

**RODRIGO BARBOSA ACIOLI DE OLIVEIRA**

**QUALIDADE DE ATUNS TIPO EXPORTAÇÃO CAPTURADOS NO LITORAL DE  
PERNAMBUCO E RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL**

**RECIFE, PE**

**2009**

**RODRIGO BARBOSA ACIOLI DE OLIVEIRA**

**QUALIDADE DE ATUNS TIPO EXPORTAÇÃO CAPTURADOS NO LITORAL DE  
PERNAMBUCO E RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

**Orientadora:** Dra. Maria José de Sena

**Co-orientadora:** Dra. Maria Beatriz de Abreu Glória

**RECIFE, PE**

**2009**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

Parecer da comissão examinadora da defesa de dissertação de mestrado de

**RODRIGO BARBOSA ACIOLI DE OLIVEIRA**

**QUALIDADE DE ATUNS TIPO EXPORTAÇÃO CAPTURADOS NO LITORAL DE  
PERNAMBUCO E RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL**

Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, considera **RODRIGO BARBOSA ACIOLI DE OLIVEIRA** como aprovado

---

Profa. Dra. Maria José de Sena – UFRPE (orientadora)

---

Prof. Dr. Pedro Marinho de Carvalho Neto – UFRPE (presidente)

---

Profa. Dra. Maria Beatriz de Abreu Glória – UFMG (membro titular)

---

Profa. Dra. Tânia Lúcia Montenegro Stamford – UFPE (membro titular)

**Recife, 27 de fevereiro de 2009**

*Dedico esta dissertação primeiramente a Deus, pois me concedeu forças para enfrentar os obstáculos desta jornada, também gostaria de dedicar aos meus pais e àquelas pessoas que me ajudaram, seja com um pensamento positivo ou com uma simples oração.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ao Departamento de Ciências Domésticas.

As Professoras Dra. Maria José de Sena e Dra. Maria Beatriz de Abreu Glória pela orientação da dissertação.

A Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca pelo financiamento do projeto e ao Laboratório Nacional Agropecuário do Recife do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento pelo estágio concedido.

As empresas Norte Pesca (RN) e Atlântida Pescados (PE), pelo fornecimento de amostras.

Aos membros do Laboratório de Bioquímica de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais: Tarliane, Warley, Adriana, Cecília, Priscilla, Aline, pelo acolhimento durante a realização dos experimentos em Belo Horizonte.

A professora Andrea Paiva (DMV-UFRPE), a mestranda Luciares de Araújo Costa e ao Engenheiro de Pesca Victor Costa pelo ombro amigo nos momentos difíceis. Também aos meus amigos, familiares e minha namorada pelo incentivo e compreensão.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	X
RESUMO	XII
SUMMARY	XIII
INTRODUÇÃO GERAL	14
OBJETIVOS	16
REVISÃO DA LITERATURA	17
1. Características gerais dos atuns	18
2. Características da albacora bandolim ( <i>Thunnus obesus</i> )	19
3. Características da albacora laje ( <i>Thunnus albacares</i> )	20
4. Histórico, estatística e modalidades de pesca dos atuns	21
5. A pesca de atuns pelo espinhel pelágico	23
6. Práticas de manipulação do pescado	24
7. Avaliação da qualidade e frescor do atum	27
8. Aminas bioativas	29
8.1. Formação das aminas bioativas	31
8.2. Funções das aminas bioativas	32
8.3. Aspectos toxicológicos das aminas bioativas	33
8.4. Aminas biogênicas como critério de qualidade	36
8.5. Aminas bioativas em peixe	36
9. A cor como atributo de qualidade da carne	38
CAPÍTULO I   Teores de histamina em atuns tipo exportação capturados pela técnica de espinhel pelágico no litoral do Rio Grande do Norte, Brasil	40
Resumo	40
Summary	41
I.1. Introdução	42
I.2. Material e Métodos	44
I.3. Resultados e Discussão	47
I.4. Conclusão	50

CAPÍTULO II	Aminas bioativas como indicador de frescor de atuns agrupados em diferentes níveis de qualidade	51
	Resumo	51
	Summary	52
	II.1. Introdução	53
	II.2. Material e Métodos	54
	II.3. Resultados e Discussão	58
	II.4. Conclusão	62
CAPÍTULO III	Investigação das coordenadas colorimétricas da carne de duas espécies de atum	63
	Resumo	63
	Summary	63
	III.1. Introdução	64
	III.2. Material e Métodos	65
	III.3. Resultados e Discussão	71
	III.4. Conclusão	76
CAPÍTULO IV	Influência da condição vivo ou morto no momento de abate sobre a produção de aminas bioativas em atuns	77
	Resumo	77
	Summary	78
	IV.1. Introdução	79
	IV.2. Material e Métodos	81
	IV.3. Resultados e Discussão	85
	IV.4. Conclusão	91
	CONCLUSÕES INTEGRADAS	92
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

## LISTA DE FIGURAS

### REVISÃO DA LITERATURA

1.	“Sashimis” produzidos com carne de salmão, atum e namorado, servido com molho a base de soja	18
2.	Albacora bandolim ( <i>Thunnus obesus</i> )	20
3.	Albacora laje ( <i>Thunnus albacares</i> )	21
4.	Espinhel de pelágico ou de monofilamento	23
5.	Fluxograma de manipulação pós-captura do atum	26
6.	Estrutura química das aminas bioativas	29

### CAPÍTULO I

I.1.	Amostras de atuns para análise dos teores de histamina muscular por CLAE	49
I.2.	Cromatograma das amostras de atum fortificadas com 20, 50, 100 e 150 mg de histamina por kg da matriz	47
I.3.	Curva analítica dos padrões de histamina (20, 50, 100 e 150 mg/kg) em amostras de atum	47

### CAPÍTULO II

II.1.	Região anatômica de obtenção das amostras da carne de atum para classificação organoléptica e avaliação colorimétrica	55
II.2.	Amostra do pedúnculo caudal utilizada na classificação de atuns e para determinação dos teores de aminas bioativas	55
II.3.	Amostras da carne de atuns categorizadas em seis níveis em ordem decrescente de qualidade	56



### **CAPÍTULO III**

<b>III.1.</b>	Exemplares de albacora bandolim e albacora laje conservados sob ação do gelo na proporção 1:1	66
<b>III.2.</b>	Região anatômica da coleta de amostras de atum destinadas à classificação organoléptica e avaliação colorimétrica	66
<b>III.3.</b>	Região anatômica da coleta de amostras de atum com o “sashibo”	67
<b>III.4.</b>	Amostra da carne do atum obtida pelo “sashibo”	67
<b>III.5.</b>	Região anatômica do pedúnculo caudal do atum	68
<b>III.6.</b>	Amostra da carne obtida no pedúnculo caudal do atum	68
<b>III.7.</b>	Amostras de atum categorizadas em ordem decrescente de qualidade segundo a avaliação sensorial de um classificador experiente	69

### **CAPÍTULO IV**

<b>IV.1.</b>	Amostra do pedúnculo caudal de atum para análise dos teores de aminos bioativas muscular	82
--------------	--	----

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

- |      |   |    |
|------|---|----|
| I.1. | Tamanho dos lotes de atum fresco exportado por entrepostos de pescado do RN para União Européia entre dezembro de 2007 a dezembro de 2008 | 44 |
| I.2. | Gradiente de eluição binário para separação da histamina em pescado por CLAE UV-Visível   | 46 |

### CAPÍTULO II

- |       |  |    |
|-------|--|----|
| II.1. | Teores médios das aminas bioativas na carne de albacora bandolim separadas em seis níveis de qualidade sensorial | 59 |
| II.2. | Teores médios das aminas bioativas na carne de albacora laje separadas em seis níveis de qualidade sensorial     | 60 |

### CAPÍTULO III

- |        |   |    |
|--------|---|----|
| III.1. | Valores médios da coordenada de luminosidade (CIE L*) encontrados em seis classificações de albacora bandolim (AB) e albacora laje (AL) | 71 |
| III.2. | Valores médios da coordenada vermelho-verde (CIE a*) encontrados em seis classificações de albacora bandolim (AB) e albacora laje (AL)  | 73 |
| III.3. | Valores médios da coordenada azul-amarelo (CIE b*) encontrados em seis classificações de albacora bandolim (AB) e albacora laje (AL)    | 74 |
| III.4. | Valores médios da coordenada croma (CIE C*) encontrados em seis classificações da albacora bandolim (AB) e albacora laje (AL)           | 75 |
| III.5. | Valores médios do pH encontrados em seis classificações da albacora bandolim (AB) e albacora laje (AL)                                  | 75 |

### CAPÍTULO IV

- |       |   |    |
|-------|---|----|
| IV.1. | Distribuição das amostras de atum por espécie e condição vivo ou morto para determinação de aminas bioativas muscular | 83 |
|-------|---|----|

<b>IV.2.</b>	Teores de aminos bioativas do pedúnculo caudal da albacora bandolim capturadas pelo espinhel pelágico na condição vivo no momento do abate	85
<b>IV.3.</b>	Teores de aminos bioativas do pedúnculo caudal da albacora bandolim capturadas pelo espinhel pelágico na condição morto no momento do abate	86
<b>IV.4.</b>	Teores de aminos bioativas do pedúnculo caudal da albacora laje capturadas pelo espinhel pelágico na condição vivo no momento do abate	87
<b>IV.5.</b>	Teores de aminos bioativas do pedúnculo caudal da albacora laje capturadas pelo espinhel pelágico na condição morto no momento do abate	88
<b>IV.6.</b>	Teores médios de espermidina, espermina e putrescina em amostras de albacora bandolim e albacora laje na condição vivo no momento de abate	88
<b>IV.7.</b>	Teores médios de espermidina, espermina e putrescina em amostras de albacora bandolim e albacora laje na condição morto no momento de abate	90

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo obter informações sobre a qualidade dos atuns capturados na região nordeste do Brasil. Os teores de histamina de atuns tipo exportação capturados no litoral do Rio Grande do Norte pela técnica de espinhel pelágico foram determinados de dezembro de 2007 a dezembro de 2008. Investigou-se a eficiência de dois parâmetros objetivos de qualidade, teores de aminos bioativas e avaliação cor, que foram relacionados com a classificação realizada por um avaliador treinado. A influência da captura de peixes vivos ou mortos sobre a qualidade da carne também foi investigada. A presença de histamina não foi detectada em 95% das 180 amostras de atum fresco analisadas. Apenas nove amostras continham histamina em teores que variaram de 4,92 a 6,90 mg/kg. Estes resultados indicaram que as práticas de manipulação e a arte de pesca utilizadas pelas empresas do Rio Grande do Norte, Brasil, asseguraram a obtenção de peixes de boa qualidade. Os teores de aminos bioativas em 68 amostras de atum categorizadas em seis níveis de qualidade por avaliador experiente foram determinados. Foram encontradas as poliaminas espermina e espermidina, no entanto, os teores não diferiram entre si indicando que esse parâmetro objetivo por si só não era suficiente para distinguir os diferentes níveis de qualidade da albacora laje e albacora bandolim. Também não foram encontradas diferenças significativas nos valores das coordenadas colorimétricas (CIE L\*, CIE a\*, CIE b\* e CIE C\*) nas amostras de atum da classificação 1, 2+, 2H, 2, 2- e 3. As condições vivo ou morto no momento de abate demonstraram não exercer influência sobre a produção de aminos bioativas indicando que outros fatores podem estar envolvidos, porém, as amostras encontravam-se em excelente estado de frescor, pois foram encontrados teores significativos de espermina e espermidina, em detrimento de baixos teores de cadaverina, putrescina, histamina, tiramina, feniletilamina, agmatina, serotonina e triptamina.

**PALAVRAS-CHAVE:** atum, histamina, espinhel pelágico, práticas de captura, aminos bioativas, frescor, análise sensorial.

## **SUMMARY**

The objective of this study was to obtain information regarding tuna fish quality captured in the northwestern coast of Brazil from December 2007 until December 2008. The levels of histamine in export type tuna caught in the coast of Rio Grande do Norte by the technique of pelagic trawl were determined. It was investigated the efficiency of two objective parameters of quality, levels of bioactive amines and color evaluation, which were related to the classification performed by a trained evaluator. The influence of the capture of live or dead fish on the quality of meat was also investigated. Among the 180 samples of fresh tuna analyzed, 95% did not contain histamine. Only nine samples contained histamine at levels that ranged between 4.92 and 6.90 mg/kg. The results indicated that the practices of handling and fishing gear used by companies of Rio Grande do Norte, Brazil, ensured the achievement of good quality fish. The levels of bioactive amines in 68 samples of tuna categorized into six levels of quality by experienced panelist were determined. The polyamines (spermine and spermidine), were found, however, the levels did not differ suggesting that this parameter objective in itself was not sufficient to distinguish the different levels of quality of yellowfin tuna and bigeye tuna. No significant differences were found in the values of the colorimetric coordinates (CIEL\*, CIEa\*, CIEb\* and CIEc\*) in samples of tuna classification 1, 2+, 2H, 2, 2- and 3. The conditions dead or alive at the time of slaughter showed no influence on the production of bioactive amines indicating that other factors may be involved. However, the samples were in excellent state of freshness, because were found significant levels of spermine and spermidine, rather low levels of cadaverine, putrescine, histamine, tyramine, phenylethylamine, agmatine, serotonin and tryptamine.

**KEY-WORDS:** tuna, histamine, pelagic trawl, capture practices, bioactive amines, freshness, sensory analysis.

## INTRODUÇÃO GERAL

Com base em dados da Food and Agriculture Organization (FAO) constata-se que a pesca e a aquicultura constituem um dos segmentos agropecuários mais importantes a nível mundial, tendo em vista que o comércio internacional de pescado movimenta mais de 70 bilhões de dólares por ano. Também é considerada uma das atividades econômicas mais promissoras, por causa da tendência das pessoas substituírem o consumo de carnes vermelhas pelos produtos pesqueiros. O consumo *per capita* de pescado é de 12,5 kg por ano, porém, estima-se que alcance um valor médio de 22,5 kg até 2030, o que vai gerar uma demanda adicional de 100 milhões de toneladas de pescado.

Existe uma grande variedade de produtos pesqueiros no mercado internacional, porém, se destaca a grande aceitação pela carne de atuns, que são preferencialmente consumidos na forma “sashimi” ou produtos enlatados. Todavia, esses produtos necessitam atender os padrões higiênico-sanitários exigidos pelas autoridades sanitárias e os requisitos sensoriais apreciados pelo consumidor.

A captura de atuns normalmente é realizada por empresas de grande porte em virtude da necessidade de um grande investimento para aquisição, adaptação e manutenção dos barcos, compra de iscas, óleo diesel, contratação de mão-de-obra e produção de gelo em quantidade suficiente para armazenar os peixes durante o período do cruzeiro (~20 dias).

A qualidade do atum é um fator decisivo na sua comercialização, afinal, os consumidores não hesitam em pagar mais caro por um produto de melhor qualidade. As principais características sensoriais observadas no atum são a cor, textura, frescor e sabor. Algumas empresas estão contratando especialistas para executar a avaliação sensorial dos atuns e classificá-los em diferentes níveis de qualidade com

o objetivo de enviá-los a diferentes mercados com preços distintos. Porém, a análise sensorial executada por esses classificadores não segue uma metodologia sistematizada, criando a necessidade de realizar estudos sobre métodos objetivos que possam substituir a atual metodologia.

Grande parte dos métodos químicos de avaliação da qualidade do pescado se fundamenta nas alterações quantitativas ou qualitativas dos compostos da fração nitrogenada não protéica do músculo, como por exemplo, o teor de bases nitrogenadas (amônia, trimetilamina, dimetilamina) e os teores de aminas bioativas. Estes últimos são compostos não voláteis, normalmente presentes em baixas concentrações nos alimentos protéicos, mas que podem ser progressivamente produzidas e acumuladas durante o armazenamento. Com o objetivo de exercer maior controle sanitário sobre alimentos importados, recentemente, a União Européia estabeleceu barreiras à exportação de pescado de países que não efetuam a análise dos teores de histamina muscular, principalmente nos peixes da família *Scombridae*, como os atuns e afins. Tal exigência deve ser cumprida em todos os lotes de atum, além de que as análises devem ser efetuadas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Então, tendo em vista a grande competitividade do mercado internacional, as crescentes exigências dos países importadores, bem como a escassez de dados referentes aos teores de histamina e outras aminas bioativas, faz-se necessário avaliar a qualidade do atum capturado no Brasil que é destinado a exportação.

## **OBJETIVOS**

### **1 Objetivo geral**

A avaliar a qualidade de atuns tipo exportação capturados pela técnica de espinhel pelágico no litoral de Pernambuco e Rio Grande do Norte.

### **2 Objetivos específicos**

- determinar os teores de histamina muscular em atuns tipo exportação capturados no período de dezembro de 2007 a dezembro de 2008 no litoral do Rio Grande do Norte;
- avaliar o grau de frescor de duas espécies de atum baseado nos teores de aminos bioativas;
- determinar as coordenadas colorimétricas de duas espécies de atum agrupadas em seis categorias por meio de análise sensorial;
- investigar a influência da condição vivo ou morto no momento de abate sobre a produção de aminos bioativas em duas espécies de atuns capturadas pelo espinhel pelágico.



## REVISÃO DA LITERATURA

Os atuns constituem um importante recurso pesqueiro mundial, tendo em vista que seus cardumes podem ser explorados simultaneamente em vários países distribuídos pelos oceanos Pacífico, Índico e Atlântico (HAZIN, 2006). São peixes que possuem uma elevada demanda no mercado internacional, por serem muito utilizados na indústria de alimentos enlatados. Também são bastante apreciados pelos consumidores quando servidos como “sashimi” (RUIZ-CAPILLAS & MORAL, 2005).

O “sashimi” é uma iguaria típica da culinária japonesa que se difundiu mundialmente. É preparado pelo corte de finas fatias de peixe, sendo servido cru com molhos a base de soja ou “wasabi” (figura 1) (VECIANA-NOGUÉS, MARINÉ-FONTE & VIDAL-CAROU, 1997a).



**Figura 1.** “Sashimis” produzidos com carne de salmão, atum e namorado, servido com molho a base de soja. Fonte: MERCADO DA PESCA (2008).

O “sashimi” pode ser preparado com a carne de salmão, namorado, cavala, badejo, e Meca. Contudo, os atuns se destacam por apresentarem uma carne de coloração rosada em virtude da grande quantidade de miopigmentos presente na carne (SANCHEZ-ZAPATA et al., 2008).

## **1. Características gerais dos atuns**

Os atuns pertencem à família *Scombridae*, que se divide em 15 gêneros e 48 espécies, das quais se destacam a albacora bandolim (*Thunnus obesus*), a albacora laje (*Thunnus albacares*), o bonito de barriga listrada (*Katsuwonus pelamis*), a albacora branca (*Thunnus alalunga*) e a albacora azul (*Thunnus thynnus*). Estas espécies representam cerca de 80% das capturas mundiais dos tunídeos (BRILL et al., 2005).

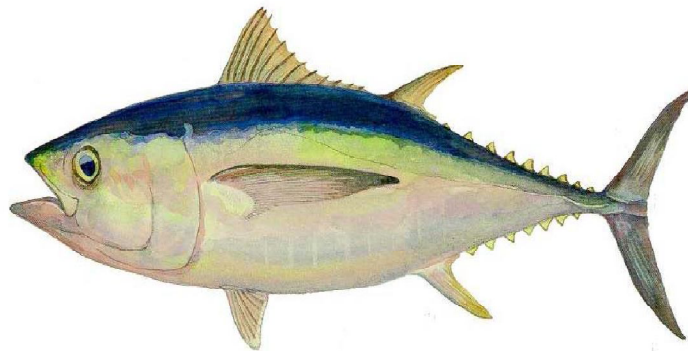
São peixes teleósteos, de grande voracidade e altamente migratórios. Se explorados adequadamente podem formar grandes cardumes, por causa do elevado ritmo de reprodução e alta taxa de crescimento, tanto em comprimento quanto em peso (COLLETE, 1995). Habitam as águas tropicais e subtropicais dos oceanos e costumam realizar amplos movimentos horizontais e verticais, na busca por temperaturas que variam de 18 a 31 °C. São peixes oportunistas, se alimentam de peixes, cefalópodos e crustáceos (BERTRAND, BARD & JOSSE, 2002). Possuem um sistema circulatório peculiar, pois conseguem realizar uma eficiente troca de calor com o meio, a ponto de conseguir elevar a temperatura corporal acima daquela registrada na água (BRILL et al., 2005).

