</sup>
pH	<i>O. vulgaris</i>	5,99 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>	6,01 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>
	<i>O. insularis</i>	6,00 <sup>a</sup>	5,99 <sup>a</sup>	6,01 <sup>a</sup>	6,03 <sup>a</sup>	6,04 <sup>a</sup>
FC (kgf)	<i>O. vulgaris</i>	6,34 <sup>a</sup>	4,21 <sup>b</sup>	2,72 <sup>c</sup>	2,31 <sup>c</sup>	2,04 <sup>c</sup>
	<i>O. insularis</i>	5,22 <sup>a</sup>	4,20 <sup>a,b</sup>	3,21 <sup>b,c</sup>	2,82 <sup>c</sup>	2,51 <sup>c</sup>

p-valor < 0,05.

OBS: valores com letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença significativa entre as médias.

De acordo com a Tabela 9, observa-se que o tempo de cocção em água afetou significativamente a PPC ( $p < 0,05$ ) nas duas espécies de polvo, a PPC aumentou à medida que houve um aumento no tempo de cocção. Esta diferença foi significativa a partir dos 50 minutos de cocção para a espécie *O. vulgaris* e 40 minutos para a espécie *O. insularis*. No entanto, para a *O. insularis*, a PPC foi mais reduzida, e isto talvez se deva a alguma diferença na característica desta espécie.

Não foram observadas diferenças significativas na CRA e no pH das amostras submetidas à cocção em água em ambas as espécies.

Por outro lado, o tempo de cocção das amostras influenciou significativamente na FC das espécies estudadas. Foi observada uma diminuição na FC com o aumento do tempo de cocção (Tabela 9). Na espécie *O. vulgaris* a diferença significativa na FC foi observada a partir dos 30 minutos de cocção, enquanto na espécie *O. insularis* a diferença significativa foi observada a partir dos 40 minutos de cocção.

De acordo com Hurtado, Montero, Borderías (2001), para se obter uma ótima textura na carne de polvo, é necessário uma cocção de 45 minutos, entretanto se observa uma perda de

peso de 50% aproximadamente. Ao contrário do apresentado pelos autores acima, o melhor resultado obtido para a FC neste estudo foi no tempo de 40 minutos, visto não haver diferença significativa na FC entre os tempos 40, 50 e 60 min para ambas as espécies.

Em relação ao tratamento térmico em água, muitos pesquisadores não conseguiram explicar as propriedades mecânicas da temperatura sobre o músculo de polvo. Entretanto, alguns autores têm estudado o processo de amolecimento do manto de cefalópodes e consideraram que a explicação para este fato se dá pela solubilização e gelatinização do colágeno e pela desnaturação, desidratação e modificações das fibras musculares (KUGINO; KUGINO, 1994).

Na Tabela 10 encontram-se as médias da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), submetidas a diferentes tempos de cocção em água sob pressão.

**Tabela 10.** Média da perda de peso por cocção (PPC), da capacidade de retenção de água (CRA), do pH e da força de cisalhamento (FC) das espécies de polvo (*Octopus vulgaris* e *O. insularis*), submetidas a diferentes tempos de cocção em água sob pressão.

Variável	Espécies	Tempo (min)				
		10	15	20	25	30
PPC (%)	<i>O. vulgaris</i>	38,90 <sup>a</sup>	38,96 <sup>a</sup>	44,69 <sup>b</sup>	48,19 <sup>b,c</sup>	51,73 <sup>c</sup>
	<i>O. insularis</i>	38,78 <sup>a</sup>	38,62 <sup>a</sup>	44,59 <sup>b</sup>	46,46 <sup>b,c</sup>	50,68 <sup>c</sup>
CRA (%)	<i>O. vulgaris</i>	88,42 <sup>a</sup>	85,99 <sup>b</sup>	84,05 <sup>b,c</sup>	81,37 <sup>c</sup>	81,44 <sup>c</sup>
	<i>O. insularis</i>	88,76 <sup>a</sup>	85,94 <sup>a,b</sup>	83,91 <sup>b</sup>	83,17 <sup>b</sup>	83,92 <sup>b</sup>
pH	<i>O. vulgaris</i>	6,00 <sup>a</sup>	6,03 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>	6,04 <sup>a</sup>	6,06 <sup>a</sup>
	<i>O. insularis</i>	6,01 <sup>a</sup>	6,02 <sup>a</sup>	6,02 <sup>a</sup>	6,06 <sup>a</sup>	6,06 <sup>a</sup>
FC (Kgf)	<i>O. vulgaris</i>	1,33 <sup>a</sup>	1,55 <sup>a</sup>	1,91 <sup>a,b</sup>	2,06 <sup>b</sup>	2,04 <sup>c</sup>
	<i>O. insularis</i>	1,34 <sup>a</sup>	1,89 <sup>a,b</sup>	2,06 <sup>a,b</sup>	2,42 <sup>b</sup>	2,51 <sup>c</sup>

p < 0,05.

OBS: valores com letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença significativa entre as médias.

De acordo com a Tabela 10, observa-se que houve diferença significativa na PPC, na CRA e na FC das amostras de polvo submetidas à cocção sob pressão. A PPC e a FC aumentaram, enquanto a CRA reduziu à medida que houve um aumento no tempo de cocção.

À medida que aumentou o tempo de cocção em água sob pressão, aumentou a PPC em ambas as espécies (Tabela 10), e este aumento foi significativo a partir de 20 minutos de cocção. Isto pode ser explicado uma vez que com o aumento do tempo de cocção é esperado que haja maiores danos nas propriedades estruturais dos tecidos, ocasionando assim uma maior liberação de água.

A perda de peso por cocção aumentou, provavelmente pelas alterações espaciais e conformacionais do tecido muscular, produzidas pela desnaturação das proteínas miofibrilares e do tecido conjuntivo. A redução do espaço interfibrilar do músculo altera a CRA do músculo (HURTADO; MONTERO; BORDERÍAS, 2001).

Observa-se que o tempo de cocção em água sob pressão afetou significativamente a CRA das espécies estudadas. O decréscimo na CRA foi significativo a partir de 15 minutos de cocção para a espécie *O. vulgaris* e 20 minutos para a espécie *O. insularis* (Tabela 10). No entanto, observou-se que o decréscimo da CRA foi mais acentuado na espécie *O. vulgaris* em comparação com a outra espécie.

A extensão do gotejamento de fluido é determinada por diversos fatores os quais determinam a quantidade na qual o fluido, uma vez formado, irá de fato sair da carne. Entre esses estão o tamanho e a forma das peças de carne (em particular, a proporção entre a superfície de corte e o volume), a orientação da superfície de corte em relação ao eixo da fibra muscular, a prevalência de grandes vasos sanguíneos e a relativa tendência de ocorrer à evaporação ou a condensação na câmara de descongelamento (LAWRIE, 2005). Dado que os comprimento e o peso dos braços das amostras apresentaram homogeneidade, supõe-se que as alterações são devidas ao processo de cocção e a fatores da espécie estudada.

Foi observado também que o pH das espécies estudadas não sofreu influencia significativa do tempo de cocção em água sob pressão (Tabela 10).

Com relação à FC, foi observado um aumento significativo deste parâmetro nas duas espécies à medida que houve aumento no tempo de cocção em água sob pressão (Tabela 10).

Os fatores que afetam a perda por exsudação ou pela secagem de carne não cozida também se aplicam a CRA da carne cozida, sendo mantidas as diferenças relativas no aquecimento. Entretanto, as perdas devidas ao encolhimento durante a cocção serão maiores em extensão determinada por circunstâncias externas como método, tempo e temperatura de

cozimento. Esse fato pode ser constatado nas Tabelas 9 e 10, conforme aumenta o tempo de cozimento, ocorre o aumento da PPC e diminuição na CRA e FC, uma vez que as altas temperaturas envolvidas causam desnaturação das proteínas e diminuição considerável na capacidade de retenção de água. Mais ainda, algum encolhimento ou perda de suco na cozimento irá representar o fluido não aquoso, uma vez que as altas temperaturas irão fundir a gordura com tendência para a destruição das estruturas ali mantidas (LAWRIE, 2005).

Alguns autores têm sugerido um aumento na dureza da carne com um aumento na pressão da cozimento, relatando que o aumento é concomitante com a aparente formação de novas estruturas protéicas pelo processo de cozimento sob pressão, como por exemplo, as pontes de hidrogênio (ANGSUPANICH, EDDE, LEDWARD, 1999). Outros estudos demonstram que o efeito da pressão sobre as proteínas é interdependente, um aumento na pressão induz a hidrólise das proteínas. Este fato foi o que provavelmente aconteceu neste estudo, visto que a FC não teve um comportamento regular à medida que o tempo de cozimento aumentou, havendo um declínio e crescimento ao longo do tempo de cozimento.

