



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

INSTITUTO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

DEBORAH HELENA PIMENTEL DE ARAÚJO

**Determinação de histamina e outras aminas bioativas e perfil
de ácidos graxos de peixes da região amazônica**

BELÉM

2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

INSTITUTO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

DEBORAH HELENA PIMENTEL DE ARAÚJO

**Determinação de histamina e outras aminas bioativas e perfil
de ácidos graxos de peixes da região amazônica**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Manoel da Cruz Rodrigues

BELÉM

2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

DEBORAH HELENA PIMENTEL DE ARAÚJO

**Determinação de histamina e outras aminas bioativas e perfil
de ácidos graxos de peixes da região amazônica**

Data de Avaliação: ____/____/____

Conceito: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Manoel da Cruz Rodrigues
(FEA/ITEC/UFPA – Orientador)

Professora Dr^a Maria Beatriz Abreu Glória
(FF/UFMG –Membro)

Professora Dr^a Lucia de Fátima Henriques Lourenço
(FEA/ITEC/UFPA – Membro)

LISTA DE FIGURAS

1	Estrutura química de algumas aminas.....	33
2	Metabolismo da histamina em humanos.....	42
3	Teores médios de poliaminas e aminas biogênicas nas amostras de peixes analisadas.....	67
4	Teores médios de aminas biogênicas encontrados nas espécies de peixes.....	67
5	Demonstração percentual dos teores de aminas biogênicas nas espécies de peixes analisadas.....	68
6	Níveis de Bases Voláteis Totais e aminas biogênicas nas espécies em estudo.....	75
7	Teores de putrescina, cadaverina e tiramina nas amostras armazenadas a 4 °C por 48 horas e a -18 °C.....	77

LISTA DE TABELAS

1	Composição em umidade e lipídios das espécies sarda, serra, xaréu, cavala e timbira	52
2	Média dos teores de umidade e lipídios das espécies sarda, serra, xaréu, cavala e timbira.....	53
3	Teores de Bases Voláteis Totais nas espécies do estudo.....	58
4	Perfis de ácidos graxos das espécies sarda, serra, cavala, xaréu e timbira.....	61
5	Teores de aminos bioativas nas espécies cavala, sarda, xaréu, serra e timbira.....	65
6	Teores médios totais das aminos bioativas nas espécies do estudo.....	66
7	Percentual de ocorrência de aminos biogênicas nas espécies do estudo..	69
8	Índice de Mietz e Karmas nas espécies cavala, sarda, xaréu, serra e timbira.....	74
9	Teores de aminos bioativas nas espécies armazenadas sob refrigeração por 48 horas	75
10	Teores de aminos bioativas nas amostras a temperatura de -18 °C e 4 °C.....	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATP: adenosina trifosfato

CLAE: cromatografia líquida de alta eficiência

DAO: diaminoxidases

DHA: ácido docosaenoico

EPA: ácido eicosapentaenoico

FAME's: ésteres metílicos de ácidos graxos

FAO:

WHO: Organização Mundial da Saúde

FDA: Administração de Medicamentos e Alimentos

LCPUFA: ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa

LDC: lisina descarboxilase

MAO: monoaminoxidases

OPA: orto-ftalaldeído

PAO: poliaminoxidases

PUFA: ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa

SFA: ácidos graxos saturados

TCA: ácido tricloroacético

TMA: trimetilamina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos	13
3 REVISÃO DA LITERATURA	14
3.1 Aspectos relacionados à deterioração de peixes	14
3.2 Índices de qualidade utilizados para peixes	18
3.3 Composição e valor nutricional de peixes	19
3.3.1 Informações gerais sobre as espécies de peixes pertencentes ao estudo.....	20
3.3.1.1 Cavala (<i>Scomberomorus cavalla</i>)	20
3.3.1.2 Serra (<i>Scomberomorus brasiliensis</i>)	21
3.3.1.3 Sarda (<i>Scomber scombrus</i>).....	21
3.3.1.4 Xaréu (<i>Caranx ignobilis</i>).....	22
3.3.1.5 Timbira (<i>Oligoplites palometa</i>).....	23
3.4 Práticas de captura e tipos de embarcações utilizadas na pesca das espécies do estudo	23
3.5 Ácidos graxos	26
3.6 Bases Voláteis Totais.....	29
3.7 Aminas bioativas.....	31
3.7.1 Definição e classificação	31
3.7.2 Biossíntese.....	33
3.7.3 Funções.....	37
3.7.4 Importância sob o aspecto toxicológico	38
3.7.5 Determinação de histamina em pescado	43
3.7.5.1 Extração e detecção	45
3.7.5.2 Separação	47
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	47
4.1 MATERIAL.....	47
4.1.1 Amostras	47
4.2 MÉTODOS	48
4.2.1 Caracterização centesimal e físico-química	48

4.2.1.1 Determinação do teor de umidade.....	48
4.2.2.2 Determinação dos teores de lipídios totais.....	48
4.2.2 Determinação das Bases Voláteis Totais	48
4.2.3 Determinação do perfil de ácidos graxos	49
4.2.4 Determinação de histamina e outras amins bioativas.....	50
4.2.4.1Cálculo dos teores totais de poliaminas e amins biogênicas	51
4.2.4.2 Determinação do Índice de Mietz e Karmas	51
4.2.5 Determinação da qualidade nutricional.....	51
4.2.6 Análise estatística.....	52
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1 Teores de umidade e lipídios	53
5.2 Bases Voláteis Totais.....	58
5.3 Perfis de ácidos graxos	61
5.4 Avaliação dos teores de histamina e outras amins bioativas.....	65
6 CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS	81

RESUMO

Os peixes da região norte do Brasil são importantes constituintes da dieta da população desta região. No entanto, por ser um alimento altamente perecível, e frequentemente envolvido em históricos de intoxicação, existe a necessidade de avaliação do estado de qualidade destes peixes. Cavala, serra, sarda, xaréu e timbira são peixes muito comercializados no mercado Ver-o-peso, na cidade de Belém, Pará. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade higiênico-sanitária destas espécies, bem como a susceptibilidade a deterioração, baseado na avaliação de amins biogênicas, Bases Voláteis Totais e perfil de ácidos graxos. Nenhuma das espécies analisadas apresentou quantidade de Bases Voláteis Totais acima do limite preconizado pela legislação vigente, que é de 30 mg N/100 g, e o conteúdo máximo, de $24,50 \pm 0,29$ mg N/100g, esteve presente na espécie xaréu. No total, foram detectados doze ácidos graxos, com predominância dos ácidos graxos saturados, principalmente devido aos altos valores de ácido palmítico (C16:0) nas espécies serra, timbira (33,72%) e xaréu (44,18%). Em relação às amins bioativas, foram detectadas putrescina, cadaverina, histamina, tiramina, serotonina, agmatina, espermidina, feniletilamina e espermina. A cadaverina esteve presente em maiores quantidades, 38,5 mg/kg, valor encontrado para a espécie cavala. Todos os lotes analisados para histamina estiveram dentro dos limites considerados seguros para peixes escombrídeos segundo a legislação, desta forma, os níveis de histamina presentes nas várias amostras analisadas não seria suficiente para causar efeitos adversos a saúde.

Palavras chave: histamina, amins bioativas, peixes, perfil de ácidos graxos, Bases Voláteis Totais.