## **2. Características da albacora bandolim (*Thunnus obesus*)**

A albacora bandolim é uma espécie de atum epi e mesopelágica, com distribuição cosmopolita, entretanto, a temperatura da água e o teor de oxigênio dissolvido constituem os fatores determinantes para sua localização no mar. São encontrados em águas com temperaturas que variam de 17 e 22 °C. É um peixe comprido, que pode alcançar até 250 cm, no entanto, são normalmente capturados na faixa de 40 a 170 cm (FONTENEAU et al., 2005).

Costumam ser freqüentemente capturados junto com exemplares da albacora laje, principalmente quando a arte da pesca é a rede de cerco. O inconveniente é que, quando jovens, esses atuns são bastante parecidos, dificultando a identificação da espécie. Porém, algumas pessoas mais experientes conseguem fazer a distinção das espécies por meio da identificação de manchas brancas em linha na região ventral do peixe, que costumam ser retas na albacora bandolim e curvas na albacora laje (FONTENEAU et al., 2005).

Os exemplares adultos são identificados pela coloração do corpo, pois a albacora bandolim é azul-escuro metálico na região dorsal, suas nadadeiras peitorais são amarelo-escuro, enquanto a nadadeira anal é prateada. Além disto, existe uma linha azulada iridescente nos dois lados do corpo (figura 2) (FIGUEIREDO, 2007).

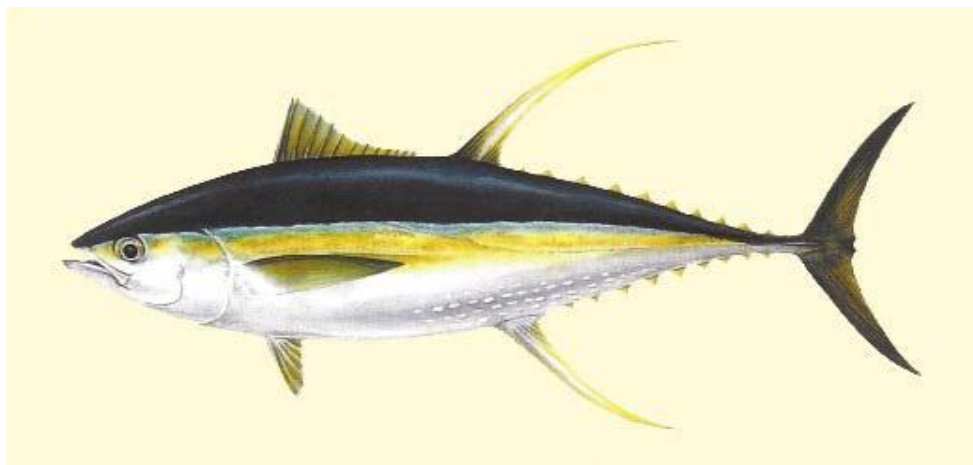


**Figura 2.** Albacora bandolim (*Thunnus obesus*). Fonte: FIGUEIREDO (2007).

### **3. Características da albacora laje (*Thunnus albacares*)**

A albacora laje também é uma espécie epi e mesopelágica, que pode ser encontrada nas águas tropicais dos Oceanos Atlântico, Pacífico e Índico. Seus exemplares mais jovens habitam águas superficiais, enquanto os adultos realizam amplos movimentos verticais na busca de temperaturas próximas a 22 °C. Podem alcançar até 239 cm, mas comumente são capturados de 30 e 170 cm (PEREIRA, 2007).

A identificação dos peixes adultos também é realizada pela coloração do corpo do animal. A região dorsal é azul-escuro metálico, a primeira nadadeira dorsal tem uma intensa cor amarela, e a segunda nadadeira dorsal bem como a nadadeira anal é amarelo claro (figura 3) (COLLETE, 1995).



**Figura 3.** Albacora laje (*Thunnus albacares*). Fonte: FIGUEIREDO (2007).

#### **4. Histórico, estatística e modalidades de pesca dos atuns**

Com origens desde a antiguidade, na Grécia Clássica e no Império Romano, os atuns são os principais representantes do grupo pesqueiro denominado de atuns e afins que inclui outras espécies associadas à sua captura, como os agulhões pertencentes à família *Istiophoridae* e *Xiphiidae*, e os tubarões, em sua maioria, representantes da família *Carcharhinidae* (FISHTEC, 2003).

Registra-se que anualmente sejam capturados cerca de quatro milhões de toneladas de atum distribuídas pelos oceanos Pacífico (65%), Índico (21%) e Atlântico (14%). O Japão é considerado o maior produtor mundial, sendo responsável por 18% do volume total capturado. Em segundo lugar está a União Européia através da produção da Espanha, França, Itália e Portugal com 13%, entretanto, 90% dessas capturas são realizadas por navios franceses e espanhóis. Em seguida, se destacam Taiwan (11%), Indonésia (9%), Coreia do Sul (6%) e Filipinas (5%) (ICCAT, 2006).

No oceano Atlântico, são capturadas anualmente cerca de 600.000 toneladas de atuns e afins. O Brasil produz cerca de 40.000 toneladas, representando apenas 6,66% das capturas realizadas no oceano Atlântico, mas que, em nível mundial, torna-se insignificante.

De acordo com a característica altamente migratória dos atuns, [pode-se](#) dizer que não existe uma espécie genuinamente brasileira. Entretanto, existem os peixes de origem brasileira por serem capturados por embarcações nacionais ou estrangeiras arrendadas, e que foram desembarcados nos portos do país (HAZIN, 2006).

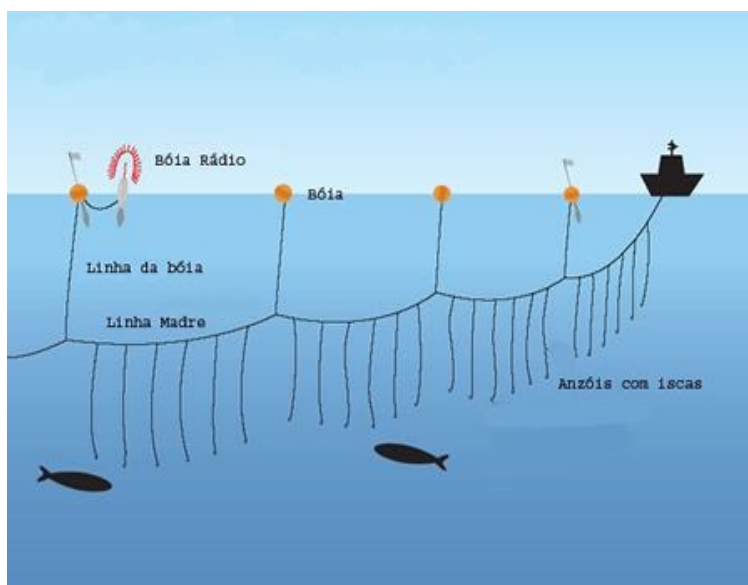
Historicamente, a pesca de atuns e afins teve seu início no Brasil em 1956, quando embarcações japonesas iniciaram suas atividades no porto do Recife, PE (OLIVEIRA et al., 2007). Porém, diversos entraves políticos e econômicos provocaram a suspensão da atividade no período de 1964 até 1975 (PEREIRA, 2007). Todavia, o arrendamento de barcos coreanos permitiu a retomada da captura de atuns na região Nordeste a partir de 1976 (HAZIN, 2006). A utilização de embarcações nacionais adaptadas à pesca por meio do espinhel de multifilamento nos anos 80 permitiu a consolidação da pesca de atuns no Brasil (NEVES, BASTOS & NEVES, 2001). Mas em 1996, esse tipo de espinhel foi substituído pelo de monofilamento que é comumente conhecido por espinhel pelágico (FIGUEIREDO, 2007).

Atualmente, o Brasil é o único país do Atlântico sul que ainda captura atuns através da modalidade de vara e isca viva. A modalidade de cerco ocorre esporadicamente, sendo realizada por traineiras licenciadas para pesca de sardinha verdadeira. Outra técnica utilizada desde a década 60 é o “Fish Attraction Devices”

(FADs), que utiliza bóias fundeadas em posições conhecidas, facilitando o acesso das embarcações e reduzindo o consumo de óleo diesel (SCHROEDER & CASTELLO, 2007). O tamanho dos peixes capturados varia de acordo com a arte de pesca utilizada, ou seja, de médio a grande porte (45-50 kg) na pesca com espinhel, pequeno a médio (20-30 kg) em barcos com vara e isca viva, e pequenos (5-10 kg) na pesca com rede de cerco (ICCAT, 2006).

## 5. A pesca de atuns pelo espinhel pelágico

O espinhel pelágico, também conhecido como de monofilamento, consiste numa linha principal de nylon de alta resistência, com cerca de 80 km, da qual partem linhas secundárias com anzóis de 1500 a 2.200 no total (figura 4).



**Figura 4.** Espinhel de pelágico ou de monofilamento.

O espinhel pelágico é lançado com iscas tingidas com cores brilhantes, principalmente lulas (*Illex argentinus*), que estão presas a bastões luminosos com a finalidade de atrair os peixes. Atingem profundidades que variam de 45 a 80 m, sendo lançados após o pôr-do-sol por causa do comportamento das espécies-alvo que são os grandes peixes que habitam águas superficiais e profundas, ou seja, peixes pelágicos e demersais, respectivamente (NEVES, BASTOS & NEVES, 2001).

## **6. Práticas de manipulação do pescado**

A qualidade da carne dos atuns depende de múltiplos fatores relacionados com sua captura e posterior manipulação (ROBB, KESTIN & WARRIS, 2000). Para produzir a carne almejada pelo consumidor tem-se a necessidade de executar um planejamento cuidadoso que engloba toda estrutura de pesca, beneficiamento a bordo, processamento no entreposto, além das operações de logística para distribuição e comércio, afinal, eventuais falhas poderão prejudicar de maneira considerável e irreversível a qualidade da carne (SANTOS, MEIRELES & ARAÚJO, 2006).

Por ser considerado um alimento altamente perecível, a carne dos atuns deve ser manipulada sob cuidados especiais. De modo semelhante à carne dos mamíferos, essa carne pode se alterar por autólise, atividade bacteriana e/ou oxidação. O músculo do pescado é mais susceptível à deterioração, tendo em vista que o processo autolítico é mais rápido e sua reação menos ácida favorece a contaminação microbiana (VIEIRA et al., 2004).



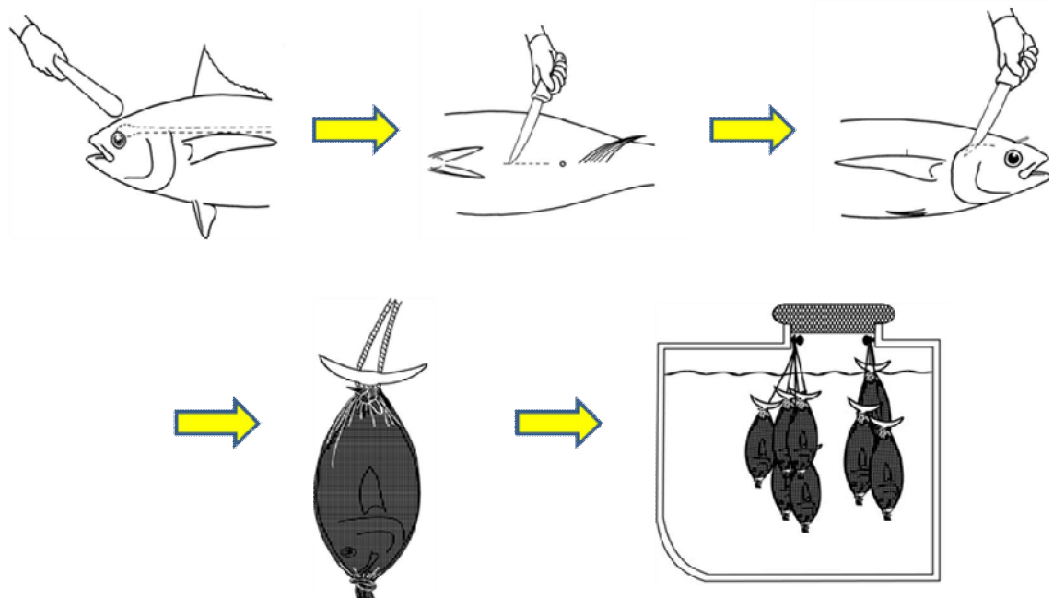
Logo que o atum morre, seja quando é retirado da água ou não, acontecem várias transformações bioquímicas. Estas provocam sua deterioração que é entendida como todas as alterações inaceitáveis que ocorrem depois da morte. Estas alterações acontecerão independentemente da forma como o peixe é manuseado. Porém a velocidade com que estas se instalam pode ser reduzida, até certa extensão, para manter o alto grau de frescor de modo que a etapa posterior de processamento seja possível (LEITÃO, 1994).

Pode-se dizer que a velocidade e a extensão da decomposição autolítica do pescado são menos acentuadas do que aquelas ocasionadas por deterioração microbiana (ASHIE, SMITH & SIMPSON, 1996). A autólise normalmente está relacionada ao desenvolvimento de compostos responsáveis pelo “flavour” do pescado, mas também se inicia a deterioração microbiana, já que o ataque microbiano praticamente não ocorre enquanto não houver cessado o período de *rigor mortis*. Dessa forma, quanto mais se retardar o rigor mortis, maior será o período da conservação do pescado (KUHN & SOARES, 2002).

O término do *rigor mortis* pode ser acelerado pelo desgaste físico que precede a morte do peixe, sendo ocasionada pela falta de oxigênio, elevação de temperatura corporal e intensa modificação da atividade metabólica (JERRET, STEVENS & HOLLAND, 1996). Os atuns, em particular, são muito sensíveis a estas mudanças, uma vez que dispõem de um índice metabólico bastante elevado, que se soma com o grande teor de gordura, proporcionando a elevação da sua temperatura acima de 10 °C da registrada na água (BRILL et al., 2005). Segundo Soto et al. (2006), a deterioração do pescado acontecerá independente da origem ou procedência do pescado, porém a velocidade dessas alterações varia bastante entre as espécies.

Sabe-se que o método de captura tem uma forte influência sobre a qualidade da carne do pescado, tendo em vista que exerce efeito sobre o tempo de *rigor mortis* (SOTO et al., 2006). O forte estresse, ocasionado quando o peixe é fogado pelas redes de cerco ou anzóis, promove o consumo das reservas de glicogênio muscular a fim de suprir a demanda de adenosina trifosfato (ATP), o qual é suprido normalmente pela glicólise aeróbia com participação do oxigênio (VIEIRA, 2004). No entanto, a glicólise anaeróbia produz ácido láctico que se acumula, reduzindo o pH muscular (COLE et al., 2003).

De acordo com Soto et al. (2006), as práticas de captura e abate utilizados na manipulação do atum provocam um forte estresse que é responsável pelos diferentes níveis de qualidade da carne. Dessa forma, são comumente utilizadas práticas de captura e manipulação pós-captura que minimizam o estresse e garantem a qualidade do pescado até o consumo (atordoamento, evisceração, descabeçamento, acondicionamento e conservação (figura 5).



**Figura 5.** Fluxograma de manipulação pós-captura do atum.

## **7. Avaliação da qualidade e frescor do atum**

A qualidade e o frescor da carne do atum normalmente são julgados pela intensidade da cor vermelho brilhante do músculo, constituindo uma importante característica analisada pelo consumidor no momento da compra, especialmente quando se destinam a preparação de “sashimi” (VIRIYARATTANASAK et al., 2008). Biologicamente, a intensidade dessa cor depende da concentração da mioglobina muscular, bem como de seu estado de oxi-redução (SMULEVICH et al., 2007). A mioglobina é uma proteína essencial para o armazenamento de oxigênio muscular dos animais e sua concentração pode variar em função da espécie, idade, nível de atividade física, bem como a maneira de como a carne é tratada (MANCINI & HUNT, 2005).

A cor vermelha brilhante da carne é resultante da reação da mioglobina com o oxigênio formando a oximioglobina. Porém, durante o armazenamento, a cor vermelha vai mudando gradualmente até tornar-se marrom como resultado da formação da metamioglobina (ABRIL et al., 2001). Além da cor, outros aspectos avaliados na carne do atum são a análise da textura, translucidez, teor de gordura e frescor da carne (SMULEVICH et al., 2007). Rotineiramente, as empresas que processam atum efetuam a análise da qualidade da carne pela coleta de amostras na região da nadadeira peitoral através da introdução de um tubo metálico até alcançar a base óssea. A observação desse material permite os classificadores separarem os atuns em diferentes níveis de qualidade e, dessa forma, facilitar a distribuição nos diferentes mercados (MATEO et al., 2005).

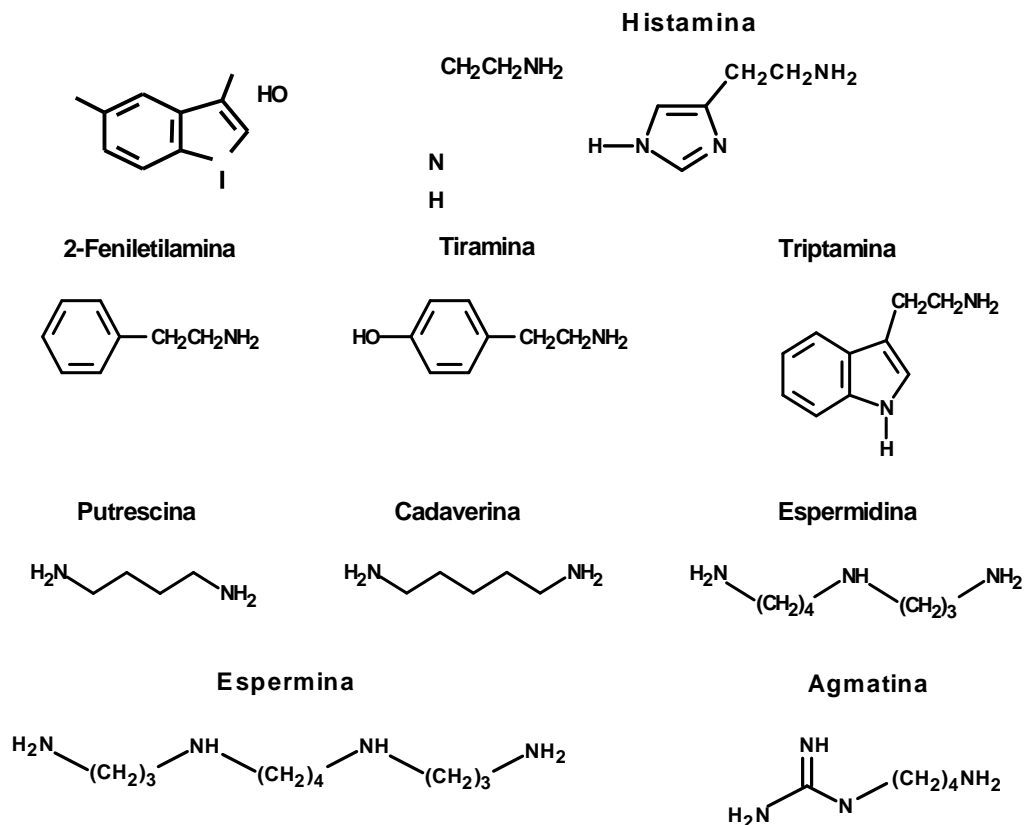
Percebe-se que a qualidade da carne do peixe fresco é avaliada principalmente por meio de métodos sensoriais. Também são comumente utilizados os testes microbiológicos e as análises físico-químicas (RUIZ-CAPILLAS & MORAL, 2005). Entretanto, devido à subjetividade dos métodos sensoriais e à demora e o custo elevado para execução dos testes microbiológicos, métodos químicos que quantifiquem os produtos derivados da atividade enzimática endógena ou microbiana têm sido desenvolvidos e empregados na avaliação da qualidade do frescor do pescado (VECIANA-NOGUÉS, MARINÉ-FONT & VIDAL-CAROU, 1997b). Muitos índices químicos de qualidade estão baseados nas alterações qualitativas e quantitativas de compostos da fração nitrogenada não protéica do músculo (MIETZ & KARMAS, 1978). Então, a detecção de alterações progressivas destas substâncias no músculo do pescado durante o armazenamento é o primeiro requisito para considerar tais substâncias como potenciais índices de qualidade (MIETZ & KARMAS, 1977).