A estabilidade do colágeno sob altas temperaturas resulta em uma estabilização das pontes de hidrogênio após a pressurização, podendo ter um efeito protetor da miosina e colágeno, tendendo a dureza do músculo. Porém, com temperaturas acima de 75°C, o efeito protetor da pressão é perdido, e a temperatura, passa a agir drasticamente, alterando tanto as proteínas miofibrilares, quanto o colágeno, induzindo as alterações de textura do músculo (HURTADO; MONTERO; BORDERÍAS, 2001).

#### **4.4 Correlações entre os parâmetros analisados**

A Tabela 11 apresenta a correlação entre a perda de peso por cozimento (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras conservadas congeladas e submetidas à cozimento em água sem pressão.

**Tabela 11.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo conservadas congeladas e submetidas à cocção em água sem pressão, independentemente da espécie.

	<b>PPC (%)</b>	<b>CRA (%)</b>	<b>pH</b>
<b>PPC (%)</b>	-	20,0%	-9,6%
<b>CRA (%)</b>	20,0%	-	11,8%
<b>pH</b>	-9,6%	11,8%	-
<b>FC (kgf)</b>	-23,6%	-10,8%	-9,2%

n= 80; p < 0,05.

A Tabela 12 apresenta a correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras conservadas congeladas e submetidas à cocção em água sob pressão.

**Tabela 12.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo conservadas congeladas e submetidas à cocção em água sob pressão, independentemente da espécie.

	<b>PPC (%)</b>	<b>CRA (%)</b>	<b>pH</b>
<b>PPC (%)</b>	-	-18,9%	8,1%
<b>CRA (%)</b>	-18,9%	-	22,4%
<b>pH</b>	8,1%	22,4%	-
<b>FC (kgf)</b>	6,2%	-8,7%	-9,8%

n= 80; p < 0,05.

A Tabela 13 apresenta a correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras conservadas resfriadas submetidas à cocção em água sem pressão.

**Tabela 13.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo conservadas resfriadas e submetidas à cocção em água sem pressão, independentemente da espécie.

	<b>PPC (%)</b>	<b>CRA (%)</b>	<b>pH</b>
<b>PPC (%)</b>	-	11,9%	10,6%
<b>CRA (%)</b>	11,9%	-	26,8%
<b>pH</b>	10,6%	26,8%	-
<b>FC (kgf)</b>	-23,3%	4,3%	-16,2%

n= 80; p < 0,05.

A Tabela 14 apresenta a correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras conservadas resfriadas submetidas à cocção em água sob pressão.

**Tabela 14.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo conservadas resfriadas e submetidas à cocção em água sob pressão, independentemente da espécie.

	<b>PPC (%)</b>	<b>CRA (%)</b>	<b>pH</b>
<b>PPC (%)</b>	-	-16,8%	10,5%
<b>CRA (%)</b>	-16,8%	-	-9,5%
<b>pH</b>	10,5%	-9,5%	-
<b>FC (kgf)</b>	19,6%	2,1%	-7,5%

n= 80; p < 0,05.

A Tabela 15 apresenta a correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras de *O. vulgaris* independente da forma de conservação e submetida à cocção em água sem pressão.

**Tabela 15.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo da espécie *Octopus vulgaris* submetidas à cocção em água, independentemente da forma de conservação.

	<b>PPC (%)</b>	<b>CRA (%)</b>	<b>pH</b>
<b>PPC (%)</b>	-	9,6%	5,0%
<b>CRA (%)</b>	9,6%	-	19,9%
<b>pH</b>	5,0%	19,9%	-
<b>FC (kgf)</b>	-26,2%	-2,7%	-12,7%

n= 80; p < 0,05.

A Tabela 16 apresenta a correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras de *O. vulgaris* independente a forma de conservação e submetida à cocção em água sob pressão.

**Tabela 16.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo da espécie *Octopus vulgaris* submetidas à cocção em água sob pressão, independentemente da forma de conservação.

	<b>PPC (%)</b>	<b>CRA (%)</b>	<b>pH</b>
<b>PPC (%)</b>	-	-30,9%	-0,5%
<b>CRA (%)</b>	-30,9%	-	-1,0%
<b>pH</b>	-0,5%	-1,0%	-
<b>FC (kgf)</b>	31,0%	-25,1%	-12,6%

n= 80; p < 0,05.

A Tabela 17 apresenta a correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras de *O. insularis* independente da forma de conservação e submetida à cocção em água sem pressão.

**Tabela 17.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo da espécie *Octopus insularis* submetidas à cocção em água, independentemente da forma de conservação.

	<b>PPC (%)</b>	<b>CRA (%)</b>	<b>pH</b>
<b>PPC (%)</b>	-	26,4%	-9,9%
<b>CRA (%)</b>	26,4%	-	12,4%
<b>pH</b>	-9,9%	12,4%	-
<b>FC (kgf)</b>	-16,0%	-1,6%	-12,5%

n= 80; p <0,05.

A Tabela 18 apresenta a correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras de *O. insularis* independente da forma de conservação e submetida à cocção em água sob pressão.

**Tabela 18.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo da espécie *Octopus insularis* submetidas à cocção em água sob pressão, independentemente da forma de conservação.

	<b>PPC (%)</b>	<b>CRA (%)</b>	<b>pH</b>
<b>PPC (%)</b>	-	-5,0%	9,7%
<b>CRA (%)</b>	-5,0%	-	20,2%
<b>pH</b>	9,7%	20,2%	-
<b>FC (kgf)</b>	7,8%	1,6%	-15,2%

n= 80; p < 0,05.

A Tabela 19 apresenta a correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo, independente da espécie e da forma de conservação, submetidas à cocção em água sem pressão.

**Tabela 19.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras submetidas à cocção em água sem pressão, independentemente da espécie e da forma de conservação.

	<b>PPC (%)</b>	<b>CRA (%)</b>	<b>pH</b>
<b>PPC (%)</b>	-	-14,8%	-2,3%
<b>CRA (%)</b>	14,8%	-	15,9%
<b>pH</b>	-2,3%	15,9%	-
<b>FC (kgf)</b>	-22,3%	-2,1%	-12,3%

n= 80; p < 0,05.

A Tabela 20 apresenta a correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras de polvo, independente da espécie e da forma de conservação, submetidas à cocção em água sob pressão.

**Tabela 20.** Correlação entre a perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), pH e força de cisalhamento (FC) nas amostras submetidas à cocção em água sob pressão, independentemente da espécie e da forma de conservação.

	<b>PPC (%)</b>	<b>CRA (%)</b>	<b>pH</b>
<b>PPC (%)</b>	-	-18,2%	4,4%
<b>CRA (%)</b>	-18,2%	-	9,5%
<b>pH</b>	4,4%	9,5%	-
<b>FC (kgf)</b>	13,8%	-5,9%	-12,8%

n= 160; p < 0,05.

De acordo com as Tabelas 11 a 20, observa-se que não houve correlação significativa entre os parâmetros analisados, independente da espécie, forma de conservação ou modo de cocção.

A Tabela 21 apresenta a correlação entre a força de cisalhamento (FC), o comprimento e o diâmetro dos braços das amostras.

**Tabela 21.** Correlação entre a força de cisalhamento, (FC), diâmetro e tamanho dos braços, independentemente da forma de conservação, cocção e espécie.

	<b>Força de cisalhamento</b>
<b>Comprimento dos braços</b>	-21,6%
<b>Diâmetro</b>	20,5%

n= 320; p < 0,05.

Independentemente da forma de conservação e do tipo de cocção, não houve correlação significativa entre os parâmetros analisados.

#### 4.5 Avaliação histológica

A **Figura 2** apresenta fotomicrografias de secções de cortes transversais de braço de polvo *Octopus vulgaris* conservadas congeladas e submetidas à cocção em água sem pressão.