ABSTRACT

The fishes of northern Brazil are important constituents of the diet of the population of this region. However, being a highly perishable food, and often involved in intoxication it is necessary to evaluate the quality status of these fish. Cavala, serra, sarda, xaréu and timbira fish are heavily traded in the market Ver-o-Peso, in Belém, Pará. Therefore, the aim of this study was to evaluate the sanitary quality of these species, as well the susceptibility to deterioration, based on the evaluation of biogenic amines, total volatile bases and fatty acid profile. None of the species analyzed showed the amount of total volatile bases above the limit recommended by the legislation, which is 30 mg N/100 g, and the maximum content of $24,50 \pm 0,29$ mg N/100 g, was present in the specie xaréu. Overall, twelve fatty acids were detected, with a predominance of saturated fatty acids, mainly due to the high amounts of palmitic acid (C16: 0) in Serra, Timbira (33.72%) and Xaréu (44.18%). Regarding bioactive amines, putrescine, cadaverine, histamine, tyramine, serotonin, agmatine, spermidine and phenylethylamine were detected. The cadaverine was present in greater quantities, 38,5 mg/kg, level found for the species cavala. Every analyzed lot for was in compliance with the legislation, with respect to histamine. Therefore, the histamine levels found in the various samples analyzed would not be enough to cause adverse health effects in consumers.

Keywords: histamine, bioactive amines, fish, fatty acid profile, total volatile bases.

1 INTRODUÇÃO

Os rios Amazonas e Tocantins deságuam no Oceano Atlântico, na costa norte do Brasil, entre os estados do Pará e Amapá. Esta área, chamada de Estuário do Amazonas, estende-se na linha de costa destes estados formando um ambiente aquático complexo com uma alta produtividade biológica. Esta riqueza faz com que o local seja um grande pólo industrial de exploração de recursos pesqueiros (SANYO TECNO MARINE, 1998).

O Pará ocupa a segunda posição como maior produtor de pescado entre os estados brasileiros, enquanto o estado de Santa Catarina é o maior produtor brasileiro (BRASIL, 2010).

Na região Norte, o melhor aproveitamento das espécies de peixes da Bacia Amazônica, o desenvolvimento da piscicultura em lagos naturais, bem como a diversificação da pesca oceânica, fazem com que as possibilidades de crescimento da produção de peixes sejam amplas (SANTOS, 2005).

No entanto, no Brasil, nem sempre os peixes disponíveis ao consumidor correspondem às expectativas deste. Este fato se deve a diversos fatores, como preço elevado e baixa qualidade, que pode ser resultante de práticas de manipulação inadequadas durante a comercialização, a conservação e o armazenamento (MACIEL, 2011).

O peixe, do ponto de vista nutricional, é reconhecidamente um dos alimentos mais completos, graças à disponibilidade de quantidades expressivas de nutrientes essenciais, como proteínas de alto valor biológico; vitaminas lipossolúveis; fração lipídica rica em ácidos graxos insaturados, como o ômega 3, incluindo o ácido eicosapentaenóico (EPA) e o docosahexaenóico (DHA), propostos como os nutrientes essenciais responsáveis pelos efeitos cardioprotetores potenciais do consumo de peixe, como prevenção da agregação plaquetária e trombose; além de baixo teor de colesterol (LICHTENSTEIN et al., 2001; ABULUDE et al., 2006).

No entanto, o pescado é um alimento altamente perecível, porque apresenta, desde a captura, uma microbiota natural com grande potencial de deterioração, além de possuir grande quantidade de água e compostos facilmente utilizáveis por microrganismos em sua composição (BERAQUET e LINDO, 1985; CONNER, 1997; OGAWA e MAIA, 1999; INHAMUMS e FRANCO, 2001; ESLICK et al., 2009).

A deterioração pode ser resultante de alterações bioquímicas (oxidação lipídica e hidrólise de proteínas) ou da atividade metabólica de microrganismos (ASHIE et al., 1996). Esta última pode levar, invariavelmente, à formação de compostos não voláteis, dentre eles, as aminas bioativas, como a histamina, substância que em concentração elevada em alimentos pode causar efeitos adversos a saúde humana (HALÁSZ et al., 1994; GLÓRIA, 2005).

A presença e os teores de histamina e de outras aminas bioativas possibilita também avaliar o grau de deterioração da amostra, em função do processo de degradação enzimática dos aminoácidos, podendo ser usados como parâmetro ou critério de qualidade (LAPA-GUIMARÃES, 2005; OZOGUL, OZOGUL e KULEY, 2008).

Um aumento de doenças relacionadas ao consumo de peixes tem sido documentado, gerando maior interesse mundial em segurança destes alimentos (GONZAGA et al., 2009). Além disso, em virtude do estabelecimento de barreiras à exportação de peixes pelo Brasil, como certificados de testes laboratoriais para constatar aos exportadores de peixe fresco os níveis de metais pesados, antibióticos e histamina, adotados pela União Européia (SEAP, 2008), a avaliação destes compostos nos produtos consumidos pela população brasileira, bem como os exportados pelo Brasil, torna-se indispensável (SILVA, 2008).

De forma a se obter dados relacionados à qualidade dos peixes regularmente consumidos pela população amazônica, tendo em vista a escassez de dados referentes aos teores de histamina e outras aminas bioativas, bem como dados relacionados a aspectos nutricionais, como os perfis de ácidos graxos, se faz necessário avaliar a qualidade das espécies capturadas e comercializadas na região norte, destinadas ao consumo pela população desta região.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Ampliar o conhecimento sobre a composição química, qualidade higiênico-sanitária, e o potencial nutricional de espécies de peixes provenientes da região amazônica dentre eles xaréu (*Caranx latus*), cavala (*Scomberomorus cavalla*), sarda (*Scomber scombrus*), timbira (*Oligoplites palometa*) e serra (*Scomberomorus brasiliensis*), por meio da determinação dos teores de aminos bioativas e da composição em ácidos graxos.

2.2 Objetivos específicos

Determinar os teores de histamina,

Determinar os teores de outras aminos bioativas,

Determinar o perfil de ácidos graxos,

Realizar as análises físico-químicas: umidade, lipídios e conteúdo de Bases Nitrogenadas Voláteis Totais (BNVT).

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Aspectos relacionados à deterioração de peixes

Entende-se por peixe fresco, o produto obtido de espécimes saudáveis e de qualidade adequada ao consumo humano, convenientemente lavado e que seja conservado somente pelo resfriamento a uma temperatura próxima a do ponto de fusão do gelo (BRASIL, 1997).

Apesar de todas as características benéficas sob o aspecto nutricional, a carne de peixe sofre deterioração com relativa facilidade (SASSAKI e RIBEIRO, 1991; ASHIE et al., 1996), devido à sua própria constituição físico-química (FRANCO e LANDGRAF, 2003), bem como à exposição a deterioração provocada por microrganismos, no período que sucede a morte, fazendo com que esta espécie seja susceptível à formação de amins biogênicas, como a histamina (TAYLOR, 1990; RODRIGUEZ-JÉREZ et al., 1994).

O tecido muscular destes animais contém cerca de 80% de água e compostos nitrogenados solúveis, como aminoácidos livres, anserina, carnosina, creatina, óxido de trimetilamina, amins e ácido úrico, substâncias indispensáveis ao processo de deterioração (TARR, 1994; SIKORSK, 1990; MÉNDEZ et al., 1996).

Em relação à constituição físico-química, há importantes fatores específicos em peixes que influenciam fortemente a sua microbiologia e deterioração. Dentre estes fatores, podem ser citados a natureza poiquilotérmica dos peixes - que permite o crescimento de bactérias em uma ampla faixa de temperaturas - e seu ambiente aquático; o elevado pH da carne no período *post mortem* e a presença de elevadas quantidades de compostos nitrogenados não protéicos, como aminoácidos livres e o óxido de trimetilamina (TMA) (GRAM e HUSS, 1996).