O teor de bases nitrogenadas voláteis (amônia, dimetilamina e trimetilamina) tem sido empregado como índice de frescor do pescado (RUIZ-CAPILLAS & MORAL, 2001). Entretanto, existem controvérsias sobre a efetividade desses parâmetros, uma vez que em algumas espécies de pescado, alterações significativas dessas substâncias somente ocorrem quando os sinais de deterioração são perceptíveis sensorialmente (LAPA-GUIMARÃES, 2005). Uréia e triptofano livre também têm sido utilizados como índice de frescor para invertebrados marinhos, mostrando resultados bastante promissores (RAWLES, FLICK & MARTIN, 1996; ARAUERSWALD, MORREN & LOPATA, 2006). Outras substâncias utilizadas na avaliação do frescor do pescado são as aminas biogênicas (BAIXAS-NOGUERAS et al., 2002). Tais substâncias são aminas não voláteis, que estão presentes em

baixas quantidades nos alimentos, podendo ser produzidas durante o armazenamento dependendo da disponibilidade de aminoácidos, da presença de bactérias capazes de descarboxilar aminoácidos e de condições favoráveis para o crescimento bacteriano, produção e atividade enzimática (HALÁSZ et al., 1994).

## 8. Aminas bioativas

As aminas bioativas ou biologicamente ativas são bases orgânicas de baixo peso molecular que podem ser alifáticas, alicíclicas ou heterocíclicas (figura 6) (GLÓRIA et al., 1999).



**Figura 6.** Estrutura química das aminas bioativas.

São formadas por processos bioquímicos, participam de funções metabólicas e fisiológicas importantes nos organismos vivos (ARLORIO, COISSONM & MATINELLI, 1998). Podem ser encontradas em alimentos de origem animal, vegetal bem como em alimentos fermentados (BRINK et al., 1990; HALÁSZ et al., 1994). A denominação das aminas bioativas, em sua maioria, é função dos aminoácidos precursores, como por exemplo, a histamina, tiramina e triptamina que se originam da histidina, tirosina e triptofano, respectivamente (BALDINI, 1982). Porém, os nomes da cadaverina e putrescina, originam-se do fato destas aminas terem sido encontradas em produtos em decomposição ou putrefação (ARNOLD & BROWN, 1978). Já a espermina e espermidina se referem ao fluido seminal, de onde foram isoladas pela primeira vez (LARQUÉ, SABATER-MOLINA & ZAMORA, 2007).

As aminas bioativas podem ser classificadas em função da via biossintética que lhes deu origem em poliaminas naturais que são sintetizadas na medida em que são requeridas, como por exemplo, a espermidina e a espermina. Podem ser biogênicas, quando são formadas por reações de descarboxilação conduzidas por descarboxilases bacterianas como, por exemplo, a histamina, serotonina, tiramina, feniletilamina, triptamina, putrescina, cadaverina e agmatina (SHALABY, 1996). Com relação à função que exercem, as aminas bioativas podem ser classificadas em moduladoras e promotoras do crescimento (espermidina e espermina) por atuarem no crescimento e manutenção do metabolismo celular, e em vasoativas e neuroativas (tiramina, histamina e serotonina) devido ao seu efeito nos sistemas vascular e neural (ELIASSEN et al., 2002).

## 8.1. Formação das aminas bioativas

As aminas bioativas podem ser formadas por transaminação de aldeídos ou cetonas, hidrólise de compostos nitrogenados, decomposição térmica ou descarboxilação de aminoácidos, sendo esta a principal via de formação (BARDÓCZ, 1995). Neste último caso, a formação de aminas biogênicas está condicionada à disponibilidade de aminoácidos livres, presença de microrganismo descarboxilase positivo e também as condições favoráveis para o crescimento bacteriano, síntese e ação de enzimas descarboxilantes (SHALABY, 1996).

Os microrganismos com atividade descarboxilante sobre os aminoácidos podem fazer parte da microbiota associada ao alimento, serem introduzidos para obtenção de produtos fermentados, ou ainda por contaminação antes, durante ou depois do processamento (BRANDÃO, 1996). Então, a quantidade e o tipo de aminas presente nos alimentos dependem da natureza, origem, etapas de processamento e microrganismos presentes (ABABOUCHE et al., 1991b).

Dentre os gêneros bacterianos capazes de descarboxilar um ou mais aminoácidos estão incluídos os *Bacillus*, *Citrobacter*, *Clostridium*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Photobacterium*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Shigella* e *Streptococcus* (ABABOUCHE et al., 1991a). Espécies de *Enterobacteriaceae* produzem histamina, tiramina, putrescina e cadaverina (TSAI et al., 2004). Em peixes, *Morganella morgani*, *Klebsiella pneumoniae*, e *Hafnia alvei* são consideradas profícuas formadoras de histamina (TSAI et al., 2005).

Fatores como temperatura, pH do meio, tensão de oxigênio, presença de vitaminas e coenzimas, concentração de aminoácidos livres e de carboidratos

fermentáveis podem influenciar na produção de aminas pelos microrganismos (VALE & GLÓRIA, 1997).

Em meio ácido (pH 2,5 a 6,5), a produção de aminas é estimulada como mecanismo de proteção da bactéria, devido ao fato de que altas concentrações do íon  $H^+$  tornam-se prejudiciais ao microrganismo fazendo com que este sintetize as enzimas descarboxilases (BECKER et al., 2001).

Com relação à temperatura, as descarboxilases são mais ativas em temperaturas inferiores a 30 °C, acima de 40 °C são inativadas e na faixa de 0 a 10 °C, a atividade dependerá da microbiota presente (GUIZANI et al., 2005).

## **8.2. Funções das aminas bioativas**

Estudos com microrganismos, animais e plantas têm demonstrado a importância das aminas bioativas no metabolismo e crescimento (CONCA et al., 2001). As poliaminas atuam como reservas de nitrogênio, substâncias naturais de crescimento de microrganismos e de vegetais, atuam como hormônios ou fatores de crescimento, aceleram o processo metabólico, participam na regulação da secreção gástrica, na contração e relaxamento do músculo liso, são biomoduladores e estimulam os neurônios sensoriais, motores e cardiovasculares (HERNANDEZ-JOVER et al., 1997).

As poliaminas são indispensáveis às células vivas, desempenhando papel importante em diversas funções fisiológicas de humanos e animais (KALAC & KRAUSOVÁ, 2005). Espermidina e espermina estão envolvidas na síntese de DNA,



RNA e de proteínas, na estabilização das membranas, e são essenciais no crescimento e duplicação das células (KALAC et al., 2005). Espermina e espermidina também têm implicações na renovação e funcionalidade do trato digestivo e na maturação da mucosa intestinal (KALAC, 2006).

Algumas amins são psicoativas ou vasoativas. A histamina, serotonina, dopamina, adrenalina e noradrenalina são psicoativas e atuam como neurotransmissoras no sistema nervoso central (BARROS et al., 1997). As vasoativas atuam direta ou indiretamente no sistema vascular, podendo ser vasoconstritoras ou vasodilatadoras (ÖNAL, 2007).

Tiramina, feniletilamina, isoamilamina, dopamina, adrenalina, noradrenalina e triptamina causam um aumento na pressão sanguínea por constrição do sistema vascular e aumento da velocidade e da força da contração cardíaca (BORADE, BALLARY & LEE, 2007).

A histamina causa vasodilatação, reduz a pressão sanguínea, aumenta a contração e a velocidade do batimento cardíaco, atua na contração e relaxamento do músculo liso, na regulação da secreção gástrica e como estimulante dos neurônios dos sistemas motor e sensorial (MIKI, ISHIKAWA & OKAYAMA, 2005).

### **8.3. Aspectos toxicológicos das amins bioativas**

As amins são substâncias importantes na dieta humana, pois desempenham funções fisiológicas essenciais (MOINARD, CYNOBER & BANDT, 2005). Sendo assim, as amins em baixas concentrações geralmente não apresentam risco à

saúde humana (KHUHAWAR & QURESHI, 2001). Entretanto, quando ingeridas em elevadas concentrações ou quando o sistema de catabolismo das aminas é inibido, podem causar efeitos tóxicos (KIM et al., 2000).

Quando tais substâncias estão presentes nos alimentos, são rapidamente metabolizadas no organismo por conjugação ou mediante reações de oxidação por aminoxidases, como as monoaminoxidases (MAO), as diaminoxidases (DAO) e as poliaminoxidases (PAO) (SMITH, MOGRIDGE & SOUSADIAS, 1996).

Dentre os fatores que interferem no catabolismo das aminas, tem-se a deficiência genética, a inibição por agentes farmacológicos inibidores da MAO ou de substâncias potencializadoras como as aminas putrescina, cadaverina, tiramina, triptamina, feniletilamina, espermidina e espermina. O etanol também pode atuar como inibidor da MAO, intervindo no metabolismo das catecolaminas, tiramina e feniletilamina (HALÁSZ et al., 1994).

A mais freqüente intoxicação causada por aminas biogênicas envolve a histamina (YEH, LIN & HWANG, 2006). A intoxicação histamínica resulta da ingestão de alimentos que contêm altos teores de histamina (VINCI & ANTONELLI, 2002). Os principais sintomas são erupções na pele, náuseas, dor de cabeça, palpitações, vômitos, dores abdominais, distúrbios respiratórios e taquicardia e em casos mais severos pode ocorrer o edema de glote (TAYLOR, 1986). O principal alimento envolvido nesta intoxicação é o peixe (CHANG et al., 2008).

As aminas putrescina e cadaverina podem potencializar o efeito tóxico da histamina, por inibir as enzimas DAO, aumentando o seu transporte através da parede gastrointestinal (TAYLOR, 1986). A presença destas substâncias potencializadoras pode explicar porque, em alguns casos, peixes são mais tóxicos

que a mesma quantidade de histamina quando ingerida sozinha (SILVEIRA et al., 2001).

Os níveis tóxicos das aminas bioativas para humanos são ainda incertos (BRINK et al., 1990). Para histamina, a dose tóxica em alimentos é de 10 mg/100 g de alimento e em bebida alcoólica 2 mg/L (SOARES et al., 1998). Entretanto, indivíduos sensíveis à histamina, asmáticos ou portadores de úlcera são mais susceptíveis aos efeitos tóxicos da histamina (SOARES & GLÓRIA, 1994).

A tiramina é a segunda amina envolvida em intoxicações alimentares. Em concentrações elevadas pode causar cefaléia, febre, vômito, transpiração, inflamação cutânea, dores de cabeça e aumento da pressão sanguínea (ANDERSON, 2008). Em pacientes em tratamento com inibidores da MAO, a tiramina pode causar enxaqueca, induzir hemorragia cerebral e parada cardíaca (ARNOLD & BROWN, 1978).

As aminas triptamina e 2-feniletilamina, da mesma forma que a tiramina, podem provocar dor de cabeça, enxaqueca, aumentar a pressão sanguínea, devido à constrição do sistema vascular, e a taxa da contração, enquanto que a tiramina e serotonina podem causar crises hipertensivas e hemorragia intracraniana (LEHANE & OLLEY, 2000).

#### **8.4. Aminas biogênicas como critério de qualidade**

Na maioria dos alimentos ricos em proteínas e aminoácidos submetidos a condições favoráveis ao crescimento microbiano, pode-se ter a formação de aminas

biogênicas (LEUSCHNER et al., 1998). Os tipos e teores de aminas formadas irão depender do alimento e da microbiota presente, já que podem ser formadas em alimentos por enzimas de bactérias contaminantes devido às condições higiênic-sanitárias inadequadas (LIMA et al., 2006).

Assim sendo, podem ser utilizadas como parâmetro ou critério de qualidade, refletindo a má qualidade das matérias-primas utilizadas e/ou das condições higiênicas prevalentes durante a fabricação de certos produtos (MIETZ & KARMAS, 1977). Podem também ser utilizadas como um indicador do alimento deteriorado, uma vez que a deterioração microbiana pode ser acompanhada pelo aumento da produção de descarboxilases (MALE, VALLE & BOUQUELET, 1996). Uma vantagem da utilização de aminas como critério de qualidade reside no fato destas serem termo-resistentes, permanecendo no alimento mesmo após tratamento térmico (GLÓRIA et al., 1999).

### **8.5. Aminas bioativas em peixe**

Sob condições fisiológicas normais, os músculos de peixes frescos contêm teores significativos de espermidina e espermina, teores baixos de putrescina e traços de histamina (FRATINI & LIONETTI, 1998). Diversos fatores podem interferir nos teores de aminas em peixes, dentre eles, época do ano, genética, ambiente, sexo, estágio fisiológico e tecido amostrado (ABABOUC et al., 1991b; VECCIANA-NOGUES et al., 1997b). Peixes escombrídeos, como atum, bonito e cavala são particularmente susceptíveis a formação de histamina uma vez que contêm teores elevados de histidina livre. Entretanto, peixes de outras famílias (*Scomberesocidae*,

*Pomatomidae, Coryhaenidae, Carangidae, Clupeidae and Engraulidae*) também são susceptíveis de formação desta amina (ARNOLD & BROWN, 1978; TAYLOR, 1986; CE, 1991; CDC, 2008).

A microbiota do peixe também exerce um fator relevante na formação de aminas (ALIMELLI et al., 2007). A microbiota, por sua vez, pode ser transiente, variando em função do ambiente, dieta e condições higiênico-sanitárias durante a captura, manuseio, processamento e armazenamento (BEN-GIGIREY et al., 2000).

Outros fatores que podem influenciar os teores de aminas no peixe incluem local de captura, temperatura do ar e da água, práticas de manuseio pós captura, sistemas e velocidades de resfriamento e congelamento, e condições de armazenamento (ARNOLD & BROWN, 1978; FDA, 1995).

Vários estudos demonstraram que a temperatura de armazenamento do peixe é um fator crítico na formação de histamina e outras aminas no tecido muscular do peixe (RUIZ-CAPILLAS & MORAL, 2001; SILVEIRA et al., 2001; GUIZANI et al., 2005). A refrigeração rápida e ininterrupta do peixe após a captura é, portanto, primordial para se obter um peixe de boa qualidade (VECCIANA-NOGUES et al., 1997b).

O Food and Drug Administration (FDA,1995) informa que o resfriamento rápido do peixe, imediatamente após a captura, é a melhor estratégia para limitar a formação de histamina em peixes. Afirma também que a temperatura interna dos mesmos deve ser reduzida a 10 °C ou menos em 6 h após a morte e que o resfriamento de 10 a 4.4 °C ou menos não deve exceder 18 h.

De acordo com Glória et al. (1999), a permanência de peixes em temperaturas superiores a 4 °C reduzem significativamente a vida de prateleira do peixe. Desta forma, a manutenção das condições higiênico-sanitárias e de refrigeração são essenciais para prevenir a formação de amins. Falhas eventuais nesta cadeia podem propiciar o crescimento de microrganismos e elevação nos teores de amins.

Para assegurar a proteção à saúde do consumidor, o FDA (Food and Drug Administration) revisou o guia de conformidade para decomposição e intoxicação histamínica em 1995, onde ficou estabelecido que o peixe pode ser considerado deteriorado quando os teores de histamina situarem em 50 mg/kg (FDA, 1995).

Para a União Européia (EU), um nível aceitável de 100 ppm foi estabelecido para histamina em atum e outros peixes pertencentes às famílias *Scombridae* e *Scombreresocidae*. Mas, devido ao efeito potencializador de outras amins no efeito tóxico da histamina, a UE recomenda o uso de cromatografia líquida de alta eficiência para a determinação dessas amins (CE, 1991).

## **9. A cor como atributo de qualidade da carne**

A cor é um atributo visual resultante da combinação de compostos cromáticos e acromáticos. Sua percepção não depende apenas da cor física do objeto, mas também, do seu tamanho, forma e estrutura (CAÑEQUE & SANUDO, 2000). É considerada um dos principais fatores determinantes do valor comercial do atum, tendo em vista que o consumidor a relaciona com outros atributos sensoriais de qualidade, como por exemplo, sabor e textura (MATEO et al., 2006).

A percepção da cor da carne dependerá da estrutura do músculo e da concentração de pigmentos, tendo em vista que exercem influencia na quantidade de luz refletida. O principal pigmento muscular é a mioglobina, pois constitui 80 a 90% do total. Também podem ser encontrados outros pigmentos como hemoglobina, catalase e citocromo-enzimas, entretanto, sua contribuição na cor é muito menor (MINCI & HUNT, 2005). Segundo Cañeque & Sanudo (2000), a cor da carne é determinada por fatores intrínsecos como espécie, idade, sexo, assim como a fatores extrínsecos relacionados ao estresse, pH muscular, entre outros.

Um animal recém-abatido tem sua carne de coloração vermelho púrpura, devido à formação da oximioglobina. A desoxigenação da mioglobina, a qual é ocasionada pela dissociação do oxigênio devido ao baixo pH, aumento da temperatura, luz ultravioleta e baixa tensão de oxigênio, promove a oxidação da mioglobina formando a metamioglobina, de coloração marrom, indesejável (MINCI & HUNT, 2005). A formação desta cor constitui um sério problema para a venda da carne, porque a maioria dos consumidores a associam com um longo período de armazenamento, embora possa haver formação em poucos minutos (MATEO et al., 2006).

Na carne fresca, substâncias redutoras evitam o acúmulo de metamioglobina. Entretanto, a formação de metamioglobina é favorecida por baixas pressões de oxigênio, altas temperaturas, sal e bactérias aeróbias (FRANCIS, 1995).

## **CAPÍTULO I**

### **Teores de histamina em atuns tipo exportação capturados pela técnica de espinhel pelágico no litoral do Rio Grande do Norte, Brasil**

#### **RESUMO**

Este trabalho teve o objetivo de determinar os teores de histamina de atuns capturados pela técnica de espinhel pelágico no litoral do Rio Grande do Norte, Brasil. Foram analisadas 180 amostras de atum fresco tipo exportação representando 529 toneladas de pescado, no período de dezembro de 2007 a dezembro de 2008. As análises foram efetuadas de acordo com a metodologia de Duflos et al. (1999) por derivação das aminas bioativas com cloreto de dansila, separação da histamina por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) e detecção espectrofotométrica a 254 nm. Os teores de histamina de 171 amostras estavam abaixo do limite de quantificação do método (4,49 mg/kg). Em apenas nove amostras os valores variaram entre 4,92 e 6,90 mg/kg. Porém, todos os peixes poderiam ser consumidos sem representar risco a saúde do consumidor, pois esses resultados situaram-se abaixo do limite máximo permitido pela legislação do Brasil (100 mg/kg), União Européia (200 mg/kg) e EUA (50 mg/kg). Esses resultados demonstraram a excelente qualidade do pescado capturado pela técnica do espinhel pelágico no litoral do Rio Grande do Norte.

**PALAVRAS-CHAVE:** atum, histamina, espinhel pelágico.



## **SUMMARY**

The objective of this study was to determine the levels of histamine in tuna caught by pelagic trawl of the coast of Rio Grande do Norte, Brazil. 180 samples of export type fresh tuna were analyzed representing 529 tons of fish from December 2007 until December 2008. The samples were analyzed according to the method of Duflos et al. (1999) through derivatization of bioactive amines by dansyl chloride, separation by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) and spectrophotometric detection at 254 nm. The levels of histamine in 171 samples were below the limit of quantification of the method (4.49 mg/kg). In only nine samples, histamine values varied between 4.92 and 6.90 mg/kg. However, the fish could be consumed without risking the health of the consumers. These values are below the maximum allowed by the legislations of Brazil (100 mg/kg), European Union (200 mg/kg) and USA (50 mg/kg). These results demonstrated the excellent quality of fish caught by pelagic trawl of the coast of Rio Grande do Norte, Brazil.