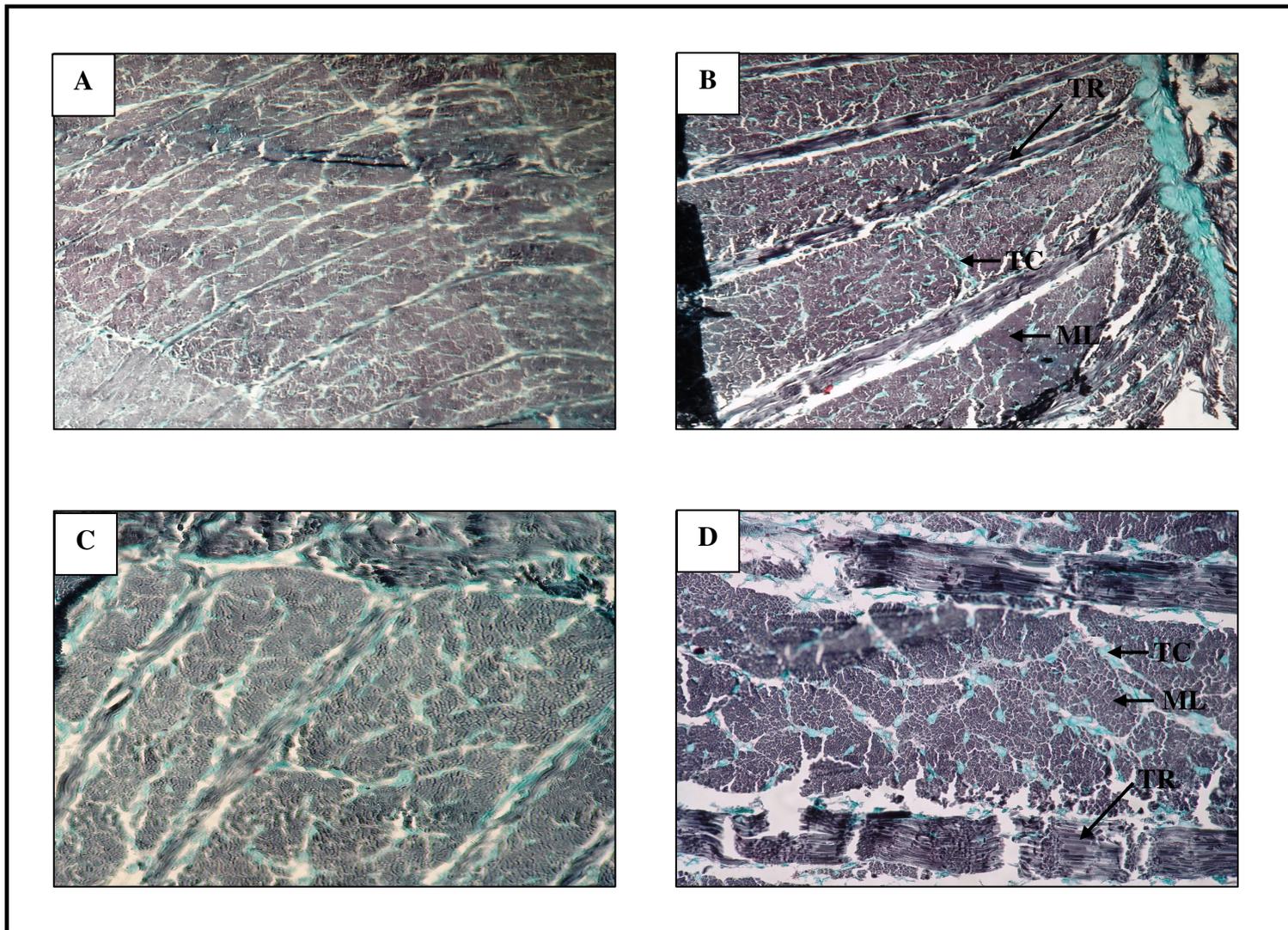


Figura 2. Fotomicrografias de secções transversais do braço de *Octopus vulgaris* conservadas congeladas e submetidas à cocção em água sem pressão. **A** - Amostra submetida à cocção por 20 min (aumento de 12,5x); **B** - Amostra submetida à cocção por 60 min (aumento de 12,5x). **C** - Amostra submetida à cocção por 20 min (aumento de 25x); **D** - Amostra submetida à cocção por 60 min (aumento de 25x). Coloração Tricrômico de Mallory. TC – Tecido conjuntivo, ML – Músculo longitudinal, TR – trabécula.

De acordo com a Figura 2, pode-se observar que existem diferenças estruturais entre as amostras submetidas à cocção em água sem pressão A e C (20 min) e com o acréscimo do tempo B e D (60 min).

Amostras submetidas à cocção por um período mais prolongado apresentaram maior distensão entre as fibras musculares, além de uma desorganização entre elas. Isso não aconteceu nas amostras submetidas à cocção por 20 min, trabéculas e fibras apresentam-se bem definidas, o que levaria a uma maior resistência à mastigação, devido a uma organização com maior consistência.

Outra diferença que pode ser observada entre as imagens das amostras submetidas aos dois métodos de cocção por 20 min refere-se aos espaços interfibrilares. Estes espaços são preenchidos por colágeno e com o aumento do tempo de cocção, ocorreu um distanciamento entre eles, com perda de colágeno interfibrilar, mais uma explicação para o aumento da maciez da carne entre as amostras.

O tempo de cocção ocasionou a quebra das trabéculas, como pode ser visto na Figura 2 D, onde as trabéculas são fibras musculares envoltas por tecido conjuntivo, responsáveis pela organização estrutural da carne.

A **Figura 3** apresenta fotomicrografias de secções de cortes transversais de braço de polvo *Octopus insularis* conservadas resfriadas e submetidas à cocção em água sem pressão.

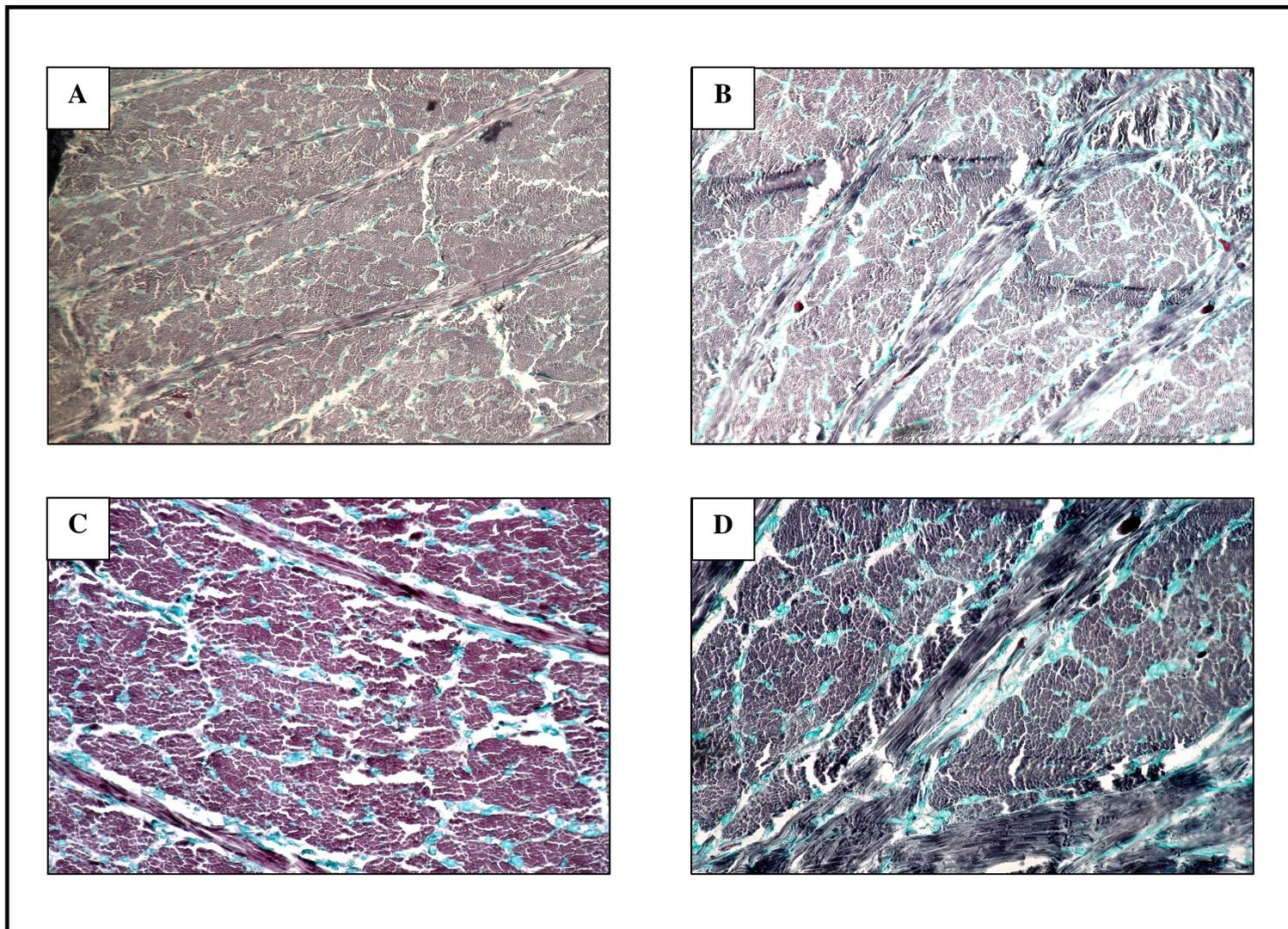


Figura 3. Fotomicrografias de secções transversais do braço de *Octopus insularis* conservadas resfriadas e submetidas à cocção em água sem pressão. **A** - Amostra submetida à cocção por 20 min (aumento de 12,5x); **B** - Amostra submetida à cocção por 60 min (aumento de 12,5x). **C** - Amostra submetida à cocção por 20 min (aumento de 25x); **D** - Amostra submetida à cocção por 60 min (aumento de 25x). Coloração Tricrômico de Mallory.