Outros fatores contribuem para que o peixe seja um dos produtos de origem animal mais susceptível a deterioração, como pH próximo à neutralidade, elevada atividade de água nos tecidos, elevado teor de nutrientes facilmente utilizáveis por microrganismos, quantidade de ácidos graxos insaturados, rápida ação destrutiva de enzimas e alta atividade metabólica dos microrganismos naturalmente presentes (BALDINI, 1982; LEITÃO, 1984; BERAQUET e LINDO, 1985; ABABOUCHE et al., 1991). A fração lipídica destes animais é sujeita a oxidação e hidrólise, o que pode levar

ao desenvolvimento de rancificação. A proteína do peixe pode ser hidrolisada por proteases, como as catepsinas, calpaínas e tripsinas, a peptídeos menores, levando à menor rigidez dos tecidos (HUSS, 1995).

A deterioração que ocorre em peixes é um fenômeno variável, determinado pela composição da carne e número relativo de espécies bacterianas presentes, e favorecido pelo uso inadequado ou mesmo a falta de refrigeração, más condições de higiene e mau acondicionamento do pescado durante o seu manuseio e transporte (ASHIE et al., 1996).

Em relação aos peixes de águas tropicais, a deterioração pode ser estudada como um processo distinto, em decorrência de alguns fatores intrínsecos e extrínsecos a estes. Suas enzimas proteolíticas presentes no músculo, bem como as provenientes da microbiota associada, principalmente bacteriana, podem fazer com que estes deteriorem-se mais rapidamente a temperatura ambiente do que os peixes de água fria (VIEIRA, 2004).

Peixes escombrídeos, como atum, que contém altos níveis de histidina livre em seu músculo são relacionados a incidentes de intoxicação histamínica. No entanto, muitas espécies de peixes não escombrídeos, como anchova e sardinha têm sido também implicados em incidentes de intoxicação (TSAI et al., 2005; CHEN et al., 2008).

As mudanças autolíticas e não relacionadas com a ação de microrganismos são responsáveis pelos primeiros sinais de deterioração do pescado, uma vez que as enzimas naturalmente presentes no tecido têm rápida ação destrutiva, gerando catabólitos disponíveis para o crescimento bacteriano (GRAM e HUSS, 1996). Entretanto, a decomposição bacteriana apresenta-se como um dos principais fatores para a deterioração do pescado (MUKUNDAN et al., 1986).

Após a captura ou despesca, o peixe passa pelos seguintes estágios: hiperemia e/ou liberação do muco, *rigor mortis*, digestão química, autólise e decomposição bacteriana (ASHIE et al., 1996).

Uma vez que a maioria dos peixes contém baixa proporção de carboidratos no músculo (<0,5%), pequenas quantidades de ácido lático são produzidas durante o *rigor mortis*. Como consequência, a glicogenólise é pequena nos peixes, resultando em pH entre 5,4 e 6,2, insuficiente para inibir o crescimento de microrganismos, entretanto, ideal para a ativação de enzimas proteolíticas do músculo (catepsinas) (ABERLE et al., 2001).

A atividade enzimática e a ação bacteriana modificam a concentração de íons hidrogênio livre. Em geral, valores de pH próximos a 7 são indicativos de decomposição. À medida que os valores passam de neutros a alcalinos, o produto torna-se impróprio para o consumo. Em relação aos microrganismos, o pH mais elevado permite, entre outros fatores, o crescimento de bactérias deterioradoras sensíveis ao pH, como a *Shewanella putrefaciens*. (GRAM e HUSS, 1996; ASHIE et al., 1996; OGAWA e MAIA, 1999).

Durante o processo de captura, se o pescado for submetido a um nível alto de estresse, ocorrerá gasto excessivo de glicogênio, e como consequência ocorrerá redução no período de *rigor mortis*, prejudicando, desta forma, a qualidade e o tempo de estocagem em gelo. Isto ocorre com peixes de hábitos ativos como o atum e a cavala, que quando capturados por redes ou anzóis, podem debater-se muito antes de sua morte (VIEIRA, 2004).

A deterioração bacteriana do pescado não se inicia até o término da rigidez cadavérica, uma vez que o pH encontra-se baixo devido a produção de ácido lático. Logo, quanto mais a rigidez for prolongada, maior será o tempo de conservação do produto, o que é favorecido pela redução do pH e resfriamento adequado (CONNEL, 1975).

Nos peixes, o trato intestinal, o muco superficial e as brânquias destes animais abrigam uma microbiota quantitativa e qualitativamente variável (BERAQUET e LINDO, 1985). De acordo com TAYLOR (1985), essa microbiota é influenciada pelo tipo de *habitat* aquático em que vivem. No entanto, em um peixe vivo e saudável, a integridade de sua superfície corporal, além da ausência de nutrientes simples e facilmente utilizáveis, dificulta o crescimento e multiplicação de bactérias, não permitindo a ocorrência de deterioração (MUKUNDAN et al., 1986).

Se o pescado não for eviscerado imediatamente, as bactérias intestinais atravessam rapidamente a parede muscular do intestino e chegam aos tecidos internos da cavidade intestinal, processo que, como citado anteriormente, pode ser de origem bacteriana ou favorecido pela ação de enzimas autolíticas próprias do pescado (BERAQUET e LINDO, 1985; JAY, 2005).

Ao longo do tempo e dependendo da espécie de peixe, hábitos alimentares, temperatura e condições gerais de armazenamento (atmosfera, atividade de água, contaminação microbiana cruzada), os níveis de aminas voláteis, como a trimetilamina (TMA), dimetilamina (DMA) e amônia (NH₃), conhecidas como bases voláteis

nitrogenadas totais (BNVT), substâncias características responsáveis pelo odor e *flavor* encontrados em peixes após o término da fase inicial de frescor, aumentam como um resultado do metabolismo bacteriano (OEHLENSCHLAGER, 1997; HUSS, DALGAARD e GRAM, 1997).

A utilização de temperaturas de armazenamento e transporte adequadas retarda o início do *rigor mortis*, além de prolongá-lo por mais tempo e inibe a ação das descarboxilases bacterianas sobre os aminoácidos (SHALABY, 1996). Um aumento na temperatura média do produto em apenas 0,5 °C pode reduzir o período de frescor e/ ou o tempo de conservação de peixes processados em apenas um dia (LAUZON et al., 2010).

Embora a formação de histamina seja melhor controlada pela prevenção do abuso de tempo e temperatura, estudos mostram que existem bactérias com a habilidade de produzir níveis elevados de histamina a baixas temperaturas, na faixa de 0 a 5 °C (KANKI et al., 2004; EMBORG, DALGAARD e AHRENS, 2006). Por este motivo, bactérias mesofílicas, como *Clostridium perfringens*, *Morganella morganii*, *Hafnia alvei* e *Raoultella planticola*, não são, como se acreditava anteriormente, as únicas produtoras significativas de histamina.

Emborg, Dalgaard e Ahrens (2006) identificaram *Morganella psychrotolerans*, uma bactéria formadora de histamina, como uma bactéria psicrotolerante e estudo de KANKI et al., (2004) com *Photobacterium phosphoreum* revelou que essas bactérias, que se adaptam a baixas temperaturas, podem ser relacionadas a intoxicação escombrídea.

Outro fator de importância relevante é a qualidade do gelo utilizado para conservação de alimentos, pois este pode apresentar-se como uma importante fonte de contaminação. Falcão et al. (2002), indicaram a presença de grandes quantidades de coliformes em gelo utilizado para refrigeração de pescados no Brasil, indicando sua baixa qualidade.