**KEY-WORDS:** tuna, histamine, pelagic trawl.

## I.1. Introdução

Na perspectiva de alcançar os benefícios trazidos pela globalização, o Brasil tem procurado se inserir cada vez mais no mercado internacional (SANTOS, MEIRELES & ARAÚJO, 2005). A exportação do pescado brasileiro aumentou significativamente, principalmente para os Estados Unidos e União Européia.

O estado do Rio Grande do Norte terminou o primeiro bimestre de 2008 com um saldo positivo nas exportações com mais de US\$72 milhões. As exportações de pescado representaram 12% desse valor e detêm excelentes perspectivas de crescimento por causa do crescente investimento no setor desde a criação da Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca (ARAÚJO, 2008).

Grandes embarcações do estado do RN têm como espécies alvo de sua captura a albacora bandolim (*Thunnus obesus*) e a albacora laje (*Thunnus albacares*) (ARAÚJO, 2008). Essas espécies são bastante valorizadas no mercado europeu e, em conjunto com as lagostas e espadartes, representam uma considerável parcela da exportação do RN. Mas, outras espécies capturadas acidentalmente não devem ser desconsideradas, pois representam uma excelente fonte protéica, além de contribuir com a movimentação da economia local (NEWSCOMEX, 2006).

Segundo Santos, Meireles & Araújo (2005), aproximadamente 99% dos atuns frescos capturados no RN são exportados para os Estados Unidos e União Européia (UE). Todavia, na busca por alimentos de qualidade comprovada, os países importadores de pescado estão impondo barreiras sanitárias cada vez mais rígidas, dificultando as transações comerciais das empresas exportadoras de pescado (NEWSCOMEX, 2006).

Os países integrantes da UE têm exigido que todos os lotes de atum sejam analisados quanto aos teores de metal pesado (mercúrio) e histamina (CE, 1991). No entanto, estas análises são bastante onerosas e demandam um tempo considerável para serem executadas, dificultando a logística de exportação do pescado fresco (ARAÚJO, 2008). Também foi estabelecido que as análises devem ser realizadas por técnicas de cromatografia líquida de alta eficiência e que os lotes devem ser representados por nove amostras. A aprovação de cada lote ocorrerá apenas quando nenhuma amostra ultrapassar o limite máximo de 200 mg/kg ou quando até duas amostras não apresentam teores variando entre 100 e 200 mg/kg de histamina (CE, 2005).

A preocupação com a histamina é pertinente, tendo em vista que esta amina é freqüentemente associada a surtos de intoxicação alimentar (HUGHES & POTTER, 1991), porém o Brasil não dispõe de registros oficiais sobre surto de intoxicação histamínica envolvendo atuns e registrou apenas dois alertas de teores elevados dessa substância nos últimos seis anos.

Autoridades sanitárias da UE realizaram várias inspeções no Brasil para verificar como o governo brasileiro está realizando o controle de histamina dos peixes destinados a exportação, e observou que a rede de laboratórios era insuficiente para atender a demanda de análises, a metodologia utilizada não estava de acordo com a recomendação internacional e o número de dados oficiais era insignificante quando comparado ao volume de pescado comercializado (NEWSCOMEX, 2006). Dessa maneira, o presente trabalho teve o objetivo de determinar os teores de histamina dos atuns capturados no litoral do Rio Grande do Norte pela técnica de espinhel destinados a exportação.

## I.2. Material e métodos

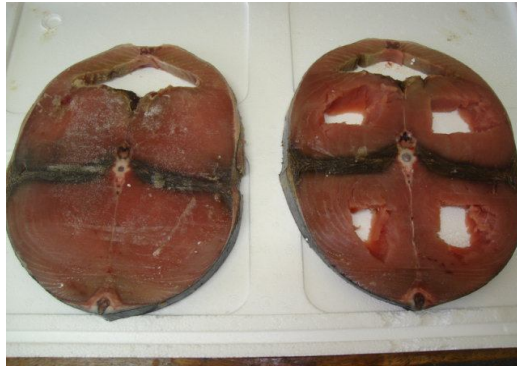
Foram coletadas 180 amostras de atum tipo exportação capturado pela técnica de espinhel pelágico no litoral do Rio Grande do Norte, Brasil. As análises foram efetuadas no período de dezembro de 2007 a dezembro de 2008 e representaram 20 lotes de pescado com um total de 529 toneladas (Tabela I.1).

**Tabela I.1.** Tamanho dos lotes de atum fresco exportado por entrepostos de pescado do RN para União Européia entre dezembro de 2007 a dezembro de 2008

Lote	Tamanho do lote (kg) por mês/ano								
	dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	abr/08	mai/08	ago/08	set/08	dez/08
A	40.000	32.000	7.000	5.500	6.500	6.000	13.000	30.000	40.000
B	-	18.000	22.000	24.000	18.000	35.000	82.000	40.000	-
C	-	6.000	-	-	-	95.000	3.000	6.000	-
									Total: 529.000 kg.

Imediatamente após a captura, os peixes foram atordoados, sangrados, eviscerados e descabeçados com a finalidade de eliminar focos de contaminação. Também foram lavados com água do mar filtrada, sendo mantidos conservados sob gelo na proporção de 1:1 (gelo:peixe), com o objetivo de atender as exigências de comercialização para peixe fresco (BRASIL, 1997).

De cada amostra foi retirada uma posta pesando aproximadamente 600 a 800 g (figura I.1). Em seguida, todas foram identificadas e transportadas para o laboratório em caixas isotérmicas com gelo reciclável.



**Figura I.1.** Amostras de atum capturado no Rio Grande do Norte para análise dos teores de histamina muscular por CLAE.

### **I.2.1. Método de análise**

As amostras foram quarteadas, depois trituradas em equipamento Turrax. Pesaram-se 5,0 g do pescado em tubo de centrifuga, adicionaram-se 100  $\mu\text{L}$  de 1,3-diaminopropano dihidroclorato (padrão interno) e 10,0 mL de ácido perclórico 0,2 M. Os tubos foram agitados durante 10 min em mesa agitadora, depois, centrifugaram-se (12.500 g, 5 min, 4 °C) para coletar o líquido sobrenadante. Seguindo esse mesmo procedimento, foi preparada uma curva analítica pela fortificação de quatro amostras de atum nas concentrações de 20, 50, 100 e 150 mg de histamina, com o objetivo de calcular os teores de histamina das amostras.

De cada tubo centrifugado foram coletados 150  $\mu\text{L}$  do líquido sobrenadante, sendo adicionados 300  $\mu\text{L}$  de solução saturada de bicarbonato de sódio e 600  $\mu\text{L}$  de cloreto de dansila. Os tubos foram agitados em equipamento vortex (1 min) e depois deixados em banho de água quente (60 °C) por 5 min. Adicionaram-se 150  $\mu\text{L}$  de L-prolina e mantiveram-se os tubos em repouso durante 30 min a temperatura ambiente e ao abrigo da luz.

Em seguida, foi adicionado 600  $\mu\text{L}$  de tolueno para realizar a separação de fases por centrifugação (12.500  $g$  por 5 min à 4  $^{\circ}\text{C}$ ). Foi coletado todo o líquido sobrenadante, sendo evaporado posteriormente sob fluxo de nitrogênio a 60  $^{\circ}\text{C}$ . Ressuspendeu-se o material evaporado pela adição de 450  $\mu\text{L}$  de acetonitrila. Esse material foi filtrado e injetado no cromatógrafo líquido de alta eficiência com detector espectrofotométrico ajustado a 254 nm (DUFLOS et al., 1999). A análise cromatográfica foi efetuada em 30 min com um gradiente de eluição binário descrito na Tabela I.2.

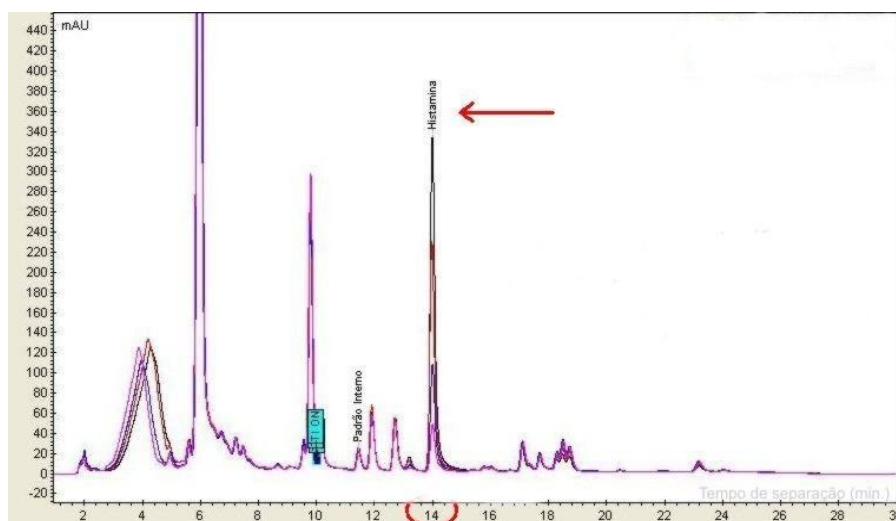
**Tabela I.2.** Gradiente de eluição binário para separação da histamina em pescado por CLAE UV-Visível

Tempo (minutos)	Água, %	Acetonitrila, %
0	40	60
6	25	75
13	5	95
20	40	60
30	40	60

As áreas dos picos correspondentes aos padrões foram submetidas à análise de regressão para calcular a linearidade da curva e determinar o respectivo coeficiente de determinação. O limite de quantificação do método foi estabelecido em 4,49 mg de histamina.

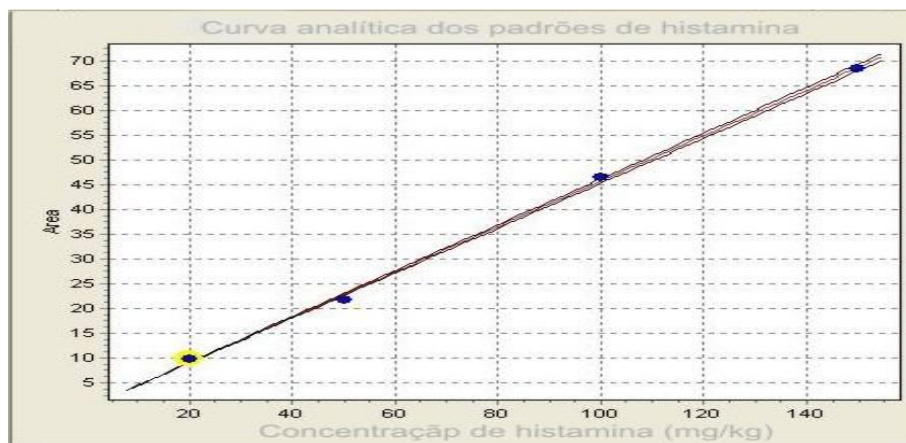
### I.3. Resultados e discussão

A histamina foi detectada nas amostras aos 14 min da corrida cromatográfica (figura I.2). Observou-se que as amostras fortificadas apresentaram uma excelente linearidade,  $y = 0,45715x$  e  $r^2 = 0,9990$  (figura I.3).



Separação cromatográfica por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência UV-Visível com duração de 30 min.; gradiente de eluição binário composto de acetonitrila + água e fluxo de 1 mL/min.; detecção UV-Visível 254 nm.

**Figura I.2.** Cromatograma das amostras de atum fortificadas com 20, 50, 100 e 150 mg de histamina por kg da matriz.



**Figura I.3.** Curva analítica dos padrões de histamina (20, 50, 100 e 150 mg/kg) em amostras de atum.

Os teores de histamina encontrados nas amostras de atuns capturados no litoral do Rio Grande do Norte no período de dezembro de 2007 a dezembro de 2008 destinados à União Européia estão representados na Tabela I.3.

**Tabela I.3.** Teores de histamina em amostras de atum tipo exportação capturadas pela técnica de espinhel pelágico no litoral do RN no período de dezembro de 2007 a dezembro de 2008

Mês/Ano/ Lote	Teores de histamina (mg/kg) / Amostras*								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dez/07/A	nd**	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Jan/08/A	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Jan/08/B	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Jan/08/C	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fev/08/A	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fev/08/B	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mar/08/A	nd	<b>6,90</b>	<b>5,98</b>	<b>5,93</b>	<b>6,13</b>	<b>5,04</b>	<b>5,86</b>	<b>5,11</b>	<b>6,13</b>
Mar/08/B	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Abr/08/A	nd	nd	nd	<b>4,92</b>	nd	nd	nd	nd	nd
Abr/08/B	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mai/08/A	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mai/08/B	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mai/08/C	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ago/08/A	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ago/08/B	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ago/08/C	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Set/08/A	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Set/08/B	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Set/08/C	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dez/08/A	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

\* As amostras foram analisadas em duplicata. \*\* - nd significa que o teor de histamina estava abaixo do limite de quantificação do método (4,49 mg/Kg).

Os teores de histamina de 171 amostras de atum capturados pela técnica de espinhel pelágico no litoral do RN situaram-se abaixo do limite de quantificação do método (4,49 mg/kg). Observou-se os teores de histamina se mantiveram baixos em quase todos os meses do ano (janeiro, fevereiro, março, abril, maio, agosto, setembro e dezembro). Esses resultados, provavelmente, foram consequência de uma manipulação adequada durante as operações de captura, processamento e método de conservação.



Glória et al. (1999) encontraram resultados semelhantes ao deste trabalho quando analisaram 102 amostras de albacora branca (*Thunnus alalunga*) capturadas no Oceano Pacífico, na região norte dos Estados Unidos, entre 1994 e 1996. Segundo Fishtec (2003), a substituição do espinhel de multifilamento pelo espinhel pelágico foi muito importante para a pesca de atuns no Brasil, pois os peixes passaram a ser resfriados a bordo, sendo exportados ainda no estado fresco. Baixas concentrações de histamina também foram encontradas por Veciana-Nogués et al. (1995) em amostras de atum, sardinha e cavala, pois variaram de 0,59 a 4,65 mg/kg.

Em apenas nove amostras foram encontrados teores de histamina acima do limite de quantificação do método, em concentrações que variaram entre 4,92 a 6,90 mg/kg. No entanto, esses valores situam-se abaixo do limite máximo permitido pela legislação do Brasil (100 mg/kg), Estados Unidos (50 mg/kg) e da União Européia (200 mg/kg).

De acordo com Auerswald, Morren & Lopata (2006), todas as amostras de atum analisadas nesse experimento estavam em ótimo estado de conservação, pois consideram que peixes no estado fresco possuem concentrações de histamina abaixo de 9,0 mg/kg. Esses resultados, provavelmente, foram obtidos por causa da adequada manipulação do pescado no momento da captura, processamento e conservação. Veciana-Nogués et al. (1997b) afirmaram que vários fatores podem interferir na produção e acúmulo de histamina muscular no pescado, tais como, microrganismos contaminantes, práticas de abate, sangria, evisceração, lavagem e sistemas de resfriamento.

Silveira et al. (2001) afirmaram que peixes aparentemente inalterados podem conter níveis tóxicos de histamina. Dessa forma, justifica-se continuar monitorando

os teores de histamina muscular do atum capturado no litoral do Rio Grande do Norte, tendo em vista que podem ser encontrados teores elevados de histamina em produtos sem sinais evidentes de deterioração.

A intoxicação histamínica pode ocorrer quando há a ingestão de teores de histamina acima de 1 mg/kg de peso vivo do paciente e esses teores podem ser reduzidos nos indivíduos que ingerem agentes inibidores da enzima monoamino oxidase (MAO) e diamino oxidase (DAO) já que são responsáveis pela metabolização da histamina no corpo (AUERSWALD, MORREN & LOPATA, 2006). Estas substâncias estão presentes na isoniazida, medicamento utilizado no tratamento da tuberculose (MIKI, ISHKAWA & OKAYAMA, 2005).

A atividade da histamina também pode ser potencializada pela presença de outras aminas biogênicas como a tiramina, a cadaverina e a putrescina (TAYLOR, 1990). Esse mecanismo ainda não está bem elucidado, porém, sabe-se que algumas aminas inibem as enzimas metil transferase e mono e di-amino oxidases que, durante o processo metabólico, catabolizam a histamina exógena oriunda do alimento contaminado (SHALABY, 1994).

#### **I.4. Conclusão**

Os teores de histamina muscular dos atuns tipo exportação capturados no litoral do Rio Grande do Norte apresentaram baixos teores de histamina, indicando que a captura pelo espinhel pelágico e as práticas de manipulação asseguraram a produção de um pescado de boa qualidade. Dessa forma, os vinte lotes analisados poderiam ser consumidos sem representar riscos a saúde do consumidor.

## **CAPÍTULO II**

### **Aminas bioativas como indicador de frescor de atuns agrupados em diferentes níveis de qualidade**

#### **RESUMO**

Foram determinados os teores de aminas bioativas em 68 amostras de atum tipo exportação capturados no mês de outubro de 2008. As amostras foram agrupadas em seis níveis de qualidade por um classificador experiente em um entreposto de pescado localizado no estado de Pernambuco, Brasil. As análises de aminas foram efetuadas por cromatografia líquida de alta eficiência e detecção fluorimétrica no Laboratório de Bioquímica de Alimentos da Universidade Federal de Minas Gerais. A determinação dos teores das aminas bioativas, por si só, não foram suficientes para distinguir os diferentes níveis de frescor das amostras de albacora laje e albacora bandolim. A ausência ou os baixos teores de histamina, cadaverina, putrescina, tiramina, feniletilamina, em detrimento da quantificação de teores significativos de espermina e espermidina indicam que as amostras estavam em bom estado de frescor, independente da classificação atribuída na análise sensorial.

**PALAVRAS-CHAVE:** atum, aminas bioativas, frescor, análise sensorial.

## **SUMMARY**

The contents of bioactive amines were determined in 68 samples of export type tuna captured in October of 2008. The samples were grouped into six grades of quality by an experienced grader from a fish industry located in the state of Pernambuco, Brazil. The samples were analyzed by high performance liquid chromatography and fluorimetric detection in the Laboratory of Food Biochemistry, Federal University of Minas Gerais. The determination of the levels of bioactive amines in itself was not sufficient to distinguish the different grades of fresh samples of yellowfin tuna and bigeye tuna. The absence or low levels of histamine, cadaverine, putrescine, tyramine and, phenylethylamine, rather than quantification of significant levels of spermine and spermidine indicate that the samples were in good freshness, regardless of the classification in the sensory analysis.

**KEY-WORDS:** tuna, bioactive amines, freshness, sensory analysis.

## II.1. Introdução

O frescor do pescado pode ser avaliado por métodos sensoriais, microbiológicos e físico-químicos. No entanto, devido à subjetividade dos métodos sensoriais e a demora e custo elevado para execução dos testes microbiológicos, os métodos químicos que quantificam os produtos da atividade enzimática endógena ou microbiana têm sido desenvolvidos e empregados na avaliação do frescor do pescado. Muitos índices químicos utilizados para avaliar a qualidade de peixes, moluscos e crustáceos se baseiam nas alterações qualitativas ou quantitativas de compostos da fração nitrogenada não protéica do músculo. Esta fração engloba substâncias de baixo peso molecular de várias origens. A detecção de alterações progressivas nestas substâncias durante o armazenamento do pescado é utilizada como requisito para considerá-las como potenciais índices de frescor.

As aminas bioativas são bases orgânicas de baixo peso molecular produzidas pela descarboxilação de aminoácidos correspondentes. Estas substâncias têm sido propostas para avaliação da qualidade do pescado (BAIXAS-NOGUERAS et al., 2002). Geralmente estão presentes em baixas quantidades nos alimentos, porém podem ser produzidas durante o armazenamento, dependendo da disponibilidade de aminoácidos livres, da presença de bactérias capazes de descarboxilar aminoácidos e de condições favoráveis para o crescimento bacteriano e produção de enzimas (HALÁSZ et al., 1994). Embora existam as poliaminas naturais (espermidina, espermina e agmatina) que são necessárias para algumas funções fisiológicas do homem e de outros animais, o consumo de alimentos contendo quantidades elevadas de aminas biogênicas (histamina, cadaverina, tiramina, feniletilamina, serotonina, putrescina e triptamina) pode ocasionar o aparecimento de efeitos

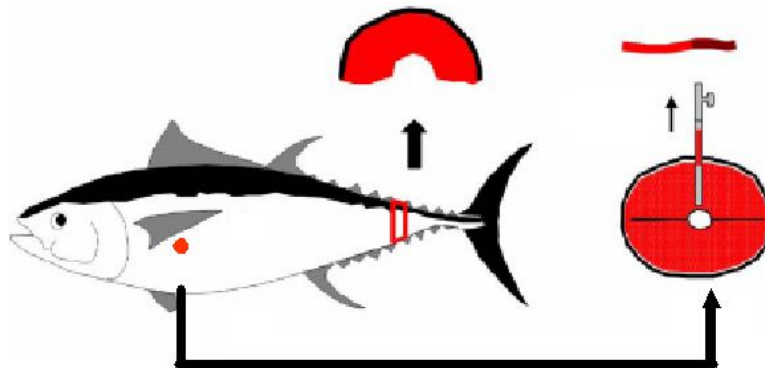
tóxicos (BRINK et al., 1990). Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo determinar o teor de aminas bioativas visando estimar o frescor de duas espécies de atum tipo exportação, agrupadas em seis níveis de qualidade através de análise sensorial por um classificador experiente.