Pela Figura 3 pode-se observar que além das alterações estruturais nos feixes, nas fibras musculares e no espaço interfibrilar houve um aumento na espessura das trabéculas musculares nas amostras submetidas a um período de cocção mais prolongado. Isso pode ser explicado pelo aumento dos espaços interfibrilares, ocasionado pela ação dessa força de

expansão sobre o músculo longitudinal, favorecendo uma diminuição da coesividade da carne e um aumento da perda de peso da carne por cocção, como pode se observado na Tabela 9.

Além disso, a Figura 3 explica o motivo de haver um aumento na PPC conforme aumenta o tempo de cocção, não apresentando variações significativas entre os tempos no que diz respeito a CRA das amostras. Mudanças na distribuição da água entre o ambiente intracelular e os espaços extracelulares também podem ser fatores adicionais àqueles da contração miofibrilar e da natureza e orientação do tecido conjuntivo, como determinantes na maciez (CURRIE; WOLFE, 1980).

Embora a conversão do colágeno em gelatina a 100 °C aumente a CRA (HAMM, 1961), esta força é compensada pelas alterações intensas que ocorrem nas proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares. No caso deste estudo, observou-se um equilíbrio entre estas duas forças antagonistas, explicando o motivo pelo qual a CRA não alterou ao longo do processo de cocção, mas somente a FC.

Com base nas observações, de Bendall; Restall (1983), o comportamento de um pedaço de carne de gado cozida poderia ser explicado em quatro estágios. Primeiramente ocorre perda lenta de fluido das miofibras constituintes para dentro dos espaços extracelulares, à medida que as proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares desnaturam entre 40°C e 53°C, não ocorrendo encurtamento concomitante. Em segundo lugar, ocorre rápida perda de fluido pelas miofibrilas à medida que a temperatura aumenta para 60°C enquanto o colágeno da membrana basal encolhe pelo calor. Em terceiro lugar, ocorre encolhimento pelo calor, dos colágenos endomisal, perimisal e epimisal, entre 64°C e 90°C, havendo muito encolhimento, diminuição do diâmetro das miofibras e aumento das perdas por cozimento. Finalmente, durante o aquecimento prolongado, há a conversão dos colágenos epimisal e então, dos endomisal e perimisal em gelatina com o concomitante amaciamento e diminuindo com isso a FC, conforme demonstrado na Tabela 9.

Seguindo-se ao encolhimento no cozimento, as fibras musculares são mantidas juntas pelo colágeno perimisal desnaturado, cuja força depende da proporção das suas ligações cruzadas termoestáveis. Em temperaturas mais altas, atingidas durante o cozimento prolongado, a FC diminui, provavelmente devido à clivagem das ligações peptídicas e das ligações cruzadas maduras, especialmente as primeiras (BAILEY, SIMS, 1977).

A **Figura 4** apresenta as fotomicrografias de secções de cortes transversais do braço do polvo *Octopus vulgaris* conservadas congeladas e submetidas à cocção em água sob pressão.

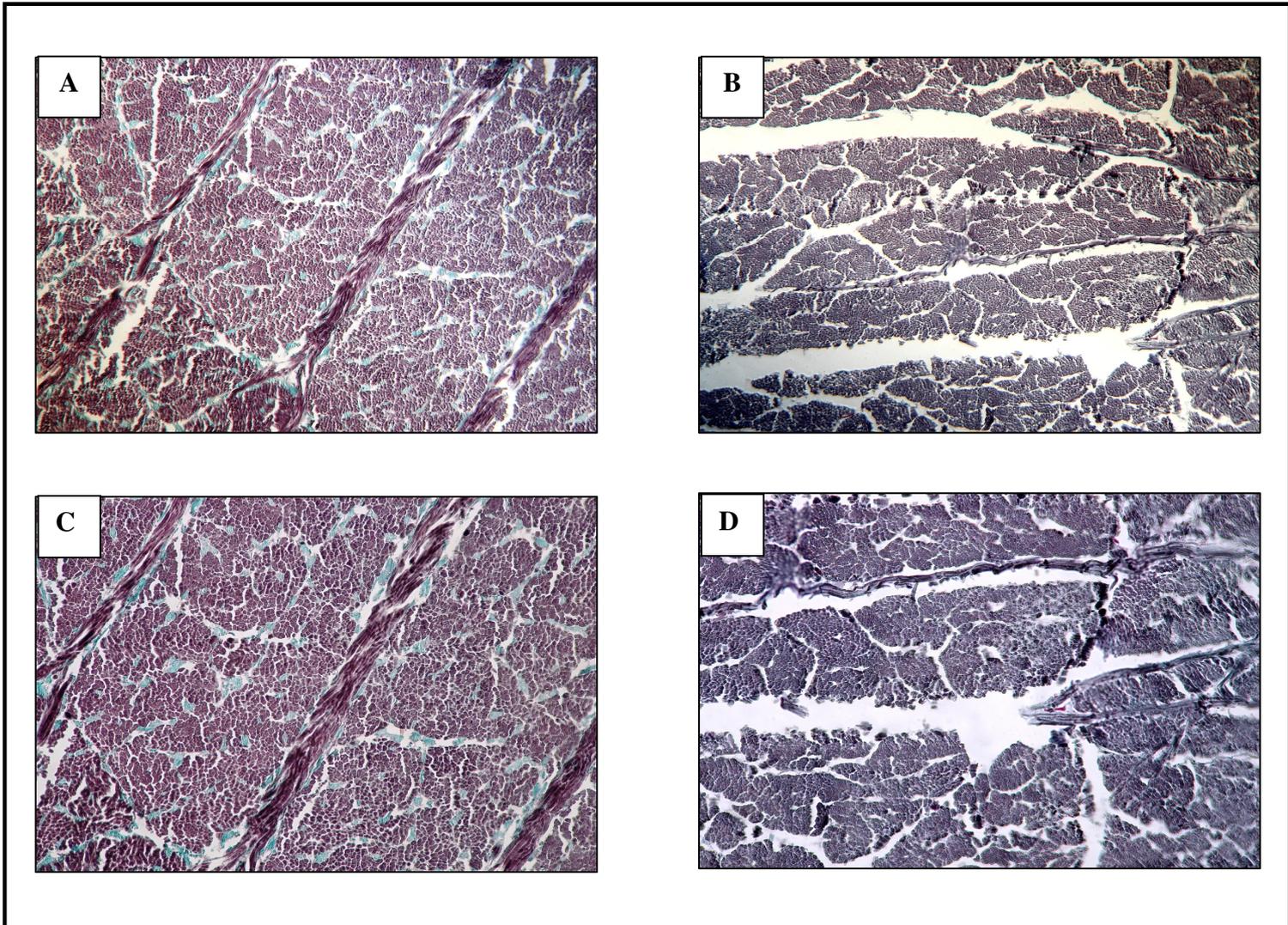


Figura 4. Fotomicrografias de secções transversais do braço de *Octopus vulgaris* conservadas congeladas e submetidas à cocção em água sob pressão. **A** - Amostra submetida à cocção por 10 min (aumento de 12,5x); **B** - Amostra submetida à cocção por 30 min (aumento de 12,5x). **C** - Amostra submetida à cocção por 10 min (aumento de 25x); **D** - Amostra submetida à cocção por 30 min (aumento de 25x). Coloração Tricrômico de Mallory.

Observando a Figura 4 verifica-se que houve diferenças entre as estruturas das amostras submetidas à cocção sob pressão por 10 e 30 min. Nas amostras submetidas à cocção por 10 min observa-se que a organização histológica está intacta, sem alterações perspectivas, feixes musculares organizados, tecido conjuntivo e trabéculas intactas. Entretanto, nas amostras

submetidas à cocção por um período mais prolongado, ocorreu uma intensa desorganização histológica, com aumento dos espaços interfibrilares e lise das trabéculas.

A **Figura 5** apresenta fotomicrografias de cortes de seções transversais de braço de polvo *Octopus insularis* conservadas resfriadas e submetidas à cocção em água sob pressão.