Uma vez que a formação de histamina é relacionada, principalmente, à atividade enzimática bacteriana, a Administração Federal de Alimentos e Medicamentos dos Estados Unidos (FDA) recomenda rápido congelamento dos peixes a bordo em navios, bem como sua manutenção a baixas temperaturas (< 4, 4 °C) durante toda a distribuição para minimizar a formação de histamina em peixes (FDA, 2001).

Recentemente, muitos países da Europa, EUA, além de outros países, assinaram o acordo relativo ao transporte internacional de alimentos perecíveis, que determina que

a temperatura do peixe deve estar o mais próxima de 0 °C quanto possível, sem que ocorra o congelamento do produto (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2010).

Assim, a temperatura no interior das unidades de transporte deve ser estritamente controlada. No entanto, estudos têm mostrado que a manutenção de uma temperatura estável e homogênea dentro de unidades de transporte diferentes, como o transporte aéreo e o marítimo, pode ser uma tarefa difícil. Na cadeia logística aérea, por exemplo, as condições ambientes não são bem controladas, podendo favorecer o processo de deterioração do pescado (MOUREH e FLICK, 2004; GIANNAKOUROU et al., 2005; JEDERMANN et al., 2009; MAI et al., 2011).

3.2 Índices de qualidade utilizados para peixes

Alguns parâmetros, como ácidos e bases voláteis, pH, aminas voláteis, trimetilamina (TMA), álcoois e ácido succínico têm sido utilizados para avaliar o grau de decomposição ou qualidade do peixe (HWANG et al., 2011). No entanto, apesar de estes valores aumentarem com a decomposição do pescado, estes compostos não são considerados bons índices de qualidade de peixes uma vez que, durante o armazenamento, as mudanças químicas variam, assim como a composição microbiana presente (SILVA, 2008).

Civera et al. (1995) observou que o conteúdo de TMA de salmão defumado armazenado em gelo, aumentou para 25-30 mg de TMA por 100g, enquanto em outras amostras, no mesmo estudo, foram encontrados apenas baixos níveis (5 mg de TMA por 100 g), confirmando a variação acima citada.

A quantificação de aminas em peixes é considerada uma importante ferramenta para o controle de qualidade dos alimentos, sendo sugerida por vários autores como parâmetro de qualidade, refletindo a má qualidade das matérias-primas utilizadas ou as condições higiênicas durante o processo de fabricação (DONHAUSER, 1993; LIMA e GLÓRIA, 1999; MORENO e TORRES, 2001).

3.3 Composição e valor nutricional de peixes

Os peixes são um importante constituinte da dieta de inúmeros grupos populacionais humanos, já que representam uma fonte de diversos componentes com significativo valor nutricional, como proteínas de alto valor nutricional; vitaminas lipossolúveis A, D, E e K; quantidades significativas de aminoácidos essenciais, particularmente lisina, que é baixa em cereais; além de serem a maior reserva de ácidos graxos poliinsaturados, especialmente o eicosapentaenóico (20:5n-3, EPA) e o docosahexaenóico (22:6n3, DHA), da série ômega-3 (KRIS-ETHERTON, HARRIS e APPEL, 2003; ÇELIK, DILER e KÜÇÜKGÜLMEZ, 2005; VILA NOVA, GODOY e ALDRIGUE, 2005).

A composição química da carne de peixe é extremamente variável, sendo a água o principal componente. A composição de água na parte comestível pode variar de 64 a 90%, a de proteínas, de 8,0 a 23%, e a de gordura, de 0,5 a 25,0%. Entre os constituintes minoritários do pescado encontram-se os sais minerais, cujo teor varia de 1,0 a 2,0%, os carboidratos, que no caso dos peixes, não chegam a representar 1,0% da sua composição, e as substâncias nitrogenadas não protéicas, sem importância nutricional, que não chegam a 0,5% na carne dos peixes frescos (BADOLATO et al., 1994).

Pelo fato de apresentar menor quantidade de tecido conjuntivo, em comparação às carnes bovina, suína e de aves, as proteínas do pescado são de qualidade superior a carne destes animais - aos quais o tecido conjuntivo fornece proteínas de baixa qualidade -, apesar de a proporção de proteínas ser semelhante para todos (BADOLATO et al., 1994). Esta vantagem tem sido atribuída à maior quantidade de proteína miofibrilar, cuja disponibilidade é superior à das proteínas do tecido conjuntivo (CONTRERAS-GUZMÁN, 2002).

A composição de aminoácidos essenciais (histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina) no peixe é completa, balanceada e bastante semelhante entre as espécies de peixe de água doce e água salgada (ZHOU e HAN, 2006).

Com relação aos minerais, a carne de peixe é considerada fonte valiosa de cálcio e fósforo, além de apresentar quantidades razoáveis de sódio, potássio, manganês, cobre, cobalto, zinco, selênio, ferro e iodo. Peixes de água doce contêm, eventualmente, teores mais baixos de sódio e potássio quando comparados a variedades de água salgada (CONTRERAS-GUZMÁN, 2002).

Dentre os carboidratos do peixe estão o glicogênio e mucopolissacarídeos, mas também existem açúcares livres e fosfossacarídeos (OGAWA e MAIA, 1999).

A composição de lipídeos do peixe é responsável pelas maiores diferenças observadas, variando bastante entre diferentes espécies e também dentro da mesma espécie, durante diferentes fases do ano. Há vários fatores que podem contribuir para as diferenças marcantes observadas no perfil lipídico de peixes, como a espécie, estação do ano, origem geográfica, dieta, idade e status reprodutivo (CALDER, 2003; CAPONIO et al., 2004).

3.3.1 Informações gerais sobre as espécies de peixes pertencentes ao estudo

3.3.1.1 Cavala (*Scomberomorus cavalla*)

A família *Scombridae* abriga cerca de 50 espécies de peixes marinhos pelágicos, com distribuição mundial. O gênero *Scomberomorus* pertence a esta família e inclui o peixe conhecido como cavala, recurso abundante em toda a costa brasileira, onde está representado pela espécie *Scomberomorus cavalla*. É uma espécie de hábito pelágico e migratório que ocorre na costa do Oceano Atlântico, formando cardumes quando jovens e na fase de reprodução. Vive em ambientes associados a recifes mais afastados da costa e profundidades de 5 a 140 metros (FONTELES-FILHO, 2000).

A espécie apresenta comprimento total de 184 cm, peso máximo publicado de 45 kg, idade máxima registrada de 14 anos e tempo mínimo de duplicação da população de 4,5 anos (FISHBASE, 2006).

O músculo desta espécie consiste em uma excelente fonte de aminoácidos e proteínas de fácil digestibilidade. Em relação ao perfil de ácidos graxos desta espécie, o ácido palmítico está presente em concentrações elevadas. Menezes et al (2009) encontrou teores de 17,34% de ácido palmítico, 7,74% de ácido oleico (C18:1n-9), 6,91% de ácido linoleico (C18:2n-6) e 2,90% de alfa-linolênico (C18:3n-3) em filés de cavala. No mesmo estudo, o somatório de ácido eicosapentaenoico (EPA; 20:5n-3) e docosaexaenóico (DHA; 22:6n-3) para esta espécie foi de 15,32%.

3.3.1.2 Serra (*Scomberomorus brasiliensis*)

A espécie serra pertence a família *Scomberomorus brasiliensis* e ocorre em clima tropical, tendo distribuição desde o Atlântico Oeste, na região de Belize, a América do Sul, no Rio Grande do Sul, Brasil. Vivem normalmente associados a recifes, sendo espécies que ao longo de sua vida apresentam migrações entre diferentes locais dos oceanos, devido a fatores climáticos, principalmente temperatura (ARAÚJO et al., 2004; FISHBASE, 2006).