## **II.2. Material e métodos**

### **II.2.1. Amostras**

Analisaram-se 68 amostras de atum tipo exportação proveniente de uma indústria de pescado localizado no estado de Pernambuco. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Bioquímica de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais em caixas isotérmicas com gelo seco. Determinaram-se os teores de aminas bioativas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) e detecção fluorimétrica (SILVA & GLÓRIA, 2002). Os peixes foram capturados pela técnica do espinhel pelágico e manipulados imediatamente (atordoados, sangrados, descabeçados, eviscerados e lavados) e conservados sob ação do gelo. Na indústria os atuns foram classificados em diferentes níveis de qualidade por um julgador experiente através da observação de duas amostras, a primeira proveniente da carne obtida próximo a nadadeira peitoral e a segunda próximo ao pedúnculo caudal (figura II.1).

A determinação das aminas bioativas foi realizada apenas com as amostras provenientes do pedúnculo caudal (figura II.2).



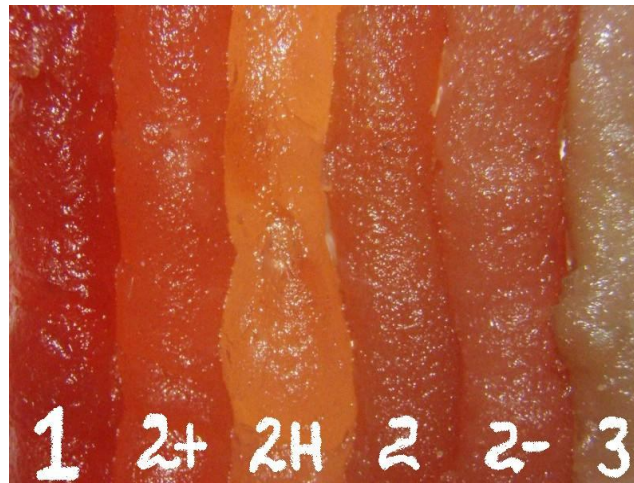
**Figura II.1.** Região anatômica de obtenção das amostras da carne de atum para classificação organoléptica e avaliação colorimétrica.



**Figura II.2** Amostra do pedúnculo caudal utilizada na classificação dos atuns e para determinação dos teores de aminos bioativas.

### II.2.2. Métodos de análise

Os atuns foram julgados sensorialmente por um avaliador treinado que separou os peixes por espécie e nível de qualidade. Foram utilizadas amostras de albacora bandolim (*Thunnus obesus*) e albacora laje (*Thunnus albacares*) que foram separados em seis níveis de qualidade (1, 2+, 2H, 2, 2- e 3) conforme a figura II.3.



**Figura II.3.** Amostras da carne de atuns categorizadas em seis níveis em ordem decrescente de qualidade.

As características observadas pelo avaliador treinado foram o frescor, a cor e a textura da carne, além da estrutura do corpo do animal e o conteúdo de gordura. Os parâmetros utilizados para cada classificação foram:

- **Classificação 1:** a carne apresenta uma cor vermelho-cereja, excelente estado de frescor, nenhuma evidência de produção de limo na cavidade abdominal, fácil separação das fibras musculares, estrutura do corpo em perfeito estado de conservação e elevado teor de gordura;
- **Classificação 2+:** a carne apresenta uma cor vermelho-púrpura com grande translucidez, ótimo frescor, sem limo na cavidade abdominal, textura impecável e estrutura do corpo com algumas partes amassadas e danificadas pelo gelo;
- **Classificação 2H:** a carne apresenta uma cor rosa com grande translucidez, bom estado de frescor, sem limo na cavidade abdominal, textura impecável e estrutura do corpo com algumas partes amassadas e danificadas pelo gelo;



- **Classificação 2:** a carne apresenta cor rosa com translucidez pouco aparente, bom estado de frescor, pouca quantidade de limo na cavidade abdominal, as fibras musculares não se separam facilmente e o corpo possui pequenas lesões;
- **Classificação 2-:** a carne apresenta coloração marrom-pardo, sem translucidez, estado de frescor regular, produção de limo e odor evidente, as fibras musculares não se separam e o corpo possui pequenas lesões;
- **Classificação 3:** a carne apresenta cor marrom, limo presente em grande quantidade, odor acentuado, frescor comprometido, as fibras musculares não se separam, textura flácida e lesões no corpo bastante evidentes.

### **II.2.3. Determinação de aminas bioativas**

Os teores de dez aminas bioativas (espermidina, espermina, putrescina, cadaverina, histamina, tiramina, triptamina, feniletilamina, agmatina e serotonina) foram determinados por CLAE com derivação pós-coluna (o-ftalaldeído) e detecção fluorimétrica. Amostras do pedúnculo caudal (120 g) foram quarteadas e trituradas com a finalidade de proporcionar uma maior superfície de contato da matriz com o agente extrator. Em seguida, pesaram-se 5,0 g do triturado em tubo de centrífuga, adicionaram-se 7,0 mL de ácido tricloroacético 5% e o conjunto foi homogeneizado em agitador tipo vórtex (Biomatic, Brasil) durante 70 s (SILVA, 2008).

O extrato foi submetido à separação de fases em centrifuga refrigerada modelo MR23i (Jouan, S. A., Saint Herblain, França). A fase sobrenadante foi filtrada em papel Whatman nº 1. Essas operações foram repetidas por mais duas vezes, exceto a pesagem da amostra, e os filtrados combinados. O filtrado resultante das três extrações foi refiltrado em membrana HAWP em éster de celulose, com

diâmetro de 13 mm e tamanho de poro de 0,45 µm (Millipore Corp., Milford, MA, EUA). O líquido resultante foi injetado no equipamento de CLAE por pareamento de íons, com coluna de fase reversa, quantificação por detector fluorimétrico (340 nm de excitação e 445nm de emissão) após derivação pós-coluna com o-ftalaldeído (VALE & GLÓRIA, 1997).

#### **II.2.4. Análises estatísticas**

Os resultados foram analisados por análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pela aplicação do teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

### **II.3. Resultados e discussão**

#### **II.3.1. Teores de aminos bioativas e qualidade sensorial de albacora bandolim**

Os teores de aminos bioativas encontrados no músculo da albacora bandolim separados em seis níveis de qualidade sensorial encontram-se na Tabela II.1. As aminos espermidina (EPD) e espermina (EPM) foram encontradas em todas as amostras de albacora bandolim. Segundo Ababouch et al. (1995), tanto a espermidina quanto a espermina são comumente encontradas na carne do pescado já que desempenham um importante papel no crescimento celular.

Em apenas uma amostra (classificação 3) foram encontradas as aminos histamina, tiramina e feniletilamina, porém, estavam em concentrações muito baixas, não oferecendo perigo a saúde do consumidor. A cadaverina também foi encontrada

em uma única amostra que pertencia a classificação 2+. Segundo Bardocz (1995), a putrescina e a cadaverina são aminas bioativas associadas com a deterioração do pescado, embora baixos teores de putrescina também sejam reportados como normais nos tecidos animais e vegetais.

**Tabela II.1.** Teores médios das aminas bioativas na carne da albacora bandolim separadas em seis níveis de qualidade sensorial

CLA	Teores de aminas (mg/kg)									
	EPD	EPM	AGM	PUT	CAD	HIM	TIM	SRT	FEM	TRM
1	0,33 ± 0,05 <sup>b</sup>	1,04 ± 0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2+	0,31 ± 0,04 <sup>b</sup>	1,09 ± 0,12	nd	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	nd
2H	0,35 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,17 ± 0,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2	0,34 ± 0,05 <sup>b</sup>	1,09 ± 0,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2-	0,40 ± 0,08 <sup>a</sup>	1,13 ± 0,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	1,10 ± 1,54 <sup>a</sup>	1,18 ± 0,18	nd	nd	nd	0,05 ± 0,10	0,23 ± 0,52	nd	0,29 ± 0,64	nd

EPD – espermidina, EPM – espermina, AGM – agmatina, PUT – putrescina, CAD – cadaverina, HIM – histamina, TIM – tiramina, SRT – serotonina, FEM – feniletilamina e TRM – triptamina. Médias ± desvios padrões na mesma coluna seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Tukey 5% de probabilidade. nd = não detectado (< 0.04 mg/kg).

### II.3.1. Teores de aminas bioativas e qualidade sensorial de albacora laje

Os teores de aminas bioativas encontrados no músculo da albacora laje separados em seis níveis de qualidade sensorial encontram-se na Tabela II.2. As aminas espermidina (EPD) e espermina (EPM) também foram encontradas em todas as amostras de albacora laje. A cadaverina foi encontrada em apenas uma amostra

pertencente à classificação 2-, contudo, não foram encontradas outras amins (histamina, tiramina e feniletilamina) como encontrado na albacora bandolim.

**Tabela II.2.** Teores médios das amins bioativas na carne da albacora laje separadas em seis níveis de qualidade sensorial

CLA	Teores de amins (mg/kg)									
	EPD	EPM	AGM	PUT	CAD	HIM	TIM	SRT	FEM	TRM
1	0,25±0,06	1,00±0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2+	0,3±0,07	1,08±0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2H	0,32±0,03	1,09±0,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2	0,30±0,04	0,96±0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2-	0,34±0,06	0,98±0,11	nd	nd	0,05±0,12	nd	nd	nd	nd	nd
3	0,34±0,05	1,09±0,09	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

EPD – espermidina, EPM – espermina, AGM – agmatina, PUT – putrescina, CAD – cadaverina, HIM – histamina, TIM – tiramina, SRT – serotonina, FEM – feniletilamina e TRM – triptamina.

Médias ± desvios padrões na mesma coluna seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Tukey 5% de probabilidade.

nd = não detectado (< 0.04 mg/kg).

Observou-se que espermidina e espermina são encontradas nas amostras de atum independente de sua classificação. Provavelmente, esses dados foram resultado da manipulação adequada do pescado e a temperatura de conservação do pescado (gelo em escamas na proporção 1:1 (pescado:gelo)).

Veciana-Nogués, Marine-Font & Vidal-Carou (1997b) afirmaram que a formação das amins bioativas está relacionada à temperatura de conservação, tendo em vista que favorece ou inibe a multiplicação microbiana. Também, afirmam que os teores de espermidina e espermina permanecem constantes durante o armazenamento a 0, 8 e 20 °C. A formação das amins bioativas está mais relacionada à atividade das bactérias mesófilas do que as psicrótrópicas, ou seja, como os peixes do presente experimento foram conservados sob ação do gelo (0 °C), provavelmente inibiu o desenvolvimento das bactérias mesófilas. Os

principais focos de contaminação microbiana do pescado foram removidos durante as operações de sangria (remoção do sangue), descabeçamento (remoção das guelras), evisceração (remoção do intestino), além da lavagem com água corrente.

Os teores de amins bioativas nas amostras de albacora bandolim e albacora laje não foram significativamente diferentes entre os seis níveis de qualidade (1, 2+, 2, 2- e 3) (Tabelas II.1 e II.2), não sendo possível adotar esse parâmetro físico-químico para classificar os atuns comercialmente. Vale ressaltar que o principal requisito observado pelo classificador durante a análise sensorial é a coloração da carne do peixe, no qual possibilita uma interpretação muito subjetiva, pois é influenciada pela luminosidade do local, bem como a acuidade visual do classificador. Porém, os resultados indicaram que todas as amostras encontravam-se em excelente estado de frescor, podendo ser comercializadas sem oferecer riscos a saúde do consumidor.

#### **II.4. Conclusão**

A determinação dos teores das amins bioativas, por si só, não foram suficientes para distinguir os diferentes níveis de frescor das amostras de albacora laje e albacora bandolim. A ausência ou os baixos teores de histamina, cadaverina, putrescina, tiramina, feniletilamina, em detrimento da quantificação de teores significativos de espermina e espermidina indicam que as amostras encontravam-se em bom estado de frescor, independente da classificação atribuída na análise sensorial.

## CAPÍTULO III

### **Determinação das coordenadas colorimétricas de duas espécies de atum agrupadas em seis categorias através de análise sensorial**

#### **RESUMO**

Este trabalho teve o objetivo de determinar as coordenadas colorimétricas da carne da albacora bandolim (*Thunnus obesus*) e albacora laje (*Thunnus albacares*) e investigar a eficiência desses parâmetros para diferenciar os diferentes níveis de qualidade de atuns classificados por um avaliador treinado. Foram analisadas 36 amostras do pedúnculo caudal de atuns agrupados por espécie em seis níveis de qualidade (1, 2+, 2H, 2, 2- e 3) através do colorímetro Minolta CR-400, sendo determinadas as coordenadas CIE L\*, CIE a\*, CIE b\* e CIE C\*. Não foram encontradas diferenças significativas nos valores das coordenadas colorimétricas nas amostras de atum da classificação 1, 2+, 2H, 2, 2- e 3.

**PALAVRAS-CHAVE:** atum, avaliação colorimétrica, qualidade.

#### **SUMMARY**

The objective of this study was to investigate the possibility of using an objective colorimetric method for the quality evaluation of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). The samples were separated by six grades of quality (1, 2+, 2H, 2, 2- and 3) by a trained panelist. L\*, a\* and b\* values were determined using a Minolta colorimeter CR-400 and the coordinate C\* (color saturation) was calculated. The results demonstrated that it is not possible to distinguish colorimetrically both samples of bigeye tuna and yellowfin tuna.

**KEY-WORDS:** tuna, colorimetric evaluation, quality.

### III.1. Introdução

Os atuns são peixes migratórios que detêm elevada demanda no mercado mundial (GUIZANI et al., 2005). As principais espécies capturadas no litoral brasileiro são a albacora bandolim (*Thunnus obesus*) e a albacora laje (*Thunnus albacares*) (ARAÚJO, 2008; SEAP, 2008). Grande parte da captura de atuns no Brasil é realizada na Região Nordeste, principalmente nos Estado do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, sendo destinados principalmente aos Estados Unidos da América e União Européia (NEWSCOMEX, 2006). Os atuns são bastante requisitados para preparação de “sashim”, e dessa forma, são comumente conservados apenas sob a ação do gelo para ser comercializado como peixe fresco. Também é de costume, realizar a classificação desses peixes em categorias mediante a avaliação da cor, conteúdo de gordura, textura e grau de frescor da carne (MATEO et al., 2006).

Dentre as características sensoriais que podem ser observadas nos alimentos, a cor parece ser a que exerce mais influência na decisão de compra do consumidor (VIRIYARATTANASAK et al., 2008), e esta cor deve estar dentro de uma faixa esperada, pois caso contrário, outros caracteres sensoriais (aroma, sabor e textura) provavelmente nem chegarão a ser julgados (FRANCIS, 1995). A cor pode ser utilizada como critério de qualidade em algumas espécies de pescado, particularmente naquelas onde a coloração é determinada pela presença de pigmentos (VIRIYARATTANASAK et al., 2008). Nos atuns esses pigmentos são representados pela mioglobina e hemoglobina, no entanto, a mioglobina presente na carne de atuns frescos é cerca de três a 14 vezes mais elevadas do que a da carne de bovino, suíno e caprino (RIBEIRO et al., 2007).

Segundo Mancini & Hunt (2005), a cor da carne pode variar em função de vários fatores, entre os quais se destacam, o conteúdo de mioglobina presente no músculo, o estado físico-químico desta mioglobina e a estrutura das fibras musculares. A cor vermelho brilhante é bastante apreciada na carne de atuns, porém, alguns animais não exibem tal característica. Além do mais, durante o armazenamento, a carne do atum pode sofrer descoloração por causa das transformações bioquímicas da mioglobina. Tendo em vista que a cor é uma importante característica de qualidade, esse trabalho teve como objetivo estudar as coordenadas colorimétricas da carne da albacora laje e bandolim pelo sistema CIE  $L^*a^*b^*$  e verificar a possibilidade de utilizar esta medida objetiva na avaliação e classificação destas espécies de atum.

### **III.2. Material e métodos**

Procedeu-se o estudo das coordenadas colorimétricas em amostras provenientes da albacora bandolim (*Thunnus obesus*) e albacora laje (*Thunnus albacares*) cedidas por um entreposto de pescado localizado na cidade do Recife, PE. Os exemplares foram coletados no litoral nordestino através de embarcações especializadas na captura de atuns através do lançamento de espinhel pelágico. Após a captura, os peixes foram imediatamente abatidos, sangrados, descabeçados, eviscerados e lavados. Em seguida, receberam uma malha de proteção e foram depositados em uma urna para conservação sob gelo em escamas na proporção de 1:1 entre o gelo e o peixe (figura III.1) tendo em vista que o cruzeiro durou vinte dias.

Ao desembarcarem no porto da cidade do Recife foram imediatamente transportados para o entreposto de pescado com a finalidade de serem agrupados

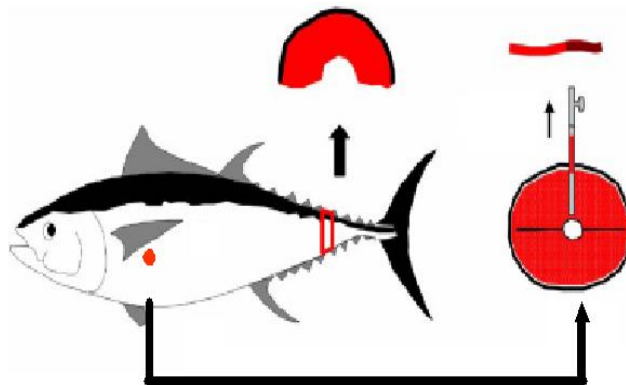


por espécie e classificados em grupos de acordo com o nível de qualidade da carne do peixe, sendo avaliado por um classificador experiente.



**Figura III.1.** Exemplos de albacora bandolim e albacora laje conservados sob ação no gelo na proporção de 1:1.

De cada peixe foram retiradas duas amostras, a primeira foi obtida próxima a nadadeira peitoral do animal e a segunda entre a terceira e quarta aleta caudal (figura III.2).



**Figura III.2.** Região anatômica da coleta das amostras de atum destinadas a classificação organoléptica e avaliação colorimétrica.

A primeira amostra foi coletada através de um tubo metálico conhecido como “sashibo”. Este acessório foi penetrado em direção a coluna vertebral no corte utilizado durante sangria do animal localizado próximo a nadadeira peitoral do atum (figura III.3). No entanto, esta amostra foi utilizada apenas pelo classificador durante a avaliação organoléptica, pois suas dimensões inviabilizaram a análise colorimétrica (figura III.4).



**Figura III.3.** Região anatômica da coleta das amostras de atum com o “sashibo”.



**Figura III.4.** Amostra da carne do atum obtida pelo “sashibo”.

A segunda amostra foi coletada com o auxílio de uma faca no pedúnculo caudal (figuras III.5 e III.6), sendo utilizada tanto pelo classificador com a finalidade

de confirmar a classificação do peixe como para o estudo das coordenadas colorimétricas no sistema CIE L\*a\*b\*.