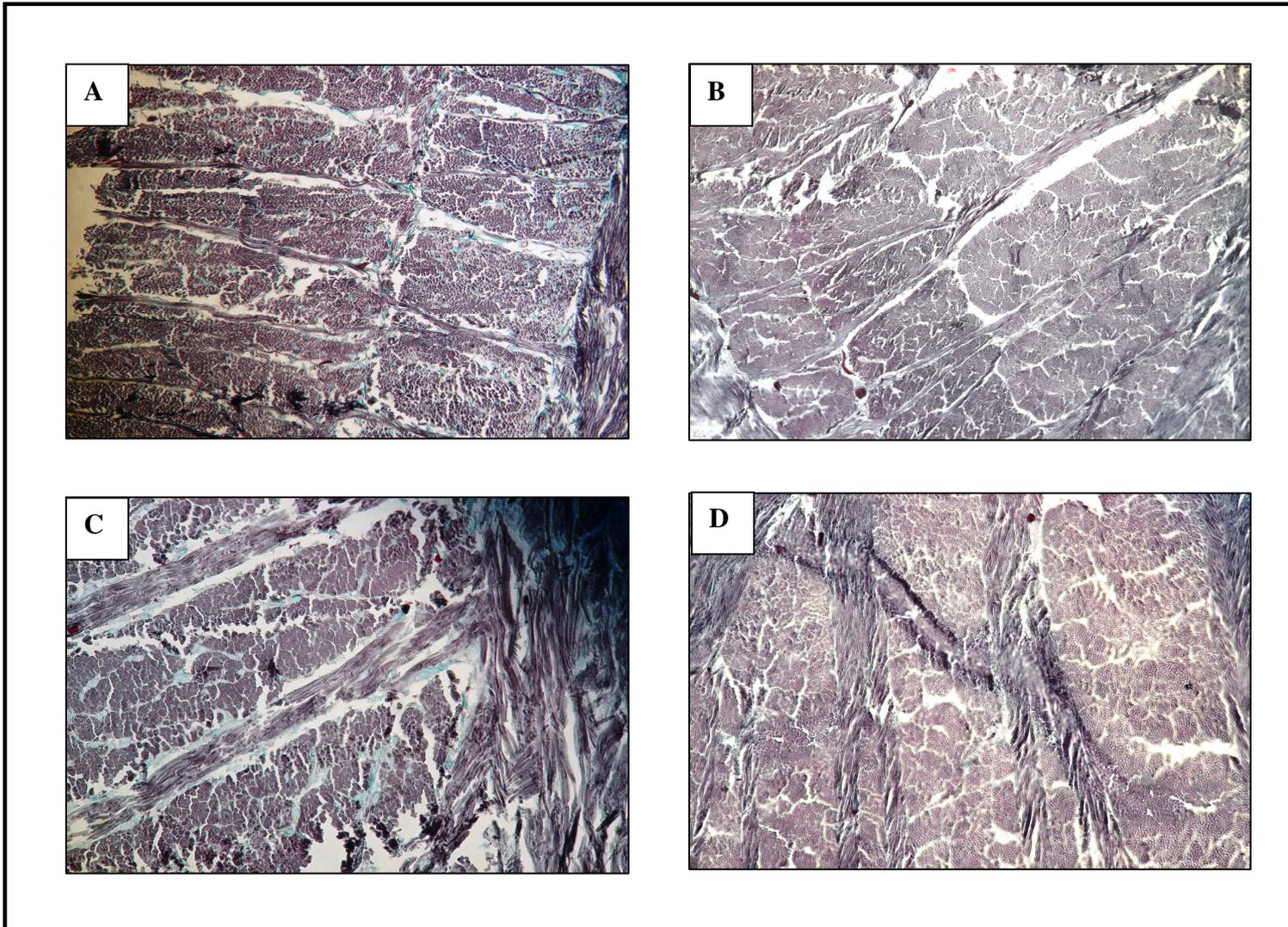


Figura 5. Fotomicrografias de seções transversais do braço de *Octopus insularis* conservadas resfriadas e submetidas à cocção em água sob pressão. **A** - Amostra submetida à cocção por 10 min (aumento de 12,5x); **B** - Amostra submetida à cocção por 30 min (aumento de 12,5x). **C** - Amostra submetida à cocção por 10 min (aumento de 25x); **D** - Amostra submetida à cocção por 30 min (aumento de 25x). Coloração Tricrômico de Mallory.

Apesar do aumento dos espaços interfibrilares e da lise das trabéculas, as fibras musculares não foram muito alteradas com o aumento do tempo de cocção das amostras sob pressão (Figura 5).

Foi observada uma diminuição na CRA das amostras com o aumento do tempo de cocção. Isto talvez possa ser explicado pelo fluido dos miofilamentos que foi liberado, durante o processo de cocção, que diluiu o sarcoplasma, diminuindo a pressão osmótica intracelular e por meio disso, aumentando o espaço extracelular. A diminuição da capacidade de retenção de água parece ser causada principalmente pelas mudanças na relação íons-proteínas, havendo nítido aumento na carga por meio da absorção de íons  $K^+$  e liberação de íons  $Ca^{++}$  (LAWRIE, 2005).

O aumento do pH das amostras (independentemente da espécie estudada), conforme observado na Tabela 10, explica em parte a variação da CRA das amostras analisadas. O potencial de extração das proteínas miofibrilares é afetado pelo pH final do músculo, tendendo a apresentar maior potencial de extração a um pH final alto. Essas mudanças no pH são acompanhadas por alterações nas relações íons-proteínas. Verificou-se que os íons  $Na^+$  e  $Ca^{++}$  são continuamente liberados no sarcoplasma pelas proteínas musculares e os íons  $K^+$  são absorvidos após as primeiras 24 horas. Devido ao grande excesso de íons  $K^+$  absorvidos pelas proteínas musculares, sua carga líquida aumenta e por meio desta, a CRA (LAWRIE, 2005).

O grau de solubilidade do colágeno aumenta com a temperatura. Em torno de  $60^{\circ}C$  a  $65^{\circ}C$ , o colágeno encurta e converte-se em uma forma mais solúvel. O encolhimento do colágeno é muito característico. Os sucos da carne e as proteínas sarcoplasmáticas parecem exercer papel sobre o efeito do encolhimento. A temperatura de encolhimento é de  $65^{\circ}C$ , quando o colágeno é aquecido em água. A estrutura em hélice pode ser vista aberta no aquecimento a  $64^{\circ}C$  por 10 minutos. A porcentagem de colágeno na carne bovina que é solubilizada pelo calor aumenta gradualmente em temperaturas entre  $68^{\circ}C$  e  $98^{\circ}C$ . Na temperatura de  $98^{\circ}C$ , a conversão em gelatina é significativa. A formação de gelatina é rápida com o cozimento sob pressão a  $115^{\circ}C$  até  $125^{\circ}C$  (SNOWDEN; WEIDEMANN, 1976). Este aumento na gelatinização explica o aumento na FC das amostras conforme aumentou o tempo de cozimento.

O grau de maciez pode ser relacionado a três categorias de proteínas do músculo – aquelas do tecido conjuntivo (colágeno, elastina, reticulina, mucopolissacarídeos da matriz), da miofibrila (actina, miosina, tropomiosina) e do sarcoplasma (proteínas sarcoplasmáticas, retículo sarcoplasmático). A importância de sua relativa contribuição depende de circunstâncias como o grau de contração das miofibrilas, o tipo de músculo e a temperatura de cozimento (BOUTON; HARRIS; SHORTHOSE, 1975). Pode ser observado pelas diferenças entre os tipos e tempos de cocção trabalhados.

Acima de 75°C e com o aumento do tempo de cozimento, a dureza da carne diminui à medida que o colágeno sofreu degradação. Se o colágeno predominante em um músculo tem ligações cruzadas termolábeis, então o aquecimento irá provocar aumento da solubilidade e diminuirá a FC. Se o colágeno tem ligações cruzadas termoestáveis, estas irão resultar em aumento de tensão e de dureza sob efeito do cozimento (BAILEY; SIMS, 1977). A relativa contribuição dada pelo colágeno da membrana basal, o epimísio, perimísio e endomísio, e pelo grau de ligações cruzadas termoestáveis em cada um irá influenciar a dureza de determinado músculo quando aquecido a um comprimento de sarcômero constante (LAWRIE, 2005).

## 5. CONCLUSÃO

A forma de conservação influenciou significativamente a PPC das amostras de polvo submetidas à cocção em água sem pressão e a PPC e a FC, das amostras submetidas à cocção em água sob pressão.

A forma de conservação só teve influência significativa sobre o pH da espécie *O. vulgaris* quando esta foi submetida a cocção em água sob pressão.

O tempo de cocção em água sem pressão influenciou significativamente a PPC e a FC das amostras de polvo conservadas tanto congeladas como resfriadas.

O tempo de cocção em água sob pressão influenciou a PPC e a CRA das amostras de polvo conservadas tanto congeladas quanto resfriadas e a FC das amostras conservadas resfriadas.

A espécie *O. vulgaris* apresentou uma maior PPC e uma menor CRA quando comparada com a *O. insularis*, conservada congelada e submetida a cocção em água sem pressão.

A espécie *O. vulgaris* apresentou uma maior PPC e menor FC quando comparada com a *O. insularis* conservada congelada e submetida a cocção em água sob pressão.

Nas amostras cozidas em água sem pressão, à medida que aumentou o tempo de cocção houve um aumento significativo da PPC e uma diminuição da FC.

Nas amostras cozidas com pressão, à medida que aumentou o tempo de cocção houve um aumento da PPC e da FC e uma diminuição da CRA.