Segundo as últimas estatísticas de pesca e aquicultura no Brasil, a serra esteve entre as onze espécies mais capturadas no Brasil em 2010, representando mais da metade (50,7%) do total de peixes marinhos capturados pelo país (BRASIL, 2012).

Embora tenha excelente qualidade nutricional, o peixe serra é propenso à formação de aminas biogênicas, devido pertencer à família Scombrídea.

A literatura sugere que o óxido de trimetilamina está comumente presente em peixes teleósteos (peixes com esqueleto ósseo), e a serra (*Scomberomorus brasiliensis*) é classificada como um Teleostei, Scombridae, podendo, desta forma, conter níveis significativos deste composto.

Balladin et al. (1998) investigou diversos parâmetros de frescor em *Scomberomorus brasiliensis*, os quais incluíram percentagem em gordura e bases voláteis totais (BVT). Foi encontrado conteúdo de gordura de 6,62%; e $142,47 \pm 13,9$ ppm para BVT.

3.3.1.3 Sarda (*Scomber scombrus*)

A sarda pertence à família Scombridae, espécie *Scomber scombrus* e é abundante nos mares tropicais e temperados. Espécie pelágica, vive desde a superfície até aos 120 m de profundidade e forma grandes cardumes junto à superfície sendo abundante em águas frias e temperadas (EIA, 2011).

A sarda é um peixe de água doce lótico, capturado principalmente por rede de emalhar na região dos lagos da área do baixo Amazonas, em municípios como Santarém, Óbidos e Monte Alegre. Sua captura também é realizada nas regiões do Marajó e Tucuruí.

A sarda é uma fonte rica de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, como demonstrou estudo de Stołyhwo et al (2006), que obteve valores de 49,7 mg/g de lipídio extraído para EPA e 84.4 mg/g de lipídio extraído para DHA.

Sebedio et al. (1993) encontraram 6,8 g/100 g de lipídio para ácido eicosapentaenoico (EPA; 20:5n-3) e 7 g/100 g de lipídio para o ácido docosaexaenóico (DHA; 22:6n-3). O valor encontrado para o ácido linoleico [18:2 (n-6)] foi de 20,2 g/100 g de lipídio e 9,3 g/100 g de lipídio para o ácido alfa-linolênico [18:3 (n-3)]. Os teores de ácido palmítico, esteárico e mirístico foram de 12,6 g /100 g de lipídio; 2,6 g/100 g de lipídio e 5,1 g/100 g de lipídio, respectivamente.

Um problema associado à utilização desta espécie é sua rápida deterioração durante a estocagem, que ocorre devido à variedade de mudanças físicas e químicas, as quais levam a alterações no aroma, textura e aparência (RICHARDS, KELLEHER e HULTIN, 1998). Dentre essas modificações, a formação de Bases Voláteis Totais em níveis consideravelmente altos pode ocorrer.

Fadhlaoui-Zid et al. (2012) isolaram cepas de *Enterococcus durans* produtoras de tiramina em sarda preservada em gelo.

3.3.1.4 Xaréu (*Caranx ignobilis*)

A família Carangidae (ordem Perciformes) é amplamente diversificada e possui algumas das espécies de peixes mais importantes para comercialização. São peixes de médio a grande porte, com comprimentos que variam entre 30 e 100 cm, e com formas corporais extremamente variadas. Este grupo engloba cerca de 150 espécies, distribuídas em 32 gêneros, ocorrendo nos oceanos Atlântico, Índico e Pacífico (CERVIGÓN, 1993).

Quinze espécies de Carangidae ocorrem na zona de águas costeiras do município de Bragança, nordeste do Pará, sendo que as mais abundantes são *Caranx crysos*, *Caranx hippos*, *Caranx latus* e *Caranx ignobilis*, todos de elevado valor comercial para a região (BARLETTA, 1999).

Mathew et al. (1999), analisando o conteúdo lipídico de diversas espécies de peixes de águas tropicais, incluindo várias espécies pertencentes a família carangidae, como *Carangoides malabaricus*, *Caranx carangus* e *Caranx para* encontraram valores que variaram de 0,64% a 7,11% de lipídios.

Em relação aos ácidos graxos insaturados, o oleico (C18:1 n-9) e palmitoleico (C16:1 n-7) são os principais presentes. Esta espécie também apresentou valores de 1,7 g/100 g de ácido linoleico [18:2 (n-6)] e 1,6 g/100 g de ácido alfa-linolênico [18:3 (n-3)]. No mesmo estudo, o total de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa da família ômega 6 e ômega 3 foi de 4,8 mg/100 g e 39 mg/100 g, respectivamente. A razão n-3/n-6 foi de 8,1 mg/100 g (VISENTAINER et al., 2007).

3.3.1.5 Timbira (*Oligoplites palometa*)

A espécie *Oligoplites palometa*, denominada popularmente de Timbira, pertence a família Carangidae e distribui-se em ambientes pelágicos costeiros e oceânicos, habitando os mares tropicais e subtropicais, desde Honduras até o Uruguai (MENEZES e FIGUEIREDO, 1980).

3.4 Práticas de captura e tipos de embarcações utilizadas na pesca das espécies do estudo

A pesca da Amazônia tem sofrido mudanças profundas nos últimos trinta anos. Devido em parte a inovações tecnológicas que aumentaram a capacidade de captura e armazenamento de pescado das embarcações e em parte ao crescimento de mercados urbanos e de exportação, a pesca comercial teve uma expansão considerável durante este período (McGRATH et al. 2008).

No Estado do Pará a produção de pescado é derivada de três segmentos de atividade: a aqüicultura, a pesca industrial e a pesca artesanal. A produção da aqüicultura ainda é muito reduzida no Estado, não chegando a representar 2% do total. O segmento de pesca industrial detém 14,5% da produção estadual e se resume à captura e processamento de um número reduzido de espécies, como o camarão-rosa e a piramutaba (SANTOS et al., 2005).

A pesca artesanal, por sua vez, assume grande dimensão socioeconômica, sendo desenvolvida em praticamente todos os municípios do estado, representando 84,2% da produção estadual de pescado, com captura de espécies bastante diversificadas (IBAMA, 2007), e apresenta métodos simples de captura, com transporte do pescado

em gelo e sem qualquer beneficiamento a bordo. Esta atividade é difusa e realizada em várias comunidades (PAZ, FRÉDOU e FRÉDOU, 2011).

Os pescadores artesanais desenvolvem suas atividades combinando objetivos comerciais e também de subsistência, empregam embarcações de pequeno e médio porte, geralmente de madeira, adquiridas em pequenos estaleiros, com propulsão motorizada ou não, assim como embarcações construídas por si mesmos utilizando matérias-primas naturais. As capturas proporcionadas sob estas condições envolvem volumes pequenos ou médios de pescado (IBAMA, 1999, IBAMA, 2004).

Os tipos de embarcação utilizados para pesca das espécies mais comercializadas na região norte, geralmente, são embarcações de pequeno porte, as quais são representativas na costa leste do estado do Pará, em municípios como Vigia (Mourão et al., 2007) e Bragança (Espírito-Santo, 2002), perfazendo 50% e 47% da frota desses municípios, respectivamente.

ALMEIDA et al. (2009^a) descreveram que as principais diferenças entre embarcações de pesca na região norte são quantitativas e não qualitativas. A unidade de pesca é a canoa com dois pescadores, e o que varia é o tamanho da embarcação, o número de pescadores e o número de canoas associados ao barco. O barco é utilizado para transportar os pescadores até o local de pesca e para armazenar e transportar o peixe para o mercado. O peixe capturado é trazido para a embarcação onde a quantidade e composição são anotadas e, depois, transferidas para a caixa de gelo.