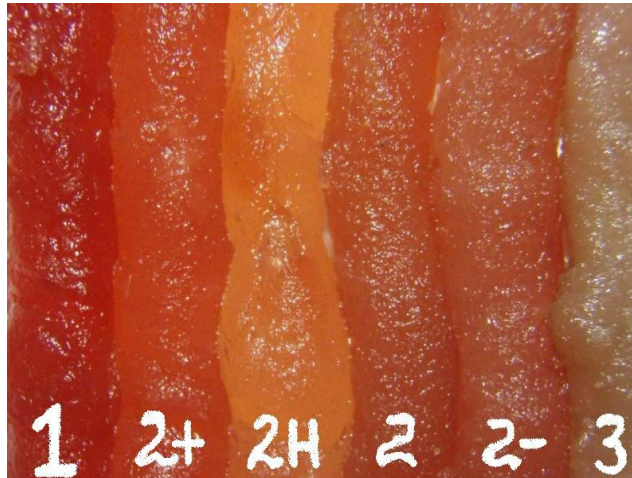
**Figura III.5.** Região anatômica do pedúnculo caudal do atum.



**Figura III.6.** Amostra de carne obtida no pedúnculo caudal do atum.

A partir dessas amostras, o classificador dividiu cada espécie em seis níveis de qualidade através do padrão de nomenclatura americano que utiliza números,

caracteres e letras para ordenar os peixes em ordem decrescente de qualidade (1, 2+, 2H, 2, 2- e 3) (figura III.7).



**Figura III.7.** Amostras de atum categorizadas em ordem decrescente de qualidade segundo a avaliação sensorial de um classificador experiente.

A classificação consiste numa avaliação organoléptica que observa a cor da carne do atum, frescor, textura da carne, estrutura do corpo do animal e conteúdo de gordura. Abaixo estão as características de cada classificação:

- **Classificação 1:** a carne apresenta uma cor vermelho-cereja, excelente estado de frescor, nenhuma evidência de produção de limo na cavidade abdominal, fácil separação das fibras musculares, estrutura do corpo em perfeito estado de conservação e elevado teor de gordura;
- **Classificação 2+:** a carne apresenta uma cor vermelho-púrpura com grande translucidez, ótimo frescor, sem limo na cavidade abdominal, textura impecável e estrutura do corpo com algumas partes amassadas e danificadas pelo gelo;
- **Classificação 2H:** a carne apresenta uma cor rosa com grande translucidez, bom estado de frescor, sem limo na cavidade abdominal, textura impecável e estrutura do corpo com algumas partes amassadas e danificadas pelo gelo;

- **Classificação 2:** a carne apresenta cor rosa com translucidez pouco aparente, bom estado de frescor, pouca quantidade de limo na cavidade abdominal, as fibras musculares não se separam facilmente e o corpo possui pequenas lesões;
- **Classificação 2-:** a carne apresenta coloração marrom-pardo sem translucidez, estado de frescor regular, produção de limo e odor evidente, as fibras musculares não se separam e o corpo possui pequenas lesões;
- **Classificação 3:** o peixe apresenta cor marrom, limo presente em grande quantidade, odor acentuado, frescor comprometido, as fibras musculares não se separam, textura flácida e lesões no corpo bastante evidentes.

Para o estudo das coordenadas colorimétricas foram utilizados três exemplares do pedúnculo caudal de cada classificação das duas espécies totalizando 36 amostras. Estas amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno, identificadas e transportadas do entreposto de pescado até o Laboratório de Análises Físico-Químicas de Alimentos do Departamento de Ciências Domésticas da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Os parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  foram obtidos através de um colorímetro *tristimulus* Minolta CR 400, operando no sistema CIE LAB, em que  $L^*$  corresponde à luminosidade e  $a^*$  e  $b^*$  são as coordenadas de cromaticidade ( $-a =$  verde e  $+a =$  vermelho;  $-b =$  azul e  $+b =$  amarelo). O colorímetro foi calibrado com uma placa branca padrão ( $Y = 93,5$ ;  $x = 0,3164$ ;  $y = 0,3325$ ), conforme instruções do fabricante.

Previamente às leituras de cor, as amostras do pedúnculo caudal (50 g) foram dispostas sobre uma cerâmica branca, sendo realizadas leituras em triplicata, sob iluminante C e ângulo de  $10^\circ$ . Foram mensuradas as coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  e

calculada a coordenada C\* pela fórmula  $C^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{0,5}$  (CAÑAQUE & SAÑUDO, 2000). Em seguida, determinou-se o potencial hidrogeniônico (pH) das amostras através do pHmetro Tecnal (Piracicaba, SP) que possui um eletrodo adaptado para análise de pH direta sobre a carne.

### **III.2.1. Análises estatísticas**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 6 (albacora bandolim e albacora laje x seis níveis de qualidade - 1, 2+, 2H, 2, 2- e 3), com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo verificado o efeito da classificação dos atuns sobre as coordenadas colorimétricas pelo teste de Tukey através da comparação de médias ao nível de 5% de significância.

### **III.3. Resultados e discussão**

A Análise de Variância determinou a existência de diferenças estatisticamente significativas na coordenada CIEL\* tanto na carne da albacora bandolim (AB), quanto na carne da albacora laje (AL) (Tabela III.1).

**Tabela III.1.** Valores médios da coordenada de luminosidade (CIE L\*) encontrados em seis classificações da albacora bandolim (AB) e albacora laje (AL).

Classificação	AB	AL
	CIE L*	
1	37,42 ± 3,16 <sup>bc</sup>	34,98 ± 3,58 <sup>b</sup>
2+	35,62 ± 1,15 <sup>c</sup>	32,83 ± 0,98 <sup>b</sup>
2H	39,95 ± 1,45 <sup>ab</sup>	40,95 ± 6,32 <sup>ab</sup>
2	38,36 ± 0,27 <sup>bc</sup>	34,45 ± 0,93 <sup>b</sup>
2-	38,26 ± 0,45 <sup>bc</sup>	37,43 ± 0,39 <sup>ab</sup>
3	42,88 ± 0,91 <sup>a</sup>	45,18 ± 1,69 <sup>a</sup>

Nas duas espécies o maior valor da luminosidade (CIE L\*) foi encontrado na classificação 3, indicando que esta classificação é mais clara do que as demais. Constatou-se também que o valor da luminosidade mais baixo foi encontrado na classificação 2+ com valores de 35,62 e 32,83 na carne da AB e AL, respectivamente.

Sanchez-Zapata et al. (2008), estudando a coordenada CIEL\* em produtos pesqueiros defumados, encontraram que o salmão possui uma luminosidade de 45,05, a truta 45,74, o arenque 55,26, o atum 40,57 e o bacalhau 56,60. De acordo com os resultados desses autores o maior valor da luminosidade encontrado foi para a amostra de bacalhau defumado. Afirmaram também que o bacalhau e outros pescados magros apresentam uma baixa concentração de hemopigmentos, favorecendo uma maior reflexão da luz e conseqüentemente aumentando o valor da luminosidade.

De acordo Ribeiro et al. (2007), os valores de luminosidade de produtos frescos tendem a serem mais elevados do que em produtos defumados, já que este

processo reduz a quantidade de água livre na superfície do produto, diminuindo a valor da luminosidade.

O estudo da coordenada CIE  $a^*$  analisa a contribuição da cor verde (a-) e vermelha (a+) nos objetos, sendo considerado um parâmetro muito importante na avaliação da qualidade da carne dos atuns, afinal subjetivamente o classificador consegue distinguir as diferentes tonalidades de vermelho para classificar o atum. Os resultados encontrados na AB e AL estão apresentados na Tabela III.2.

**Tabela III.2.** Valores médios da coordenada verde-vermelho (CIE  $a^*$ ) encontrados em seis classificações da albacora bandolim (AB) e albacora laje (AL).

Classificação	AB	AL
	CIE $a^*$	
1	29,08 ± 5,67 <sup>a</sup>	15,66 ± 2,05
2+	13,89 ± 1,37 <sup>b</sup>	12,31 ± 2,89
2H	8,76 ± 1,35 <sup>b</sup>	14,64 ± 6,51
2	6,61 ± 0,58 <sup>b</sup>	8,57 ± 2,32
2-	9,48 ± 1,93 <sup>b</sup>	11,56 ± 6,68
3	12,83 ± 1,59 <sup>b</sup>	11,51 ± 3,39

De acordo com os resultados, apenas foi encontrada diferença significativa nas amostras da AB. Embora, apenas foi possível diferenciar o peixe tipo 1 dos demais. Segundo Abril et al. (2001), o valor da coordenada verde-vermelho (CIE  $a^*$ ) em produtos de origem animal está relacionado com a concentração dos pigmentos presentes de forma natural, adicionados ou produzidos durante o processamento.



Sanchez-Zapata et al. (2008) encontraram valores semelhantes aos obtidos nesta pesquisa quando analisaram amostras de atum defumado valor, com o valor CIEa\* de 17,58. Esses autores afirmaram que normalmente são encontrados valores elevados desta coordenada nos tunídeos, pois esta família tem a característica de conter teores elevados de hemopigmentos, com exceção do bonito.

A coordenada que analisa a contribuição das cores azul (b-) e amarela (b+) também só apresentou diferenças estatisticamente significativas para as amostras de AB (Tabela III.3). Observou-se que a cor da amostra tipo 1 da AB tem recebido uma grande influência da cor amarela. Provavelmente, esse resultado explica o motivo desta amostra não ser tão escura quanto ao tipo 2+ mesmo tendo sido encontrado valores de CIE a\* mais elevados.

**Tabela III.3** Valores médios da coordenada azul-amarelo (CIEb\*) encontrados em seis classificações da albacora bandolim (AB) e albacora laje (AL).

Classificação	AB	AL
	CIE b*	
1	20,52 ± 4,55 <sup>a</sup>	12,96 ± 2,17
2+	10,30 ± 0,41 <sup>b</sup>	11,48 ± 1,63
2H	8,05 ± 0,94 <sup>b</sup>	13,24 ± 4,59
2	7,71 ± 0,39 <sup>b</sup>	7,59 ± 0,95
2-	8,72 ± 1,62 <sup>b</sup>	11,33 ± 3,69
3	12,74 ± 1,07 <sup>b</sup>	13,07 ± 1,94

Os valores calculados para a coordenada CIE C\* estão apresentados na Tabela III.4. Os valores mais baixos desta coordenada foram encontrados nos tipos 2, 2H e 2- na AB e, provavelmente, estão relacionados a perda de translucidez observada pelo classificador na análise organoléptica. Segundo Cañeque & Sanudo

(2000), o valor de croma permitem avaliar a sensação como as cores são percebidas, ou seja, se elas são vivas ou apagadas.

**Tabela III.4.** Valores médios da coordenada croma (CIE C\*) encontrados em seis classificações da albacora bandolim (AB) e albacora laje (AL)

Classificação	AB	AL
	CIEC*	
1	21,90 ± 4,52 <sup>a</sup>	14,13 ± 2,08
2+	10,92 ± 1,39 <sup>b</sup>	12,50 ± 1,72
2H	9,07 ± 0,98 <sup>b</sup>	14,27 ± 4,73
2	8,53 ± 0,40 <sup>b</sup>	8,67 ± 0,57
2-	9,74 ± 1,65 <sup>b</sup>	12,26 ± 3,91
3	13,70 ± 1,07 <sup>b</sup>	13,91 ± 2,06

A avaliação do potencial hidrogeniônico das amostras revelou que todas se encontravam numa faixa de pH adequado para o consumo (Tabela IV.5). No entanto, as amostras que recebem a pior classificação apresentaram um pH levemente ácido, em detrimento das amostras de melhor qualidade. Esses resultados provavelmente são fruto do manejo do pescado durante a captura e pós-captura.

**Tabela III.5.** Valores médios do pH encontrados em seis classificações da albacora bandolim (AB) e albacora laje (AL)

Classificação	AB	AL
	pH	
1	6,17 ± 0,11 <sup>a</sup>	6,45 ± 0,21 <sup>a</sup>
2+	6,04 ± 0,07 <sup>a</sup>	6,00 ± 0,02 <sup>bc</sup>
2H	6,06 ± 0,02 <sup>a</sup>	6,04 ± 0,02 <sup>b</sup>
2	5,84 ± 0,02 <sup>b</sup>	5,85 ± 0,03 <sup>bc</sup>
2-	5,89 ± 0,01 <sup>b</sup>	5,81 ± 0,03 <sup>bc</sup>
3	5,63 ± 0,03 <sup>c</sup>	5,75 ± 0,02 <sup>c</sup>

De acordo com Santos, Meireles & Araújo (2006), é importante conhecer os fatores que influenciam a qualidade do pescado a fim de definir estratégias de captura e beneficiamento a bordo de maneira a maximizar a qualidade do pescado.

De uma maneira geral, acredita-se que o método de captura utilizado neste experimento pode ter influenciado o aparecimento da carne de atum tipo 3, já que os peixes podem permanecer algumas horas se debatendo presos ao anzol até morrer por fadiga muscular, levando a uma intensa produção de ácido láctico antes da transformação bioquímica do músculo em carne. Dessa maneira, as fibras musculares podem sofrer desnaturação protéica, diminuindo a passagem de luz e, conseqüentemente, a maneira como a cor do pescado é percebida. Essa demora também pode ser responsável pelo abuso de tempo em temperatura inadequada e responsável pela multiplicação bacteriana que é percebida com o desenvolvimento do limo superficial na cavidade do pescado mesmo com a conservação sob gelo.

De acordo com Robb, Kestin & Warris (2000), as técnicas de pesca e beneficiamento do pescado têm um efeito direto na qualidade final do produto comercializado fresco.

#### **III.4. Conclusão**

Não foram encontradas diferenças significativas nos valores das coordenadas colorimétricas (CIE L\*, CIE a\*, CIE b\* e CIE C\*) nas amostras de atum da classificação 1, 2+, 2H, 2, 2- e 3, não sendo possível distinguir os diferentes níveis de qualidade observados pelo avaliador no momento da classificação.

## CAPÍTULO IV

### **Influência da condição vivo ou morto sobre a produção de aminas bioativas na carne de atuns capturados pela técnica de espinhel pelágico**

#### **RESUMO**

Este trabalho teve como objetivo investigar a influência da condição vivo ou morto no momento de abate sobre a formação de aminas bioativas na carne da albacora bandolim (*Thunnus obesus*) e albacora laje (*Thunnus albacares*). Foram utilizadas 24 amostras do pedúnculo caudal (120 g) de atuns provenientes de um entreposto de pescado localizado no Rio Grande do Norte, Brasil. Foram determinados os teores de dez aminas bioativas (espermidina, espermina, putrescina, cadaverina, histamina, tiramina, agmatina, feniletilamina, serotonina e triptamina) por CLAE e detecção por fluorescência (340 nm excitação e 445 nm emissão) após derivação pós-coluna com *o*-ftalaldeído. A condição vivo ou morto no momento de abate demonstrou não exercer influência sobre a produção de aminas bioativas indicando que outros fatores podem estar envolvidos, porém, as amostras encontravam-se em excelente estado de frescor, pois foram encontrados teores significativos de espermina e espermidina, em detrimento de baixos teores de cadaverina, putrescina, histamina, tiramina, feniletilamina, agmatina, serotonina e triptamina.

**PALAVRAS-CHAVE:** atum, aminas bioativas, condições de captura, qualidade.

## **SUMMARY**

The objective of this study was to investigate the influence of the conditions dead or alive at the time of slaughter on the formation of bioactive amines in meat of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). Twenty four samples of caudal peduncle (120 g) of tuna from Rio Grande do Norte, Brazil, were used. The levels of ten bioactive amines (spermidine, spermine, putrescine, cadaverine, histamine, tyramine, agmatine, phenylethylamine, serotonin and tryptamine) were determined by HPLC and fluorescence detector (340 nm excitation and 445 nm emission) after post-column derivatization with o-phthalaldehyde. The condition dead or alive at the time of slaughter showed no influence on the production of bioactive amines indicating that other factors may be involved. However, the samples were in excellent state of freshness, significant levels of spermine and spermidine and rather low levels of cadaverine, putrescine, histamine, tyramine, phenylethylamine, agmatina, serotonin and tryptamine were found,.

**KEY-WORDS:** tuna meat, bioactive amines, capture conditions, quality.

## **IV.1. Introdução**

O pescado é um alimento perecível que exige muitos cuidados em relação ao seu manuseio (BERAQUET & LINDO, 1985). Tais cuidados devem ser observados na escolha do método de captura, bem como nas práticas de manipulação empregadas, ou seja, tipo de insensibilização, forma de sangria, adoção ou não do descabeçamento e evisceração, além da higiene e o tipo de conservação utilizada no armazenamento (MERCADO DA PESCA, 2008).

De modo semelhante à carne, os produtos procedentes do mar podem apresentar autólise, deterioração microbiana e oxidação lipídica (SOARES et al., 1998). No entanto, tais alterações podem acontecer mais facilmente por causa da grande quantidade de nutrientes facilmente utilizáveis pelos microrganismos, a elevada atividade de água nos tecidos, a presença de lipídios insaturados, a presença de pouco tecido conjuntivo, a ação de enzimas autolíticas e a alta atividade metabólica da microbiota presente (VIEIRA, 2004).

Logo após a morte, ocorre uma série de transformações naturais no músculo do pescado que ocasionam sua deterioração, porém, de acordo com o método de captura utilizado, a morte do peixe pode ocorrer mesmo antes dele ser retirado da água (VIEIRA, 2004).

Segundo Beraquet & Lindo (1985), são considerados deteriorados os peixes que apresentarem alterações inaceitáveis de ordem físico-química, microbiológica e sensorial. Tais alterações ocorrerão independentemente da forma de como o peixe foi manipulado, porém a velocidade com que elas se instalam pode ser reduzida com

a finalidade de manter a carne em alto grau de frescor por mais tempo (VIEIRA, 2004).

A velocidade e a extensão da decomposição autolítica no pescado são menos acentuadas do que as de origem microbiana, que tem início após o término do *rigor mortis*, ou seja, quanto mais tempo durar esta fase maior será o período de conservação da carne. Porém, o intenso desgaste físico do peixe no momento que precede sua morte pode antecipar o *rigor mortis* por causa do elevado consumo das reservas de glicogênio muscular com a finalidade de produzir energia adicional a fim de não ser capturado. Então, peixes de hábitos ativos como os atuns podem se debater muito antes de sua morte, prejudicando a qualidade da carne e o tempo de armazenamento em gelo (VIEIRA, 2004). Dessa forma, o método de captura demonstra exercer bastante influência sobre a qualidade da carne do pescado, já que propiciam um maior ou menor nível de estresse no animal.

A determinação das aminas biogênicas tem sido proposta como indicador da deterioração do pescado, visto que suas concentrações aumentam progressivamente com a deterioração do peixe (MIETZ & KARMAS, 1977). Tais substâncias estão presentes em pequenas quantidades nos alimentos, mas podem ser produzidas de acordo com a disponibilidade de aminoácidos livres, da presença de bactérias capazes de descarboxilar aminoácidos e de condições favoráveis para o crescimento microbiano e atividade enzimática (HALÁSZ et al., 1994). Desse modo, este trabalho teve como objetivo estudar a produção de aminas bioativas influenciadas pela condição vivo ou morto em atuns capturados pelo espinhel pelágico.



## **IV.2. Material e métodos**

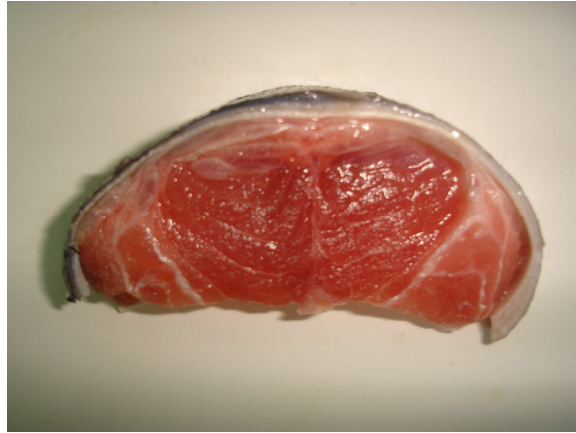
### **IV.2.1. Reagentes**

Os padrões das aminas bioativas (espermidina, espermina, putrescina, cadaverina, histamina, tiramina, triptamina, feniletilamina, agmatina e serotonina) e o agente derivação *orto*-ftalaldeído (OPA) foram adquiridos da Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, EUA). A partir da solução de cada uma das aminas a 1 mg/mL, em HCl 0,1 mol/L, foram feitas as diluições, neste ácido, até se obterem as concentrações de 20, 50, 100 e 150 µg/mL. Os reagentes utilizados foram de grau analítico, exceto os solventes utilizados na CLAE (acetonitrila e metanol), que foram de grau cromatográfico. Estes solventes orgânicos foram filtrados em membranas HVLP, em PVDF, com 47 mm de diâmetro e 0,45 µm de tamanho do poro (Millipore Corp., Milford, MA, EUA). A água utilizada foi ultrapura obtida do sistema Milli-Q Plus (Millipore Corp., Milford, MA, EUA).