Não houve correlação significativa entre os parâmetros analisados, tampouco foi observado que haja uma correlação entre a FC, o diâmetro e o comprimento dos braços.

As análises histológicas comprovaram que o aumento do tempo de cocção causou uma maior distensão entre as fibras musculares, uma desorganização tecidual, um aumento dos espaços interfibrilares e em alguns casos, uma quebra nas trabéculas, contribuindo para uma maior PPC e uma menor CRA e FC das amostras.

## **6. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS SOBRE AVALIAÇÃO DE CARNE DE POLVO**

Tendo em vista que o trabalho envolveu a análise de alguns dos parâmetros da carne de polvo a fim de solucionar um problema observado por comerciantes e gastrônomos de pescado, ele deve ser apresentado aos profissionais da área, para que os dados encontrados nos laboratórios possam ser comparados com os dos estabelecimentos comerciais.

Um ponto relevante a ser pesquisado é a aceitação das amostras, correlacionando os aspectos estudados com a avaliação sensorial de panelistas treinados e consumidores.

Outro ponto que deve ser mais bem investigado são as alterações estruturais ocasionadas pelo método de cocção o que poderia ser mais bem visualizado com um microscópio de varredura. Além disso, seria necessária a realização de análises químicas e bioquímicas a fim de avaliar quais as alterações enzimáticas são provocadas pela temperatura de cocção, pelo tempo e por diferentes tipos de pressão.

É interessante analisar detalhadamente as diferentes temperaturas de cocção, não só a temperatura de ebulição, mas outras combinações de tempo e temperatura, além de diferentes pressões de cocção.

Estudos que possam vir a fornecer dados a indústria que diminuam a perda de peso por cocção do polvo são de relevância econômica.

Outro importante fato a ser estudado são os tipos de colágenos encontrados no polvo e a proporção entre eles, sua participação na maciez da carne, bem como sua sensibilidade ao processo de cocção.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMANSA, E. et al. The effects of feeding with shrimp or fish fry on growth and mantle lipid composition of juvenile and adult cuttlefish (*Sepia officinalis*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 256, n. 1-4, p. 403-413, June 2006.

ALMEIDA, N. M. et al. Alterações *post-mortem* em tambaqui (*Colossoma macropomum*) conservados em gelo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1288-1293, jul.-ago. 2006.

ANADÓN, H. L. S. **Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers**. 2002. 171 f. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal and Poultry Sciences) – Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, 2002.

ANGSUPANICH, K.; EDDE, M.; LEDWARD, D. A. Effects of high pressure on the myofibrillar proteins of cod and turkey muscle. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 47, n. 1, p. 92-99, Jan. 1999.

AOAC, Official methods of analysis. Agricultural chemicals, contaminants and drugs. **Association of Official Analytical Chemistry**, Arlington, 15 ed., vol IV, 2005.

ASHIE, I. N. A.; SIMPSON, B. K.; RAMASWAMY, H. S. Changes in texture and microstructure of pressure-treated on fish muscle tissue during chilled storage. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 8, p. 13-32, 1997.

AYALA, M. D. et al. Structural and ultrastructural changes on muscle tissue of sea bass, *Dicentrarchus labrax* L., after cooking and freezing. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 250, n. 1-2, p. 215-231, Nov. 2005.

BAILEY, A. J.; SIMS, T. J. Meat tenderness: distribution of molecular species of collagen in bovine muscle. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Sussex, v. 28, n. 6, p. 565-570, 1977.

BELLO, R. A.; LUFT, J. H.; PIGOTT, G. M. Ultrastructural study of skeletal fish muscle after freezing at different rates. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, n. 5, p. 1389-1394, 1982.

BENDALL, J. R.; RESTALL, D. J. The cooking of single myofibers, small myofiber bundles and muscle strips from beef *M. psoas* and *M. sternomandibularis* muscles at varying heating rates and temperatures. **Meat Science**, Oxford, v. 8, n. 2, p. 93-117, 1983.

BOUCHER-RODONI, R.; MANGOLD, K. Ammonia excretion during feeding and starvation in *Octopus vulgaris*. **Marine Biology**, New York, v. 86, n. 2, p. 193-197, 1985.

BOUTON, P. E.; HARRIS, P. V.; SHORTHOSE, W. R. Possible relationships between shear, tensile, and adhesion properties of meat and meat structure. **Journal of Texture Studies**, Trumbull, v. 6, n. 3, p. 297-314, 1975.

BRESSAN, M. C. **Efeito dos fatores pré e pós-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango**. 1998. 201 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. *Phylum Mollusca*. In: BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. **Invertebrates**, 2. ed., Sunderland: Sinauer Associates, p. 713-760, 2003.

BUDELMANN, B. U.; SCHIPP, R.; BOLEZKY, S. Cephalopoda. In: **Microscopic Anatomy of Invertebrates**. Vol. 6A Mollusca II. HARRISON, F. W.; KOHN, A. J. eds. New York: Wiley-Liss, p. 119-414, 1997.

CADDY, J. F.; RODHOUSE, P. G. Cephalopod and groundfish landings: evidence for ecological change in global fisheries? **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, Dordrecht, v. 8, n. 4, p. 431-444, Dec. 1998.

CALIFANO, A. N. et al. Effect of processing conditions on the hardness of cooked beef. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 34, n. 1, p. 41-54, Oct. 1997.

CARECHE, M. et al. Structural changes of hake (*Merluccius merluccius* L.) fillets: effects of freezing and frozen storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 47, n. 3, p. 952-959, Mar. 1999.

CHAPELA, A. et al. Growth of common octopus (*Octopus vulgaris*) in cages suspended from rafts. **Scientia Marina**, Barcelona, v. 70, n. 1, p. 121-129, Mar. 2006.

CHEFTEL, J. C.; CULIOLI, J. Effects of high pressure on meat: a review. **Meat Science**, Oxford, v. 46, n. 3, p. 211-236, July 1997.

CHEN, C. S. et al. The apparent disappearance of *Loligo forbesi* from the south of its range in the 1990s: trends in *Loligo* spp. abundance in the northeast Atlantic and possible environmental influences. **Fisheries Research**, Amsterdam, v. 78, n. 1, p. 44-54, Apr. 2006.

CURRIE, R. W.; WOLFE, F. H. Rigor related changes in mechanical properties (tensile and adhesive) and extracellular space in beef muscle. **Meat Science**, Oxford, v. 4, n. 2, p. 123-143, 1980.

DAVEY, C. L.; GILBERT, K. V. Temperature-dependent toughness in beef. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Sussex, v. 25, n. 8, p. 931-935, 1974.

DAVEY, C. L.; NIEDERER, A. F.; GRAAFHUIS, A. E. Effects of aging and cooking on tenderness of beef muscle. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Sussex, v. 27, n. 3, p. 251-256, 1976.

EZQUERRA-BRAUER, J. M. et al. Influence of harvest season on the proteolytic activity of hepatopancreas and mantle tissues from jumbo squid (*Dosidicus gigas*). **Journal of Food Biochemistry**, Trumbull, v. 26, n. 5, p. 459-475, Nov. 2002.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura, 2006**. Departamento de Pesca y Acuicultura, Roma, 2008.

FAUCONNEAU, B. et al. Growth and meat quality relations in carp. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 129, n. 1-4, p. 265-297, Jan. 1995.

FERNÁNDEZ, M. G. La comercialización y el abasto de productos pesqueros. Análisis y perspectivas. **Desarrollo Pesquero Mexicano 1985-1986**. Secretaría de Pesca, México, p. 346-361, 1986.

FERNÁNDEZ-MARTÍN, F.; PÉREZ-MATEOS, M.; MONTERO, P. Effect of pressure/heat combinations on blue whiting (*Micromesistius poutassou*) washed mince: thermal and mechanical properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, n. 8, p. 3257-3264, Aug. 1998.

FLEMING, A. K. Calorimetric properties of lamb and other meats. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 4, n. 3, p. 199-215, 1969.

GALL, K. L. et al. Effects of four cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of fish fillets. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n. 4, p. 1068-1074, 1983.

GARCÍA, M. L. et al. Ultrastructure of the myofibrillar component in cod (*Gadus morhua* L.) and hake (*Merluccius merluccius* L.) stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  as a function of time. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 47, n. 9, p. 3809-3815, Sept. 1999.

GARCIA-ARIAS, M. T. et al. Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets: effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. **Food Chemistry**, Oxford, v. 83, n. 3, p. 349-356, Nov. 2003.

GARCÍA, B. G.; GIMENEZ, F. A. Influence of diet on on-growing and nutrient utilization in the common octopus (*Octopus vulgaris*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 211, n. 1-4, p. 171-182, Aug. 2002.

GARCÍA-SEGOVIA, P.; ANDRÉS-BELLO, A.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J. Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (*M. pectoralis*). **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 80, n. 3, p. 813-821, June 2007.

GARTNER, L. P.; HIATT, J. L. **Tratado de histología**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 472p.