Outra característica é o baixo nível de especialização das embarcações de pesca. A frota é dominada por um grande número de pequenas embarcações, cuja capacidade de armazenamento de pescado é apenas fracamente correlacionada com o tamanho da embarcação. Isto se reflete na capacidade de armazenamento de gelo nas embarcações, que pode ser muito baixa, como demonstrou estudo realizado nas frotas que atuam na região de Santarém, Pará (ALMEIDA et al., 2009^a).

Na pesca do xaréu, peixe de água salgada, o principal apetrecho de pesca utilizado é o anzol, no entanto, estes peixes também podem ser capturados por barcos destinados a pesca do camarão, ou pargo, além de ser armazenados e também congelados nestes barcos. As embarcações que atuam na captura destas duas espécies possuem câmaras frigoríficas, desta forma, a conservação do pescado ocorre em câmaras frigoríficas, e a autonomia varia entre 45 e 60 dias de pesca. Se forem armazenados em barcos de pequeno porte, nas urnas ou caixas de isopor contendo gelo, o tempo de armazenamento pode ser de até 15 dias, no entanto, se armazenados

congelados nos barcos de captura de camarões, o tempo de armazenamento pode ser de até 60 dias (ISAAC, BARTHEM, 1995).

As características das embarcações que capturam camarão rosa na costa do Pará foram descritas por Pinheiro e Frédou (2004), os quais descrevem comprimento de aproximadamente 22 m, com motor, em geral, de 375 hp. A arte de pesca utilizada é a rede de arrasto de fundo com portas, caracterizada por duas redes por barco com a utilização de tangones (ALMEIDA et al., 2009^a).

A prática mais comum de pesca envolve a utilização de redes (malhadeiras ou tarrafas), observado em estudo realizado na Mesorregião do Nordeste Paraense, envolvendo os municípios de Augusto Corrêa, Bragança, Curuçá, Maracanã, Marapanim, São João de Pirabas e Viseu, nos quais a utilização de redes foi observada em 62% dos casos. A prática de pesca com espinhel ou tiradeira vem em segundo lugar com uma frequência de 15%. A pesca em currais também assume destaque, sendo observado em 10% dos casos (SANTOS et al., 2005).

Silva et. al (2006), define a rede de emalhar ou rede de espera como redes em forma de tela dispostas verticalmente na coluna d'água por uma série de flutuadores (isopor) atracados na parte superior da rede. Essas redes podem ser ancoradas nos dois lados ou em apenas um dos lados da rede.

Mais comumente, as espécies sarda, timbira, serra e cavala, capturadas no estado do Pará, têm como principal método de captura as redes de emalhar, sendo que a sarda, espécie de água doce, é capturada principalmente por este método de captura nas regiões do Baixo Amazonas, como Santarém, Óbidos, Monte Alegre, assim como nas regiões do Marajó e Tucuruí (PAZ, FRÉDOU e FRÉDOU, 2011). No entanto, estes peixes também podem ser capturados por anzol, sendo esta prática menos comum. A captura do timbira e cavala está associada a pesca principal da serra. Geralmente, a rede de emalhar é direcionada para a pesca da serra, principalmente nas regiões de Bragança, Salinas e Augusto Corrêa. O tempo de pescaria é estimado em quinze dias.

A Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios (SBEEL, 2005) descreveu a rede de emalhar de meia-água (monofilamento), empregada na pesca de serra (*Scomberomorus brasiliensis*), como apresentando 800 a 1.200 m de comprimento e 9,5 cm de malha (entre-nós opostos), utilizada na região norte.

Ruffino et al. (1996) também descreve que a malhadeira é a arte de pesca mais utilizada, sendo que durante o período de safra na região norte, a diversidade de aparelhos aumenta, bem como o uso combinado dos mesmos.

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 (VIEIRA, 2004).

Em relação aos métodos de transporte, a prática mais comum é a de os pescadores venderem parte de sua produção para embarcações que possuem caixas ou urnas com gelo, chamadas de “geleiras”, e que transportam o pescado para os centros urbanos para a sua comercialização nos mercados das cidades da região, ou até mesmo para sua exportação para outros estados ou para o exterior, através dos frigoríficos existentes (ISAAC, RUFFINO e MELLO, 2000).

Baseado nos principais centros urbanos, o geleiro, junto com sua equipe de pescadores, viaja em busca de peixes para vender nos principais mercados urbanos. Hoje, o geleiro é a figura central no abastecimento dos mercados da região norte (ALMEIDA et al. 2006; 2009^b).

Os barcos de pequeno porte, mais comuns à pesca da sarda, geralmente apresentam tempo de pescaria de dois dias, transportando, em seguida, os peixes para as “geleiras”. Os peixes podem permanecer nas geleiras por até quinze dias, até o momento da chegada destas aos centros destinados a comercialização dos peixes.

3.5 Ácidos graxos

Está estabelecido que um aumento na ingestão de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (LC-PUFA), particularmente os da série ômega 3 na dieta, reduz o risco de doenças cardíacas. O consumo de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa resulta em inúmeros benefícios à saúde, em função de seus efeitos cardioprotetores, que resultam de sua considerável antiaterogenicidade, efeitos antitrombóticos, antiinflamatórios, antiarrítmicos, hipolipidêmicos, além da atuação direta desses ácidos graxos no processo de crescimento e desenvolvimento humano (FLACHS et al., 2005; WEISS et al., 2005; TVRZICKÁ et al., 2009).

Em peixes, os ácidos graxos ômega 3, especialmente eicosapentaenóico EPA (20:5 n-3) e docosahexaenóico DHA (22:6 n-3), são encontrados em altas concentrações nos fosfolípidos das membranas celulares, e o DHA é particularmente abundante na retina e cérebro, onde este ácido é essencial para

manutenção da estrutura e função das membranas excitáveis destes tecidos (MOREIRA et al., 2001; LAURITZEN, HANSEN e JORGEN-SEN, 2001).

A suplementação alimentar com ácido eicosapentaenoico (EPA) e docosaexaenoico (DHA) reduz os níveis de prostaglandina do grupo E2, originadas do ácido araquidônico e associadas com a produção de células cancerígenas, em decorrência de EPA e DHA estimularem a produção do fator de necrose tumoral, suprimindo a carcinogênese, além de ação antiinflamatória, sendo utilizados, inclusive no tratamento de colite ulcerativa e doença de Chron (GRIFFITS, 1998; TERRY et al., 2001).

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos, geralmente monocarboxílicos, que podem ser representados pela forma RCO_2H , frequentemente nomeados em forma abreviada de acordo com suas estruturas químicas e classificados como saturados e insaturados. Na maioria das vezes, o grupamento R é uma cadeia carbônica longa, não ramificada, com número par de átomos de carbono, que pode ser saturada ou conter uma ou mais insaturações (LEHNINGER et al., 2000).

Os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia muito longa (C18, C20 e C22) incluem os ácidos graxos essenciais linoléico (LA) [18:02 (n-6 omega)] e ácido α -linolênico (α -LN) [18:03 (n-3 omega)] e são mais comumente encontrados em grandes quantidades em algumas espécies de certos peixes (POISSON, 1990). São denominados essenciais por não serem sintetizados pelo organismo a partir dos ácidos graxos provenientes da síntese *de novo* (YOU DIM, MARTIN e JOSEPH, 2000; YEHUDA et al., 2005).

Estes dois ácidos graxos essenciais são as únicas fontes para a produção de importantes ácidos graxos poliinsaturados (LCPUFAs) de cadeia mais longa, como os ácidos araquidônico, EPA e DHA, que fazem parte de numerosas funções celulares como a integridade e fluidez das membranas, atividade das enzimas de membrana, interações lipídeo-proteína e síntese de eicosanóides como as prostaglandinas, compostos de vida curta que controlam os vasos sanguíneos e outras funções do corpo; leucotrienos e tromboxanos (CHIANG et al., 2001). O ácido araquidônico (20:4 n-6), um membro e principal representante da PUFA n-6, é outra fonte de prostaglandinas (KÖNIG, 1997).