### **III.2.2. Amostras**

Uma empresa especializada na captura de pescado migratório localizada no estado do Rio Grande do Norte enviou para Laboratório de Bioquímica de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais 24 amostras de atum tipo exportação no mês de julho de 2008.

As amostras compreendiam parte do pedúnculo caudal da albacora bandolim (*Thunnus obesus*) e albacora laje (*Thunnus albacares*) que pesavam em média 120 g, conforme indicado na figura IV.1.



**Figura IV.1.** Amostra do pedúnculo caudal de atum para análise dos teores de aminos bioativas muscular.

Os peixes foram capturados pela técnica de espinhel pelágico propiciando o recolhimento a bordo de peixes vivos e mortos, tendo em vista que os espinheis podiam permanecer até 13 h no mar até serem completamente recolhidos. De acordo com essa técnica de pesca podiam ser trazidos a bordo peixes sob duas condições:

- na primeira, os peixes eram coletados vivos sendo imediatamente atordoados e sangrados a fim de evitar o estresse do animal, o que facilitou também a maior liberação de sangue tendo em vista que o coração permanecia em funcionamento;
- a segunda condição era de trazer a bordo peixes mortos (em tempo indeterminado) condição essa justificada pelas intensas alterações metabólicas originadas pelo estresse da captura. Tais animais receberam um corte na altura da nadadeira peitoral para facilitar o escoamento do sangue, além de receber jatos de água para expulsar uma maior quantidade de sangue.

Todos os peixes capturados vivos foram identificados através de um corte no pedúnculo caudal a fim de separá-los daqueles que foram coletados mortos. As espécies foram identificadas por um classificador experiente durante as operações de processamento no entreposto de pescado localizado no porto da cidade de Natal no Rio Grande do Norte. As amostras de albacora bandolim e albacora laje foram obtidas nas condições apresentadas na Tabela IV.1.

**Tabela IV.1.** Distribuição das amostras de atum por espécie e condição vivo ou morto para determinação de aminas bioativas muscular.

Espécie	Condição no momento do abate	Número de amostras
Albacora bandolim	vivo	6
Albacora bandolim	morto	6
Albacora laje	vivo	6
Albacora laje	morto	6

### III.2.3. Determinação de aminas bioativas

Foram determinados os teores de dez aminas bioativas (espermidina, espermina, putrescina, cadaverina, histamina, tiramina, triptamina, feniletilamina, agmatina e serotonina) em amostras de albacora bandolim e albacora laje nas condições apresentadas na tabela IV.1.

As análises foram realizadas por CLAE e detecção fluorimétrica após derivação pós-coluna com OPA. Amostras foram quarteadas e trituradas a fim de reduzir seu tamanho, proporcionando maior superfície de contato da matriz com o agente extrator. Depois do quarteamento e trituração, pesaram-se 5,0 g da amostra em tubo de centrífuga, adicionaram-se 7,0 mL de ácido tricloroacético 5% e o conjunto foi

homogeneizado em agitador tipo vórtex (Biomatic, Brasil) durante 70 s (SILVA, 2008). Em seguida, o extrato foi separado em centrífuga refrigerada modelo MR23i (Jouan, S. A., Saint Herblain, França) e o sobrenadante filtrado em papel Whatman nº 1. Essa operação foi repetida por mais duas vezes e os filtrados combinados. Em seguida, o filtrado resultante das três extrações foi filtrado em membrana HAWP em éster de celulose, com diâmetro de 13 mm e tamanho de poro de 0,45 µm (Millipore Corp., Milford, MA, EUA) para posterior injeção e separação das amins em CLAE por pareamento de íons em coluna de fase reversa e quantificação por fluorimetria (340 nm de excitação e 445 nm de emissão) após derivação pós-coluna com *o*-ftalaldeído (VALE & GLÓRIA, 1997).

#### **IV.2.4. Cálculo dos teores totais de poliaminas e de amins biogênicas**

Os teores de amins bioativas foram apresentados de forma individual e também na forma de poliaminas e amins biogênicas. Para cálculos das poliaminas, foram somados os teores de espermidina e espermina. Para o cálculo das amins biogênicas, foram somados os teores de putrescina, cadaverina, histamina, serotonina, tiramina, triptamina, agmatina e 2-feniletilamina.

#### **IV.2.5. Cálculo do índice de Mietz & Karmas**

Calculou-se o índice de Mietz e Karmas das amostras, tendo sido o cálculo feito da seguinte forma: somaram-se os teores de putrescina, histamina e cadaverina (amins biogênicas), os quais foram divididos pela soma dos teores de espermidina e espermina mais um (MIETZ & KARMAS, 1978).

#### IV.2.6. Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e a comparação das médias foi feita pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade (PIMENTEL-GOMES, 2000).

#### IV.3. Resultados e discussão

Os teores de amins bioativas encontrados no pedúnculo caudal da albacora bandolim capturado pela técnica de espinhel pelágico na condição vivo no momento de abate estão apresentados na tabela IV.2.

**Tabela IV.2.** Teores de amins bioativas do pedúnculo caudal da albacora bandolim capturadas pelo espinhel pelágico na condição vivo no momento de abate

Amostra	Teores de amins bioativas (mg/kg)									
	EPD	EPM	PUT	CAD	HIM	TIM	SRT	AGM	FEM	TRM
1	0,30	1,02	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2	0,29	0,95	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	0,24	0,77	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	0,32	0,88	0,12	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
5	0,23	0,87	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6	0,32	0,85	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Média	0,28	0,89	0,09	0	0	0	0	0	0	0
DP*	0,04	0,09	0,02	0	0	0	0	0	0	0

EPD - espermidina, EPM - espermina, PUT - putrescina, CAD – cadaverina, HIM – histamina, TIM – tiramina, SRT – serotonina, AGM – agmatina, FEM – feniletilamina e TRM – triptamina. \* DP – desvio-padrão. nd – não detectado (< 0,04 mg/kg).

De uma maneira geral, na amostra do pedúnculo caudal da albacora bandolim foram encontradas as poliaminas espermidina, espermina e a diamina putrescina. Concordando com esses resultados, Vale & Glória (1997) afirmaram que, sob condições fisiológicas, os músculos de peixes frescos contêm teores significativos de espermidina e espermina, teores baixos de putrescina e apenas traços de histamina. Embora Arnold & Brown (1978) cite que os peixes da família Scombridae sejam particularmente susceptíveis a formação de histamina, pois apresentam grandes quantidades de histidina livre no tecido muscular, no presente estudo não foram encontrados teores detectáveis de histamina.

De acordo com a tabela IV.3, as aminas biogênicas (cadaverina, histamina, tiramina, serotonina, agmatina, feniletilamina e triptamina) também não foram encontradas nas amostras de albacora bandolim sob a condição morto no momento de abate, revelando que pontualmente a condição (vivo-morto) não exerceu influência sobre os teores de aminas biogênicas.

**Tabela IV.3.** Teores de aminas bioativas na carne da albacora bandolim capturadas pelo espinhel pelágico na condição morto no momento de abate.

Amostra	Teores de aminas bioativas (mg/kg)									
	EPD	EPM	PUT	CAD	HIM	TIM	SRT	AGM	FEM	TRM
1	0,28	0,72	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2	0,25	0,81	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	0,25	0,75	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	0,33	0,86	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
5	0,19	0,72	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6	1,29	0,81	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Média	0,43	0,78	0,07	0	0	0	0	0	0	0
DP*	0,42	0,06	0,02	0	0	0	0	0	0	0

EPD - espermidina, EPM - espermina, PUT - putrescina, CAD - cadaverina, HIM - histamina, TIM - tiramina, SRT - serotonina, AGM - agmatina, FEM - feniletilamina e TRM - triptamina.

\* DP - desvio-padrão.

nd - não detectado (< 0,04 mg/kg).

Quanto aos níveis de poliaminas, foi observado que os teores médios de espermina (0,78 mg/kg) foram significativamente superiores aos encontrados na condição vivo ( $p < 0,05$ ), enquanto que a putrescina (0,07 mg/kg) foi mais baixa ( $p < 0,05$ ) e a espermidina não diferiu significativamente. As poliaminas são moléculas alifáticas que possuem amino grupos distribuídos ao longo de sua estrutura (LARQUÉ et al., 2007). São conhecidas pelos nomes de espermidina e espermina, estando presentes em todas as células do organismo (LARQUÉ et al., 2007).

Os teores de aminas bioativas encontrados no pedúnculo caudal da albacora laje capturado pela técnica de espinhel pelágico na condição vivo e morto no momento de abate estão apresentados nas tabelas IV.4 e IV.5, respectivamente.

**Tabela IV.4.** Teores de aminas bioativas na carne da albacora laje capturadas pelo espinhel pelágico na condição vivo no momento de abate

Amostra	Teores de aminas bioativas (mg/kg)									
	EPD	EPM	PUT	CAD	HIM	TIM	SRT	AGM	FEM	TRM
1	0,19	0,75	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2	0,32	1,06	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	0,25	0,94	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	0,32	1,04	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
5	0,25	0,98	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6	0,22	1,05	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Média	0,26	0,97	0,09	0	0	0	0	0	0	0
DP*	0,05	0,12	0,01	0	0	0	0	0	0	0

EPD - espermidina, EPM - espermina, PUT - putrescina, CAD – cadaverina, HIM – histamina, TIM – tiramina, SRT – serotonina, AGM – agmatina, FEM – feniletilamina e TRM – triptamina. nd – não detectado ( $< 0,04$  mg/kg). DP – desvio-padrão.

Segundo Veciana-Nogués et al. (1997b), diversos fatores podem afetar os teores de aminas nos peixes como a espécie, época do ano, sexo, estado fisiológico, ambiente e tipo de tecido. No entanto, quando os teores médios da

espermidina, espermina e putrescina da albacora bandolim foram comparados com os da albacora laje, ambos na condição vivo no momento de abate não foram encontradas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) (tabela IV.6).

Entretanto, quando foram comparadas as médias das duas espécies sob a condição morto no momento de abate foram encontradas diferenças nos teores de espermina e putrescina. Dessa forma, foi observado que os teores apresentados pela albacora laje foram significativamente superiores aos da albacora bandolim ( $p < 0,05$ ) (tabela IV.6).

**Tabela IV.5.** Teores de aminos bioativas na carne da albacora laje capturadas pelo espinhel pelágico na condição morto no momento de abate

Amostra	Teores de aminos bioativas (mg/kg)									
	EPD	EPM	PUT	CAD	HIM	TIM	SRT	AGM	FEM	TRM
1	0,23	0,96	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2	0,38	1,06	0,13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	0,22	1,05	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	0,30	0,88	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
5	0,36	1,12	0,14	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6	0,26	0,94	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Média	0,29	1,00	0,11	0	0	0	0	0	0	0
DP*	0,07	0,09	0,02	0	0	0	0	0	0	0

EPD - espermidina, EPM - espermina, PUT - putrescina, CAD - cadaverina, HIM - histamina, TIM - tiramina, SRT - serotonina, AGM - agmatina, FEM - feniletilamina e TRM - triptamina.

\* DP - desvio-padrão. nd - não detectado ( $< 0,04$  mg/kg).

Esses resultados confirmam que os teores de poliaminas podem ser inerentes a cada espécie. Segundo Moinard et al. (2005), a espermidina e espermina estão envolvidas na síntese de DNA, RNA e de proteínas, sendo essenciais no crescimento e duplicação das células. Outra explicação para esses resultados poderia estar relacionada à idade dos animais e ao estado fisiológico, porém tais



dados não puderam ser registrados durante a pesquisa. Afinal, de acordo com Kalac & Krausová (2005), elevadas concentrações de poliaminas têm sido encontradas no sangue durante os estágios de maior desenvolvimento corpóreo, enquanto que decresce nos adultos.

**Tabela IV.6.** Teores médios de espermidina, espermina e putrescina em amostras de albacora bandolim e albacora laje na condição vivo e morto no momento de abate

Espécie - condição	Teores de aminas (mg/kg)		
	EPD	EPM	PUT
albacora bandolim			
Vivo	0,28 ± 0,04	0,89 ± 0,09	0,09 ± 0,02
Morto	0,43 ± 0,42	0,78 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,07 ± 0,02 <sup>b</sup>
albacora laje			
Vivo	0,26 ± 0,05	0,97 ± 0,12	0,09 ± 0,01
Morto	0,29 ± 0,07	1,00 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,11 ± 0,02 <sup>a</sup>

EPD – espermidina, EPM – espermina, PUT – putrescina.

Médias (ab) na mesma coluna para a condição morto seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Tukey 5% de probabilidade.

Estudos têm indicado que os teores de espermina e espermidina decrescem e os de putrescina, cadaverina, histamina, tiramina e triptamina aumentam durante o armazenamento e deterioração do atum, truta arco-íris, sardinha, salmão, dentre outros (MIETZ & KARMAS, 1978; GLÓRIA et al., 1999). Dessa maneira, foram somados os teores médios de espermidina e espermina (total de poliaminas) e das demais aminas biogênicas (total de aminas biogênicas) para comparar as médias por espécie e condição no momento do abate (tabela III.7).

Foi observado que os teores médios de poliaminas não diferiram significativamente entre si ( $p < 0,05$ ), enquanto que os teores de aminas biogênicas diferiram ( $p < 0,05$ ). Em seguida, compararam-se as médias do índice de qualidade proposto por Mietz & Karmas (1978), onde foram observadas diferenças

significativas entre a albacora bandolim e laje quando os mesmo estavam na condição morto no momento de abate. Esse índice é calculado a partir da soma dos teores de putrescina, histamina e cadaverina seguida pela divisão da soma dos teores de espermidina e espermina mais um.

**Tabela IV.7.** Teores médios de poliaminas, aminas biogênicas e índice de Mietz & Karmas (1978) em amostras de albacora bandolim e laje na condição vivo e morto no momento de abate

Espécie e condição	TPOL (mg/kg)	TBIO (mg/kg)	ÍNDICE M & K
ABV	1,17 ± 0,1	0,09 ± 0,02 <sup>ab</sup>	0,04 ± 0,01 <sup>ab</sup>
ABM	1,21 ± 0,45	0,07 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,03 ± 0,01 <sup>b</sup>
ALV	1,23 ± 0,16	0,09 ± 0,01 <sup>ab</sup>	0,04 ± 0,01 <sup>ab</sup>
ALM	1,29 ± 0,13	0,11 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>a</sup>

TPOL – total de poliaminas, TBIO – total de aminas biogênicas, ÍNDICE M & K – Índice de Mietz & Karmas. ABV – albacora bandolim vivo, AB M – albacora bandolim morto, ALV – albacora laje vivo, ALM – albacora laje morto.

Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Tukey 5% de probabilidade.

De uma maneira geral, todas as amostras demonstram excelente qualidade, já que apresentaram índices bem abaixo de 1,0. Segundo Mietz & Karmas (1978), atuns em excelente estado de frescor apresentam baixos teores de putrescina, cadaverina e histamina e relativamente altos teores de espermidina e espermina. Afirmam também que nas amostras de qualidade intermediária pode ser observado um aumento significativo nos teores de putrescina, cadaverina e histamina e um decréscimo naqueles referentes à espermidina e espermina, porém aqueles peixes em estado de decomposição, os teores de putrescina, cadaverina e, principalmente, a histamina continuarão a subir significativamente, enquanto a espermidina e espermina irão decrescer.

#### **IV.4. CONCLUSÃO**

As condições vivo ou morto no momento de abate demonstrou não exercerem influência sobre a produção de aminos bioativas indicando que outros fatores podem estar envolvidos, porém, as amostras encontravam-se em excelente estado de frescor, pois foram encontrados teores significativos de espermina e espermidina, em detrimento de baixos teores de cadaverina, putrescina, histamina, tiramina, feniletilamina, agmatina, serotonina e triptamina.

## **CONCLUSÕES INTEGRADAS**

Os atuns capturados pela técnica de espinhel pelágico no litoral do Rio Grande do Norte e Pernambuco demonstraram excelente qualidade.

Os atuns destinados à exportação do Rio Grande do Norte para os países da União Européia no período de dezembro de 2007 a dezembro de 2008 continham baixos teores de histamina muscular, atendendo os padrões exigidos pelos países importadores.

A determinação das aminas bioativas e a aferição dos valores das coordenadas colorimétricas não se mostraram adequadas para distinguir as seis classificações dos atuns atribuídas por um avaliador sensorial treinado.

As condições vivo ou morto no momento do abate não demonstraram influência sobre a produção de aminas bioativas, indicando que outros fatores podem estar envolvidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABABOUC, L.; AFILAL, M. E.; RHAFIRI, S.; BUSTA, F. F. Identification of histamine-producing bacteria isolated from sardine (*Sardina pilchardus*) stored in ice and at ambient temperature (25 °C). **Food Microbiology**, v. 8, p. 127-136, 1991a.

ABABOUC, L.; AFILAL, M.E.; BENABDELJELIL, H.; BUSTA, F.F. Quantitative changes in bacteria amino acids and biogenic amines in sardine (*Sardina pilchardus*) stored at ambient temperature (25-28 °C) and in ice. **International Journal of Food Science and Technology**, London, v. 3, n. 26, p. 297-306, 1991b.

ABRIL, M.; CAMPO, M. M.; ÖNENÇ, A.; SAÑUDO, C.; ALBERTI, P. NEGUERUELA, A. I. Beef colour evolution as a function of ultimate pH. **Meat Science**, v. 58, p. 69-78, 2001.

ANDERSON, A. K. Biogenic and volatile amine-related qualities of three popular fish species sold at Kuwait fish markets. **Food Chemistry**, v. 107, p. 761-767, 2008.

ARAÚJO, R. Estado já tem mais de US\$ 72 milhões em exportações neste bimestre em 2008. **O Jornal de Hoje**. Natal, 22/03/2008. Economia.

ARLORIO, M.; COISSONM, J.; MARTINELLI, A. Ion-par HPLC determination of biogenic amines and precursor amino acids. **Chromatographia**, v. 48, p. 763-769, 1998.

ARNOLD, H. S.; BROWN, D. W. Histamine toxicity from fish products. **Advances in Food Research**, v. 24, p. 113-154, 1978.

ASHIE, I. N. A.; SMITH, J. P.; SIMPSON, B. K. Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 36, n. 182, p. 87-121, 1996.

AUERSWALD, L.; MORREN, C.; LOPATA, A. L. Histamine levels in seventeen species of fresh and processed South African food. **Food Chemistry**, v. 98, p. 231-239, 2006.

BAIXAS-NOGUERAS, S.; BOVER-CID, S.; VECIANA-NOGUÉS, M. T.; VIDAL-CAROU, M. C. Chemical and sensory changes in Mediterranean hake (*Merluccius merluccius*) under refrigeration (6-8 °C) and stored ice. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 50, p. 6504-6510, 2002.

BALDINI, V. L. S. Aminas biogênicas e a deterioração do pescado. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, p. 389-402, 1982.

BARDÓCZ, S. Polyamines in food and their consequences for food quality and human health. **Trends of Food Science and Technology**, v. 6, p. 341-346, 1995.

BARDÓCZ, S.; GRANT, G.; BROWN, D. S.; RALPH, A.; PUSZTAI, A. Polyamines in food: implications for growth and health. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 4, p. 66-71, 1993.

BARROS, M. M. S.; AZEVEDO, J. R. M.; MACIEL, R.; KOKUBUN, E.; ANARUMA, C. A. Dosagem histamínica muscular de ratos exercitados. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 11, n. 2, p. 112-117, 1997.

BECKER, K.; SOUTHWICK, K.; REARDON, J.; BERG, R.; MACCORMACK, J. N. Histamine poisoning associated with eating tuna burgers. **Journal of American Medical Association**, v. 285, n. 10, p. 1327-1330, 2001.