GIRARD, J. P. **Tecnología de la carne y los productos cárnicos**. Zaragoza: Acribia, 1991. 300p.

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. et al. Biological characteristics affect the quality of farmed Atlantic salmon and smoked muscle. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 1, p. 53-60, Jan.-Feb. 2000.

GUERRA, A. Spatial distribution pattern of *Octopus vulgaris*. **Journal of Zoology**, Oxford, v. 195, p.133-146, Sept. 1981.

GUERRA, D. H. Explotación mundial de cefalópodos. **II Jornadas Internacionales sobre la Utilización de Cefalópodos: aspectos científicos y tecnológicos**. Madrid, 1996.

HAIMOVICI, M.; PEREZ, J. A. A.; SANTOS, R. A. Class Cephalopoda. In: RIOS, E. C. (ed.). **Seashells of Brazil**. Rio Grande: Editora da FURG, 1994. p. 311-320.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**, v. 10, p. 355-463, 1961.

HAMM, R.; DEATHERAGE, F. E. Changes in hydration, solubility and charges of muscle proteins during heating of meat. **Food Research**, v. 25, p. 587-610, 1960.

HATAE, K.; YOSHIMATSU, F.; MATSUMOTO, J. J. Discriminative characterization of different texture profiles of various cooked fish muscles. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 3, p. 721-726, 1984.

HATAE, K.; YOSHIMATSU, F.; MATSUMOTO, J. J. Role of muscle fibers in contributing firmness of cooked fish. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 55, n. 3, p. 693-696, May-June 1990.

HEREMANS, K. High pressure effects on biomolecules. In: LEDWARD, D. A.; JOHNSTON, D. E.; EARNSHAW, R. G.; HASTING, A. P. M. (eds.). **High Pressure Processing of Food**. Nottingham, UK: Nottingham University Press, 1995. p. 81-97.

HONIKEL, K. O; HAMM, R. Measurement of water-holding capacity and juiciness. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (eds.). **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**. Adv Meat Research 9, 1994. chapter 5, p. 125-159.

HURLING, R.; RODELL, J. B.; HUNT, H. D. Fiber diameter and fish texture. **Journal of Texture Studies**, Trumbull, v. 27, n. 6, p. 679-685, 1996.

HURTADO, J. L.; MONTERO, P.; BORDERÍAS, A. J. Extension of shelf life of chilled hake (*Merluccius capensis*) by high pressure. **Food Science and Technology International**, Frederick, v. 6, n. 3, p. 243-249, June 2000.

HURTADO, J. L.; MONTERO, P.; BORDERÍAS, J. Behavior of octopus muscle (*Octopus vulgaris*) under a process of pressure-time-temperature combinations. **Food Science and Technology International**, London, v. 7, n. 3, p. 259-267, June 2001.

HURTADO, J. L. et al. High-pressure/temperature treatment effect on the characteristics of octopus (*Octopus vulgaris*) arm muscle. **European Food Research and Technology**, New York, v. 213, n. 1, p. 22-29, 2001.

HUSS, H. H. **El pescado fresco: su calidad y cambios de calidad**. Roma: Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. 1988. 132p.

IGLESIAS, J. et al. Culture of octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier): present knowledge, problems and perspectives. Recent advances in Mediterranean aquaculture finfish species diversification. **Caution Options Mediterranean**, v. 47, p. 313-322, 2000.

JOHNSTON I. A. et al. Muscle fibre density in relation to the colour and texture of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 189, n. 3-4, p. 335-349, Oct. 2000.

JOHNSTON I. A. et al. Plasticity of muscle fibre number in seawater stages of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in response to photoperiod manipulation. **Journal of Experimental Biology**, v. 206, n. 19, p. 3425-3435, Oct. 2003.

JOSUPEIT, H.; RODHOUSE, P. World cephalopod boom is over. **Seafood International**, v. 71, n. 2, p. 1082-1085, 2002.

KARAKOLTSIDIS, P. A.; ZOTOS, A.; CONSTANTINIDES, S. M. Composition of the commercially important Mediterranean finfish, crustaceans and mollusks. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 8, p. 258-273, 1995.

KIER, W. M. The functional morphology of the musculature of squid (*Loliginidae*) arms and tentacles. **Journal of Morphology**, New York, v. 172, n. 2, p. 179-192, 1982.

KLETT, T. A. Pesquería del calamar gigante *Dosidicus gigas*. In: **Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur**, vol. I, CIB-CICIMAR-UABCS, México, p. 127-149, 1996.

KUGINO, M.; KUGINO, K.; WU, Z. H. Rheological properties of dried squid mantle change on softening. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 58, n. 2, p. 321-324, Mar.-Apr. 1993.

KUGINO, M.; KUGINO, K. Microstructural and rheological properties of cooked squid mantle. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 59, n. 4, p. 792-796, July-Aug. 1994.

LAACKONEN, E.; WELLINGTON, G. H.; SHERBON, J. W. Low temperature, long-time heating of bovine muscle. 1. Changes in tenderness, water-binding capacity, pH and amount of water-soluble components. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 35, n. 2, p. 175-177, 1970.

LAKSHMANAN, R.; PARKINSON, J. A.; PIGGOTT, J. R. High-pressure processing and water holding capacity of fresh and cold-smoked salmon (*Salmo salar*). **Lebensmittel-**

**Wissenschaft Und-Technologie - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 40, n. 3, p. 544-551, 2007.

LAWRIE, R. A. **Ciência da Carne**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.

LEITE, T. S. **Caracterização da fauna de polvos (Cephalopoda: Octopodidade) de águas rasas do litoral e ilhas oceânicas do Nordeste brasileiro**. 2002. 190 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Marinha) – Faculdade de Biologia, Universidade Federal do Rio Grande, Porto Alegre, 2002.

LEITE, T. S. et al. Morphological and genetic description of *Octopus insularis*, a new cryptic species in the *Octopus vulgaris* complex (Cephalopoda: Octopodidade) from the tropical southwestern Atlantic. **Journal of Molluscan Studies**, Oxford, v. 74, part. 1, p. 63-74, Feb. 2008.

LEITE, T. S.; HAIMOVICI, M. Presente conhecimento da biodiversidade e habitat dos polvos (Cephalopoda: família Octopodidae) de águas rasas das ilhas oceânicas do Nordeste brasileiro. In: **Ilhas Oceânicas Brasileiras – da pesquisa ao manejo**, vol. 1. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. ALVES, R.J.V.; CASTRO, J.W.A. p. 199-214, 2006.

LOUGOVOIS, V. P. et al. Spoilage potential of ice-stored whole musky octopus (*Eledone moschata*). **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 43, n. 7, p. 1286-1294, July 2008.

LORU, P. Pulpo de cultivo: ¿Cuándo lo tendremos en nuestra mesa? **Panorama Acuícola Magazine**, v. 10, n. 2, p. 36-39, enero-febrero 2005.

MADRID, R. M. et al. Polvo News, **LABOMAR**, ano 1, n. 2, 2008.

MAI, J. et al. Lipids of fish fillets: changes following cooking by different methods. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 6, p. 1669-1674, Nov.-Dec. 1978.

MANGOLD, K. M. *Octopus vulgaris*. In; BOYLE, P. R. **Cephalopod Life Cycle**, vol 1. London: Academic Press, p. 335-364, 1983.

MANGOLD, K. *Octopus vulgaris*: review of the biology. In: LANG, M.A.; HOCHBERG, F.G. **Proceeding of the Workshop on the Fishery and Market Potential of Octopus in California**. Washington, D.C: Smithsonian Institution, p. 85-90, 1997.

MIZUTA, S. et al. Histological changes in collagen related to textural development of prawn meat during heat processing. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 6, p. 991-995, Nov.-Dec. 1999.

MIZUTA, S.; TANAKA, T.; YOSHINAKA, R. Comparison of collagen types of arm and mantle muscles of the common octopus (*Octopus vulgaris*). **Food Chemistry**, Oxford, v. 81, n. 4, p. 527-532, June 2003.

MORALES, J. **Caracterización bioquímica de *Illex coindetti*, *Todaropsis eblanae* y *Eledone cirrhosa* y comportamiento durante la conservación en estado refrigerado, bajo distintas concentraciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> y congelado. Aspectos sobre identificación y modificación del colágeno.** 1997. Thesis (Doctoral en Facultad de Farmacia) - Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1997.

MORALES, J.; MONTERO, P. MORAL, A. Isolation and partial characterization of two types muscle collagen in some cephalopods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 48, n. 6, p. 2142-2148, June 2000.

NAVARRO, J. C.; VILLANUEVA, R. Lipid and fatty acid composition of early stages of cephalopods: an approach to their lipid requirements. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 183, n. 1-2, p. 161-177, Mar. 2000.

O'DOR, R. K. et al. Nutrient absorption, storage and remobilization in *Octopus vulgaris*. **Marine Behaviour and Physiology**, Reading, v. 11, n. 3, p. 239-258, 1984.