O ácido oléico pode ser sintetizado por todos os mamíferos, inclusive humanos (TEITELBAUM e WALKER, 2001). No entanto, ao contrário dos vegetais, estes não são capazes de sintetizar os ácidos linoléico (18:2n-6) e alfa-linolênico (18:3n-3) a partir

do ácido oléico (18:1n-9) (NAKAMURA e NARA 2004), como consequência da ausência das enzimas $\Delta 12$ e $\Delta 15$ dessaturase. Em consequência disto, devem obter estes ácidos da dieta para que ocorra a síntese endógena dos ácidos graxos de cadeia longa (mais de 20 átomos de carbono) (INNIS, 2003).

A razão entre a ingestão diária de alimentos fontes de ácidos graxos n-6 e n-3 assume grande importância na nutrição humana, resultando em várias recomendações que têm sido estabelecidas por autores e órgãos de saúde, em diferentes países. O ácido linoléico é dessaturado e alongado ao ácido dihomo- γ -linolênico e subsequentemente dessaturado ao ácido araquidônico. O ácido α -linolênico é dessaturado e alongado para o ácido eicosapentaenóico e docosaexaenóico (TEITELBAUM e WALKER, 2001; CALDER, 2003).

O conhecimento acerca do perfil de ácidos graxos em peixes de água doce ainda é limitado, e poucos estudos foram publicados. A composição de ácidos graxos poliinsaturados pode variar entre espécies e pouca atenção tem sido direcionada à seleção de peixes para dietas (WEAVER et al., 2008). Assim, quando são sugeridos peixes no intuito de se ter uma dieta mais saudável, devem ser considerados o teor de gordura e o perfil de AGPI dos mesmos. Entretanto, os efeitos benéficos dos ácidos graxos essenciais não dependem apenas das suas quantidades absolutas e da proporção entre poliinsaturados/saturados, mas também da proporção n-6:n-3 existentes nos fosfolípidos de membranas. A Organização Mundial da Saúde (FAO/WHO, 1994) recomenda que a proporção n6:n-3 ideal deve ser de 3:1 ou 4:1.

Em peixes de água doce, foram encontrados valores significativos de ácido araquidônico, importante precursor da biossíntese de prostaglandinas e tromboxanos (POMPEIA, 2002; ZURAINI et al., 2006). Huang, Bisogno e Petros (2001) demonstraram que um lipoaminoácido, constituído pelo ácido araquidônico e o aminoácido glicina, ambos encontrados em algumas espécies de peixes, tem efeito supressor sobre a dor e inflamação.

As espécies de água doce, particularmente de águas tropicais, têm quantidade de EPA e DHA significativamente menores do que as espécies marinhas (MAIA e RODRIGUEZ-AMAYA; FRANCO, 1994; SARGENT, TOCHER e BELL, 2002; USYDUS, 2011), sendo que os ácidos oléico, palmítico e linoleico parecem ser os predominantes nestas espécies (MOREIRA, CURI e MANCINI, 2002; RAMOS FILHO, 2008).

Acredita-se que o ácido palmítico seja um dos principais responsáveis pelo aumento do colesterol sérico, visto que a concentração deste esteróide dobra quando o consumo de ácidos graxos saturados é maior que o de ácidos graxos poliinsaturados (LIRA et al., 2005). No entanto, o ácido palmítico pode ser alongado para ácido esteárico, um ácido graxo com 18 átomos de carbonos, muito importante para a síntese de ácidos graxos insaturados (CALDER, 1998).

3.6 Bases Voláteis Totais

O conteúdo de bases voláteis totais, e metilaminas individuais, especialmente a trimetilamina, têm um longo histórico de uso como indicadores de deterioração de peixes e seus produtos, além de seu uso no controle de qualidade desses produtos como critério de deterioração (HUSS, 1995; PEREIRA, 2004).

A concentração de Bases Voláteis Totais em uma amostra de pescado é a soma das concentrações intrínsecas de amônia e metilaminas no tecido muscular, bem como qualquer amônia formada durante a análise; e um aumento de qualquer um destes componentes isoladamente ou em combinação durante a deterioração, irá levar a aumento das Bases Voláteis Totais.

Taha (1998) denomina BVT o conjunto das bases nitrogenadas: dimetilamina, trimetilamina, amônia, monometilamina, putrescina e cadaverina presentes no pescado quando ocorre a perda do frescor. Além da amônia, seu componente principal, as Bases Nitrogenadas Voláteis incluem trimetilamina, dimetilamina, e, provavelmente traços de monometilamina e propilamina, que se formariam em etapas mais avançadas da decomposição (MOLTENO et al., 1968; DEBEVERE e BOSKOU, 1996).

No entanto, a qualificação do frescor envolve considerações relacionadas com o tempo e qualidade. A esta última contribuem muitos fatores, sendo, portanto, difícil encontrar um só ensaio que determine estes aspectos (MORGA, 1975).

O frescor do pescado pode ser avaliado por métodos sensoriais, microbiológicos ou físico-químicos. No entanto, métodos sensoriais são limitados pela subjetividade, enquanto os métodos microbiológicos demandam tempo e custo elevado para sua execução. Desta forma, o desenvolvimento de métodos químicos que quantifiquem os produtos derivados tanto da atividade enzimática endógena, quanto bacteriana, têm sido importantes nesta avaliação.

A fração nitrogenada não proteica do músculo engloba substâncias de baixo peso molecular de diversas origens. No entanto, a concentração destes compostos pode ser alterada pela atividade enzimática. 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 (LAPA-GUIMARÃES, 2005).

Apesar da análise de BVT ser de fácil realização, é uma análise que revela apenas estágios avançados de deterioração, além de não refletir os estágios iniciais do processo de deterioração (HUSS, 1995).

O teor de bases nitrogenadas no músculo de pescado fresco, logo após a morte, em geral não excede o valor de 15 a 20 mg de nitrogênio por 100 g de músculo. Em relação aos limites de aceitação do produto, um valor próximo de 30 mg por 100 g tem se mostrado compatível com outros parâmetros de avaliação. No Brasil, a portaria nº 185, de 13 de maio de 1997 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento –MAPA (BRASIL, 1997) estabelece como limite legal para bases voláteis totais em pescado, excluindo os elasmobrânquios, 30 mgN/100 g.

Soares et al. (1998) obtiveram o valor de BVT entre 30,24 mgN/100 g e 92,88 mgN/100 g de músculo em amostras de 120 diferentes tipos de filés de peixe congelados, em espécies como abrótea, cação, corvina e pescada, adquiridos no comércio varejista de Belo Horizonte, Brasil.

O conteúdo das bases voláteis totais em peixe fresco recém capturado apresenta-se normalmente em um nível constante. Após um certo período de tempo e dependendo da espécie de peixe, hábito alimentar, temperatura e condições gerais de estocagem (atmosfera, atividade de água, contaminação cruzada etc) os níveis de BVNT aumentam como um resultado do metabolismo bacteriano (OEHLENSCHLAGER, 1997).

Ben-Gigirey et al. (1998) encontraram teores médios de 22,9 mgN/100 g em filés de atum (espécie pertencente a família escombrídea) frescos.