BEM-GENGIREY, B.; SOUSA, J. M. V. B.; VILLA, T. G.; BARROS-VELAZQUEZ, J. B. Characterization of biogenic amine-producing *Stenotrophomonas maltophilia* strains isolated from white muscle of fresh and frozen albacore tuna. **International Journal of Food Microbiology**, v. 57, p. 19-31, 2000.

BERAQUET, N. J.; LINDO, M. M. K. Transformações bioquímicas “post mortem” em pescado. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 169-192, 1985.

BERSET, C.; CANIAUX, P. Relationship between color evaluation and chlorophyllian pigment content in dried parsley leaves. **Journal of Food Science**, v. 48, p. 1854-1857, 1983.

BERTRAND, A.; BARD, F. X.; JOSSE, E. Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia. **Marine Biology**, v. 140, p. 1023-1037, 2002.

BORADE, P. S.; BALLARY, C. C.; LEE, D. K. C. A fish cause of sudden near fatal hypotension. **Journal Resuscitation**, v. 72, p. 158-160, 2007.

BRANDÃO, A. L. G. **Potencial de formação de aminas biogênicas em peixes de piscicultura**. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia, UFMG. 1996. 65 p. (Dissertação, Mestrado em Ciência de Alimentos).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria Nº 185 de 13 de maio de 1997. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Peixe Fresco (Inteiro e Eviscerado). **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 de maio de 1997, Seção 1, p. 10282.

BRIL, R. W.; BIGELOW, K. A.; MUSYL, M. K.; FRITSCHES, K. A.; WARRANT, E. J. Bigeye tuna behaviors and physiology and their relevance to stocks assessments and fishery biology. **ICCAT**, v. 57, n. 2, p. 141-161, 2005.

BRINK, B.; DAMINK, C.; JOOSTEN, H. M.; HUIS IN'T VELD, J. H. J. Occurrence and formation of biologically active amines in foods. **International Journal of Food Microbiology**, v. 11, p. 73-84, 1990.

CAÑEQUE, V.; SAÑUDO, C. **Metodología para El estudio de la calidad de la canal y de la carne em rumiantes**. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, 2000. 247p.

CDC (Center for Disease Control). Disponível em <http://www.cdc.gov>. Acesso em 29/04/08.

CE (Conformite Europeene). Directiva de 22 de Julio de 1991 por la que se fijan las normas aplicables a la producción y puesta en el Mercado de los productos pesqueros (91/439/EEC). **Diario Oficial de la Comunidades Europeas**, v. 286, p. 15-34, 1991.

CHANG, S.; KUNG, H.; CHEN, H.; LIN, C.; TSAI, Y. Determination of histamine and bacterial isolation in swordfish fillets (*Xiphias gladius*) implicated in a food borne poisoning. **Food Control**, v. 19, p. 16-21, 2008.

COLE, R. G.; ALCOCK, N. K.; HANDLEY, S. J.; GRANGE, K. R.; BLACK, S.; CAIRNEY, D.; DAY, J.; FORD, S.; JERRET, A. R. Selective capture of blue cod *Parapercis colias* by potting: behavioural observations and effects of capture method on peri-mortem fatigue. **Fisheries Research**, v. 60, p. 381-392, 2003.



COLLETE, B. B. Scombridae, atunes, bacoretas, bonitos, caballas, estorninos, melva, etc: Guia FAO para identificação de espécies para los fines de la pesca. **FAO**, v. 125, n. 2, 137p., 1995.

CONCA, R.; BRUZZONITI, M. C.; MENTASTI, E.; SARZANINI, C.; HAJOS, P. Ion chromatographic separation of polyamines: putrescine, spermidine and spermine. **Analytical Chimica Acta**, v. 439, p. 107-114, 2001.

DUFLOS, G.; DERVIN, C.; MALLE, P.; BOUQUELET, S. Relevance of matrix effect in determination of biogenic amines in plaice (*Pleuronectes platessa*) and whiting (*Merlangus merlangus*). **Journal of the Association of Official Analytical Chemists International**, v. 82, n. 5, p. 1097-1101, 1999.

ELIASSEN, K.; REISTAD, R.; RISOEN, U.; RONNING, H. F. Dietary polyamines. **Food Chemistry**, v. 78, p. 273-280, 2002.

FAO (Food and Agriculture Organization). Disponível em <http://www.fao.org>. Acesso em 21/04/08.

FDA (Food and Drug Administration). Decomposition and histamine – raw frozen tuna and mahi-mahi; canned tuna; and related species; availability of revised compliance policy guide. **Federal Registration**, v. 149, p. 39754-39756, 1995.

FIGUEIREDO, M. B. **Biologia reprodutiva da albacora bandolim *Thunnus obesus* (Lowe, 1839) no Oceano Atlântico oeste tropical**. Recife: Departamento de Pesca e Aqüicultura, UFRPE. 2007. 64 p. (Dissertação, mestrado em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura).

FISHTEC. **O arrendamento de embarcações pesqueiras como instrumento de consolidação do desenvolvimento da pesca oceânica no Brasil.** Natal, 50 p. 2003.

FONTENEAU, A.; ARIZ, J.; DELGADO, A.; PALLARES, P.; PIANET, R. A comparison of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) stocks and fisheries in the Atlantic, Indias and Pacific ocean. **ICCAT**, v. 57, n. 2, p. 41-66, 2005.

FRANCIS, F. J. Quality as influenced by color. **Food Quality and Preference**, v. 6, p. 149-155, 1995.

FRATTINI, V.; LIONETTI, C. Histamine and histidine determination in tuna fish samples using high-performance liquid chromatography derivatization with *o*-phthalaldehyde and fluorescence detection or UV detection of "free" species. **Journal of Chromatography**, v. 809, p. 241-245, 1998.

GLÓRIA, M. B. A.; DAESCHEL, M. A.; CRAVEN, C.; HILDERBRAND JR., K. S. Histamine and other biogenic amines in Albacore tuna. **Journal of aquatic food product technology**, v. 8, n. 4, p. 55-69, 1999.

GUIZANI, N.; AL-BUSAIDY, M. A.; AL-BELUSH, M. I.; MOTHERSHAW, A.; RAHMAN, M. S. The effect of storage temperature on histamine production and the freshness of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). **Food Research International**, v. 38, p. 215-222, 2005.

HALÁSZ, A.; BARÁTH, A.; SIMON-SARKADI, L.; HOLZAPFEL, W. Biogenic amines and their production by microorganisms in food. **Trends in Food Science and Technology**, v. 5, p. 42-49, 1994.

HAZIN, F. H. V. A pesca na zona econômica exclusiva, ZEE: sua importância para o Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**. v. 1, p. 10-18, 2006.

HERNANDEZ-JOVER, T.; IZQUIERDO-PULIDO, M.; VECIANA-NOGUÉS, T.; MARINÉ-FONT, A.; VIDAL-CAROU, M. C. Biogenic amine and polyamine contents in meat and meat products. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, v. 45, p. 2098-2102, 1997.

HUNTERLAB. CIE L\*a\*b\* color scale. **Applications note**, v. 8, n. 7, July 1-15, 1996.

ICCAT. **International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas: reporto d the standing committee on research and statistics (SCRS)**. Spain, 92p., 2006.

JERRET, A. J.; STEVENS, J. HOLLAND, A. J. Tensile properties of white muscle in rested and exhausted king salmon (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of Food Science**, v. 61, p. 527-532, 1996.

KALAC, P. Biologically active polyamines in beef, pork and meat products: A review. **Meat Science**, v. 73, p. 1-11, 2006.

KALAC, P.; KRAUSOVÁ, P. A review of dietary polyamines: Formation, implications for growth and health and occurrence in foods. **Food Chemistry**, v. 90, p. 219-230, 2005.

KALAC, P.; KRIZEK, M.; PELIKANOVÁ, T.; LANGOVÁ, M. VESKRNA, O. Contens of polyamines in selected foods. **Food Chemistry**, v. 90, p. 561-564, 2005.

KHUHAWAR, M. Y.; QURESHI, G. A. Polyamines as cancer markers: applicable separation methods. **Journal of Chromatography B**, v. 764, p. 385-407, 2001.

KIM, S.; BEM-GIGIREY, B.; VELÁZQUEZ, J. B.; PRICE, R.; AN, H. Histamine and biogenic amine production by *Morganella morgani* isolated from temperature abused albacore. **Journal of Food Protection**, v. 63, n. 2, p. 244-251, 2000.

KRAUSOVÁ, P.; KALAC, P.; KRIZEK, M.; PELIKANOVÁ, T. Changes in the content of biologically active polyamines during storage and cooking of pig liver. **Meat Science**, v. 77, p. 269-274, 2007.

KUHN, C. R.; SOARES, G. J. D. Proteases e inibidores no processamento de surimi. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 1, p. 5-11, 2002.

LAPA-GUIMARÃES, J. **Aminas biogênicas, aminas voláteis, triptofano livre e uréia como índices químicos de qualidade e frescor de pescado**. Campinas: UNICAMP. 2005. 125 p. (Tese, Doutorado em Tecnologia de Alimentos).

LARQUÉ, E.; SABATER-MOLINA, M.; ZAMORA, S. Biological significance of dietary polyamines. **Nutrition**, v. 23, p. 87-95, 2007.

LEHANE, L.; OLLEY, J. Histamine fish poisoning revisited. **International Journal of Food Microbiology**, v. 58, p. 1-37, 2000.

LEITÃO, M. F. F. Deterioração microbiana do pescado e sua importância em saúde pública. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 3, n. 3/4, p. 143-152, 1994.

LEUSCHNER, R. G.; KURTHARA, M.; HAMMES, W. P. Effect of enhanced proteolysis on formation of biogenic amines by lactobacilli during gouda cheese ripening. **International Journal of Food Microbiology**, v. 15, p. 44-52, 1998.

LIMA, G. P. P.; ROCHA, S. A.; TAKAKI, M.; RAMOS, P. R. R. Teores de poliaminas em alguns alimentos da dieta básica do povo brasileiro. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1294-1298, 2006.

LOWE, T. E.; RYDER, J. M.; CARRAGHER, J. F.; WELLS, R. M. G. Flesh quality in snapper *Pagrus auratus* affected by capture stress. **Journal of Food Science**, v. 58, p. 527-532, 1993.

MAGANHANI, M. B.; MARIANO, B.; SOARES, A. L.; GUARNIERI, P. D.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Carnes PSE (pale, soft, exudative) e DFD (dark, firm, dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 69-72, 2007.

MALLE, P.; VALLE, M.; BOUQUELET, S. Assay of biogenic amines involved in fish decomposition. **Journal of the Association of Official and Analytical Chemists International**, v. 79, n. 1, p. 43-49, 1996.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, v. 71, p. 100-121, 2005.

MATEO, A.; SOTO, F.; VILLAREJO, J. A.; ROCA-DORDA, J.; GANDARA, F.; GARCÍA, A. Quality analysis of tuna meat using an automated color inspection system. **Aquacultural Engineering**, v. 35, p. 1-13, 2006.

**MERCADO DA PESCA**. Disponível em <http://www.mercadodapesca.com.br/> Acesso em 16/01/08.

MIETZ, J. L.; KARMAS, E. Chemical quality index of canned tuna as determined by high-pressure liquid chromatography. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 42, p. 155-158, 1977.

MIETZ, L. J.; KARMAS, E. Polyamine and histamine content of rockfish, salmon, lobster, and shrimp as an indicator of decomposition. **Journal of the Association of Official and Analytical Chemists**, Arlington, v. 61, n. 1, p. 139-145, 1978.

MIKI, M.; ISHIKAWA, T.; OKAYAMA, H. An outbreak of histamine poisoning after ingestion of the ground saury paste in eight patients taking isoniazid in tuberculous ward. **Internal Medicine**, v. 44, n. 11, p. 1033-1036, 2005.

MOINARD, C.; CYNOBER, L.; BANDT, J. P. Polyamines: metabolism and implications in human diseases. **Clinical Nutrition**, v. 24, p.184-197, 2005.

NEVES, F. O. C.; BASTOS, G. C. C.; NEVES, T. S. A morte de aves em espinhéis no Brasil. **Ciência Hoje**, v. 29, n. 171, p. 24-33, 2001.

NEWSCOMEX. Exigências da EU suspendem exportações de atuns no RN. **Newscomex- Comércio Exterior e Logística**. São Paulo, 27/10/2006. Notícias.

OLIVEIRA, I. M.; HAZIN, F.; OLIVEIRA, V. S.; GEBER, F.; OLIVEIRA, G. J.; BARRADAS, R. Distribuição e abundância relativa de peixes capturados com espinhel de fundo na costa de Pernambuco, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 33, n. 2, p. 183-193, 2007.

ONAL, A. A review: current analytical methods for the determination of biogenic amines in foods. **Food Chemistry**, v. 103, p. 1475-1486, 2007.

PEREIRA, A. A. **Comportamento da albacora laje *Thunnus albacares* (Bonaterre, 1788) no arquipélago de São Pedro e São Paulo**. Recife: Departamento de Tecnologia e Geociências, UFPE. 2007. 55 p. (Dissertação, mestrado em oceanografia).

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14 ed., Piracicaba, 477 p. 2000.

RAWLES, D. D.; FLICK, G. J.; MARTIN, R. Y. Biogenic amines in fish and shellfish. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 39, p. 329-365, 1996.

RIBEIRO, S. C. A.; CARMELITA, F. A. R.; PARK, K. J.; ARAÚJO, E. A. F.; TOBINAGA, S. Alteração da cor da carne de mapará (*Hypophthalmus edentatus*) desidratada osmoticamente e seca. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 9, n. 2, p. 125-135, 2007.

ROBB, D. H. F.; KESTIN, S. C.; WARRIS, P. D. Muscle activity at slaughter: I. Changes in flesh colour and gaping in rainbow trout. **Aquaculture**, v. 182, p. 261-269, 2000.

RUIZ-CAPILLAS, C.; MORAL, A. Production of biogenic amines and their potential use as quality control indices for hake (*Merluccius merluccius*, L.) stored in ice. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 7, p. 1030-1032, 2001.

RUIZ-CAPILLAS, C.; MORAL, A. Sensory and biochemical aspects of quality of whole bigeye tuna (*Thunnus obesus*) during bulk storage in controlled atmospheres. **Food Chemistry**, v. 89, p. 347-354, 2005.

SANCHEZ-ZAPATA, E.; FERNÁNDEZ-LOPEZ, J.; SAYAS, E.; SENDRA, E.; NAVARRO, C.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A. Estudio orientativo para la caracterización colorimétrica de distintos productos de pescado ahumados y seco-salados presentes em el mercado español. **Óptica Pura y Aplicada**, v. 41, n. 3, p. 273-279, 2008.

SANTOS, C. S.; MEIRELES, E. C.; ARAÚJO, S. A. Diagnóstico do cenário produtor/exportador do pescado no RN: Perspectivas atuais e futuras. **Anais da 57ª Reunião Anual da SBPC**, Fortaleza, 12/07/2005.

**SEAP** (Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca). Disponível em <http://www.presidencia.gov.br/seap> Acesso em 20/04/08.

SHALABY, A. R. Significance of biogenic amines to food safety and human health. **Food Research International**, v. 29, p. 675-690, 1996.

SHROEDER, F. A.; CASTELLO, J. P. Cardume associado: nova modalidade de pesca de atuns no sul do Brasil – descrição e comparação. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2, n. 1, p. 66-74, 2007.

SILLA SANTOS, M. H. Biogenic amines: their importance in foods. **International Journal of Food Microbiology**, v. 29, p. 213-224, 1996.

SILVEIRA, N. F. A.; LEITÃO, M. F. F.; BALDINI, V. L. S.; TEIXEIRA FILHO, A. R. Bactérias produtoras de histamina e potencial para sua formação em peixes de origem fluvial ou lacustre. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 4, p. 19-25, 2001.

SINNECKER, P.; GOMES, M. S. O.; ARÊAS, J. A. G; LANFER-MARQUEZ, U. M. Relationship between color (instrumental and visual) and chlorophyll contents in soybean seeds during ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 3961-3966, 2002.

SMITH, T.; MOGRIDGE, J. L.; SOUSADIAS, M. G. Growth-promoting potential and toxicity of spermidine, a poliamine and biogenic amine found in foods and feedstuffs. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, v. 44, p. 518-521, 1996.



SMULEVICH, G.; DROGHETTI, E.; FOCARDI, C.; COLETTA, M.; CIACCIO, C.; NOCENTINI, M. A rapid spectroscopic method to detect the fraudulent treatment of tuna fish with carbon monoxide. **Food Chemistry**, v.101, 1071-1077, 2007.

SOARES, V. F. M.; VALE, S. R.; JUNQUEIRA, R. G.; GLÓRIA, M. B. A. Teores de histamina e qualidade físico-química e sensorial de filé de peixe congelado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 4, p.57-63, 1998.

SOARES, V. F. M.; GLÓRIA, M. B. A. Histamine levels in canned fish available in the retail market of Belo Horizonte, MG, Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 7, p. 102-107, 1994.

SOTO, F.; VILLAREJO, J. A.; MATEO, A.; ROCA-DORDA, J.; GÁNDARA, F.; GARCÍA, A. Preliminary experiences in the development of bluefin tuna *Thunnus thynnus* (L., 1758) electroslaughtering techniques in rearing cages. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p. 83-91, 2006.

STEET, J. A.; TONG, C. H. Degradation kinetics of green color and chlorophylls in peas by colorimetry and HPLC. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 5, p. 924-931, 1996.

TAYLOR, S. L. Histamine food poisoning: toxicology and clinical aspects. **Critical Reviews in Toxicology**, v. 17, p. 91-128, 1986.

TSAI, Y.; KUNG, H.; LEE, T.; CHEN, H.; CHOU, S.; WEI, C.; HWANG, D. Determination of histamine in canned mackerel implicated in a food borne poisoning. **Food Control**, v. 16, p. 579-585, 2005.

TSAI, Y.; KUNG, H.; LEE, T.; LIN, G.; HWANG, D. Histamine-related hygienic qualities and bacteria found in popular commercial scombroid fish fillets in Taiwan. **Journal Food Protection**, v. 67, p. 407-412, 2004.

TSAI, Y.-H.; LIN, C.-H.; CHIEN, L.-T.; LEE, T.-M.; WEI, C.-I.; HWANG, D.-F. Histamine contents of fermented fish products in Taiwan and isolation of histamine-forming bacteria. **Food Chemistry**, v. 98, p. 64-70, 2006.

VALE, S. R.; GLÓRIA, M. B. A. Determination of biogenic amines in cheese. **Journal of the Association of Official and Analytical Chemists International**, Arlington, v. 80, p. 1006-1012, 1997.

VECIANA-NOGUÉS, M. T.; HERNANDEZ-JOVER, T.; MARINÉ-FONT, A.; VIDAL CAROU, M. C. Liquid chromatographic method for determination of biogenic amines in fish and fish products. **Journal of the Association of Official and Analytical Chemists International**, Arlington, v. 78, p. 1045-1050, 1995.

VECIANA-NOGUÉS, M. T.; MARINÉ-FONT, A.; VIDAL-CAROU, M. C. Biogenic amines in fresh and canned tuna: effects of canning on biogenic amines contents. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 45, p. 4324-4328, 1997a.

VECIANA-NOGUÉS, M. T.; MARINÉ-FONT, A.; VIDAL-CAROU, M. C. Biogenic amines as hygienic quality indicators of tuna. Relationship with microbial counts, ATP related compounds, volatile amines and organoleptic changes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 2036-2041, 1997b.

VIEIRA, R. H. S. F. **Microbiologia, higiene e qualidade do pescado: teoria e prática**. São Paulo: Varela, 2004.

VINCI, G.; ANTONELLI, M. L. Biogenic amines: quality index of freshness in red and white meat. **Food Control**, v. 13, p. 519-524, 2002.

VIRIYARATTANASAK, C.; MATSUKAWA, S.; HAMADA-SATO, N.; WATANABE, M.; SUZUKI, T. Quantitative measurement of metamyoglobin in tuna flesh via electron paramagnetic resonance. **Food Chemistry**, v. 111, p. 1050-1056, 2008.

YEH, C.; LIN, S.; HWANG, D. Biogenic amines, histamine and label of dressed fried fish meat products in Taiwan. **Food Control**, p. 423-428, 2006.