OFSTAD, R. et al. Liquid loss as effected by post mortem ultrastructural changes in fish muscle: cod (*Gadus Morhua* L.) and salmon (*Salmo salar*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Sussex, v. 71, n. 3, p. 301-312, July 1996.

OFSTAD, R.; KIDMAN, S.; HERMANSSON, A. M. Ultramicroscopical structures and liquid loss in heated cod (*Gadus morhua* L.) and salmon (*Salmo salar*) muscle. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Sussex, v. 72, n. 3, p. 337-347, Nov. 1996.

OGAWA, N. B. P.; SILVA, F. C.; SANTOS-FILHO, C. J. Avaliação e controle da qualidade do pescado. In: OGAWA, M.; MAIA, E. L. (eds.) **Manual de Pesca – Ciência e Tecnologia do Pescado**, vol. I, São Paulo: Varela, 1999. p. 175-200.

OKUZUMI, M.; FUJII, T. Nutritional and functional properties of squid and cuttlefish. 35th Anniversary Commemorative Publication. Tokyo, Japan, **National Cooperative Association of Squid Processors**. Tokyo. 2000.

ÓLAFSDÓTTIR, G. et al. Methods to evaluate fish freshness in research and industry. **Trends in Food Science & Technology**, Oxford, v. 8, n. 8, p. 258-265, Aug. 1997.

OLSSON, G. B., OLSEN, R. L., CARLEHÖG, M., OFSTAD, R. Seasonal variations in chemical and sensory characteristics of farmed and wild Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 217, n. 1-4, p. 191-205, Mar. 2003.

OLSSON, G. B.; OLSEN, R. L.; OFSTAD, R. Post-mortem structural characteristics and water-holding capacity in Atlantic halibut muscle. **Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie - Food Science and Technology**, San Diego, v. 36, n. 1, p. 125-133, 2003.

OTWELL, W. S.; HAMANN, D. D. Textural characterization of squid (*Loligo pealei* L.): instrumental and panel evaluations. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 44, n. 6, p. 1636-1643, 1979.

PAZ, I. C. L. A. Perda de peso por cozimento e força de cisalhamento. **Métodos de Avaliação da Qualidade de Carnes – Pós-Graduação em Zootecnia / Nutrição e Produção Animal**, 2007.

POTTER, N. N.; HOTCHKISS, J. H. **Ciencia de los alimentos**. 5.ed. Zaragoza: Acribia, 1995. 667p.

RAYA, M. C. L. et al. Diagnóstico del consumo del calamar gigante en México y en Sonora. **Economía, Sociedad y Territorio**. VI (22), p. 535-560, 2006.

RODRÍGUEZ, C. et al. Common octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) juvenile in floating cages. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 254, n. 1-4, p. 293-300, Apr. 2006.

ROPER, C. F. E.; SWEENEY, M. S.; NAUEN, C. E. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. **FAO Fisheries Synopsis**, v. 125, n. 3, p. 191-212, 1984.

SAKAI, J.; MATSUMOTO, J. J. Proteolytic enzymes of squid mantle muscle. **Comparative Biochemistry and Physiology B – Biochemistry & Molecular Biology**, Oxford, v. 68, n. 3, p. 389-395, 1981.

SALINAS, Z. et al. Alternativas para fortalecer la cadena productiva de la pesquería de calamar gigante. **Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste**, La Paz, B.C.S., México, 2003.

SANCHES –MUNIZ, F.J.; VIEJO, J.M.; MEDINA, R. Consideraciones sobre el consumo de pescado azul y riesgo cardiovascular con especial referencia a la composición en ácidos grasos de las familias n-9, n-6, y n-3. **Nutrición Clínica**, 11, p. 30-40, 1991.

SATO, K. et AL. Collagen content in the muscle of fishes in association with their swimming movement and meat texture. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific**. V 52, p.85-95, 1986.

SCHERER, R. et al. Efeito do gelo clorado sobre parâmetros químicos e microbiológicos da carne de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 680-684, out.-dez. 2004.

SEAP, Instrução Normativa Nº 03, de 26 de abril de 2005. Estabelece critérios e procedimentos para o ordenamento das operações relacionadas com a pesca do polvo (*Octopus* spp.), nas águas marinhas sob jurisdição brasileira. **Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República**, Brasília, DF: SEAP, 2005.

SEIXAS, S.; BUSTAMANTE, P.; PIERCE, G. J. Interannual patterns of variation in concentrations of trace elements in arms of *Octopus vulgaris*. **Chemosphere**, Oxford, v 59, n. 8, p. 1113-1124, May 2005.

SIKORSKI, Z. E.; KOLODZIEJSKA, I. The composition and properties of squid meat. **Food Chemistry**, Oxford, v. 20, n. 3, p. 213-224, 1986.

SIKORSKI, Z. E. **Tecnología de los productos del mar: recursos, composición nutritiva y conservación**. Zaragoza: Acribia, 1990. 330p.

SMITH, C. D. GRIFFITHS, C. L. Aspects of the population biology of *Octopus vulgaris* in False Bay, South Africa. **South African Journal of Marine Science**, Cape Town, v. 24, p. 185-192, 2002.

SNOWDEN, L. McK; WEIDEMANN, J. F. A morphological and biochemical examination of the hydrothermal denaturation of collagen. **Meat Science**, v. 2, n. 1, p. 1-18, 1976.

SOARES, V. F. M. et al. Teores de histamina e qualidade físico-química e sensorial de filé de peixe congelado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 462-470, out.-dez. 1998.

SOUZA, H. B. A. Parâmetros físicos e sensoriais utilizados para avaliação de qualidade da carne de frango. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS – V AVESUI, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UNESP, 2006. p. 91–96.

STANLEY, D. W.; SMITH, A. K. Microstructure of squid muscle and its influence on texture. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Ottawa, v. 17, n. 4, p. 209-213, 1984.

STEVENS, A.; LOWE, J. S. **Histologia humana**. 2.ed. São Paulo: Manole, 2001. 408p. p.32

TOLOSA, E. M. C. et al. **Manual de técnicas para histologia normal e patológica**. 2.ed. Barueri: Manole, 2003. 331p.

TOMÁS, A. R. G.; SILVA, A. O. A. A pesca de polvo (*Octopus vulgaris*) nas regiões sudeste e sul do Brasil: histórico, tecnologia, operações de pesca, produção e processamento. **Centro APTA Pescado Marinho – Instituto de Pesca – APTA – SAA Santos – SP**. 2006

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins. Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, Oxford, v. 70, n. 3, p. 493-508, July 2005.

TSCHEUSCHNER, H. D. **Fundamentos de tecnologia de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 2001. 746p.

UENG, Y. E.; CHOW, C. J. Textural and histological changes of different squid mantle muscle during frozen storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, n. 11, p. 4728-4733, Nov. 1998.

VALENCIA, A. M. Economía pesquera. **Universidad Autónoma de Sinaloa**, Sinaloa, México, 1988.

VAZ-PIRES, P.; BARBOSA, A. Sensory, microbiological, physical and nutritional properties of iced whole common octopus (*Octopus vulgaris*). **Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie - Food Science and Technology**, San Diego, v. 37, n. 1, p. 105-114, 2004.

VAZ-PIRES, P.; SEIXAS, P.; BARBOSA, A. Aquaculture potential of the common octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797): a review. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 238, n. 1-4, p. 221-238, Sept. 2004.

VENTURINI, K. S.; SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C. **Características da carne de frango**. Espírito Santo: UFES, 2007, 7 p. (Boletim Técnico - PIE-UFES:01307).

YOSHIOKA, K.; KAGE, Y.; OMURA, H. Effect of high pressure on texture and ultrastructure of fish and chicken muscle and their gels. In: **High Pressure and Biotechnology**. BALNY, C. et al. (eds.) London: Collogue INSERM/John Libbet Euro text ltd, 1992. p. 325-327.

YOSHIOKA, K.; YAMAMOTO, T. Changes of ultrastructure and physical properties of carp muscle by high pressurization. **Fisheries Science**, Tokyo, v. 64, n. 1, p. 89-94, Feb. 1998.

YOUNG, I. A. G. et al. The moray firth directed squid fishery. **Fisheries Research**, Amsterdam, v. 78, n. 1, p. 39-43, Apr. 2006.

WATANABE, A.; DEVINE, C. Effect of meat ultimate pH on rate of titin and nebulin degradation. **Meat Science**, Oxford, v. 42, n. 4, p. 407-413, Apr. 1996.

WELLS, M.J. *Octopus: physiology and behaviour of an advanced invertebrate*. London : Chapman and Hall ; New York, 1978.

ZLATANOS, S.; SAGREDOS, A. N. The fatty acids composition of some important Mediterranean fish species. **Fett Wissenschaft Technologie - Fat Science Technology**, Leinfelden-Echterdingen, v. 95, n. 2, p. 66-68, Feb. 1993.