O peixe fresco abriga uma microflora bastante heterogênea. Geralmente, durante o armazenamento, um grupo bacteriano específico, conhecido como organismos deterioradores específicos, são os principais causadores das mudanças químicas. No caso de peixes armazenados sob congelamento (0–4 °C), *Pseudomonas* spp e *Shewanella putrefaciens*, são os organismos deterioradores específicos envolvidos (HUSS, DALGAARD e GRAM, 1997).

3.7 Aminas bioativas

3.7.1 Definição e classificação

As aminas bioativas são compostos nitrogenados, de baixo peso molecular, em que um, dois ou três átomos de hidrogênio da amônia foram substituídos por grupos alquila ou arila, sendo classificadas como poliaminas e aminas biogênicas. São, também, definidas como bases orgânicas alifáticas, alicíclicas ou heterocíclicas, que são formadas em alimentos, principalmente, por descarboxilação microbiana de seus aminoácidos correspondentes (BRINK et al., 1990; SHALABY, 1996; ZOLOU, 2003; GLÓRIA, 2005; KIM et al., 2009).

A histamina é um exemplo de amina biogênica que ocorre, em graus variáveis, em muitos alimentos, principalmente aqueles ricos em histidina, como peixes. De modo geral, as aminas biogênicas são produzidas em níveis muito baixos em peixes frescos e sua formação em quantidades elevadas é relacionada a deterioração provocada por bactérias (ÖZOGUL e ÖZOGUL, 2006; CHEN et al., 2008).

As aminas são formadas por processos bioquímicos e participam de funções metabólicas e fisiológicas importantes nos organismos vivos. Em baixas concentrações, são essenciais para diversas funções fisiológicas, enquanto altas concentrações destes compostos podem causar alguns efeitos deletérios (TANG, 2011). São também conhecidas como importantes mediadores de reações anafiláticas. Podem ser encontradas em alimentos de origem animal, vegetal, bem como em alimentos fermentados (CINQUINA et al., 2004; GLÓRIA, 2005; HAAST, SERGEEVA e SEBACH, 2007).

Existe um número considerável destes compostos, os quais podem ocorrer na forma livre ou conjugada a moléculas de baixo peso molecular, como os ácidos fenólicos, ou a proteínas (RODRIGUEZ et al., 2000; FONTANIELLA et al., 2003).

São denominados, principalmente, em função dos aminoácidos que os originam. As principais aminas biogênicas são a histamina, tiramina, putrescina, cadaverina, triptamina, espermidina e espermina, sintetizadas pela descarboxilação dos aminoácidos histidina, tirosina, ornitina, lisina e triptofano (BRINK et al., 1990; GLÓRIA, 2005).

No entanto, as aminas bioativas também podem ser classificadas de acordo com sua estrutura química (Figura 1) em três categorias: aminas aromáticas (tiramina e

feniletilamina), aminas alifáticas (putrescina, cadaverina, espermina e espermidina) e aminas heterocíclicas (triptamina e histamina).

Além disso, elas também podem ser classificadas dependendo da via de síntese. Poliaminas naturais (putrescina, espermidina e espermina), referidas como poliaminas fisiológicas, são formadas durante a síntese *de novo* (GLÓRIA, 2005; TOSUKHOWONG et al., 2011). As aminas serotonina, tiramina, feniletilamina, triptamina, cadaverina são classificadas como biogênicas, pois são formadas pela descarboxilação de aminoácidos por enzimas microbianas; enquanto espermina e espermidina são aminas naturais, cuja formação ocorre *in situ* nas células à medida que são requeridas. A histamina no homem pode ter uma origem exógena a partir dos alimentos ou pode ter uma origem endógena, estando principalmente contida no interior dos grânulos dos mastócitos, presentes nos mais variados tecidos. Desta forma, a histamina, como também putrescina e agmatina podem ser formadas por quaisquer das vias biossintéticas, podendo ser, portanto, naturais ou biogênicas. No entanto, as reações de descarboxilação provocadas por enzimas bacterianas são a principal via de formação das aminas nos alimentos (SHALABY, 1996; GLÓRIA, 2005).

As poliaminas espermina e espermidina estão amplamente distribuídas na natureza, presentes em concentrações elevadas na célula e têm seu conteúdo aumentado em tecidos com altas taxas de crescimento (GLÓRIA, 2005). Além disso, estas aminas são naturalmente encontradas em alimentos (BAKAR et al., 2010).

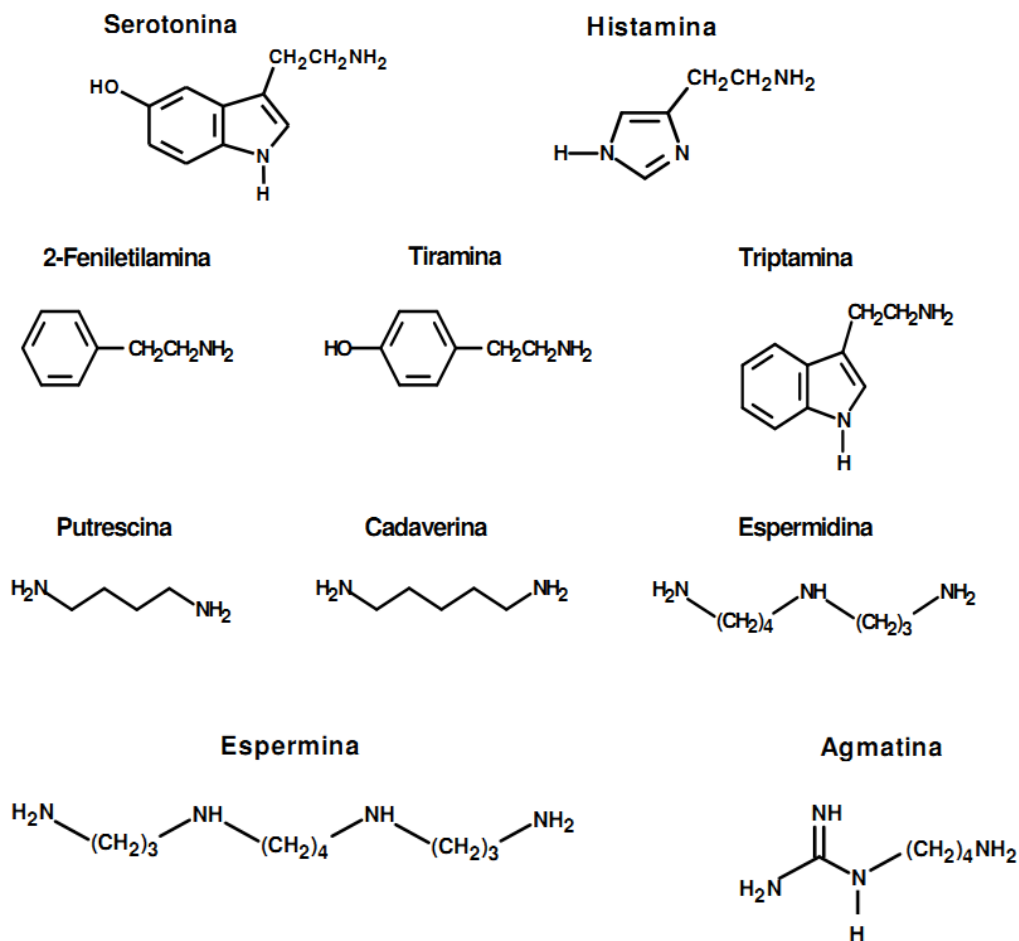


Figura 1. Estrutura química de algumas aminas.

Fonte: Silva, 2008.

Com relação à função que exercem, as aminas bioativas podem ser classificadas em moduladoras e promotoras de crescimento, por atuarem no crescimento e manutenção do metabolismo celular, e em vasoativas e neuroativas, devido ao seu efeito no sistema vascular e neural (BARDÓCZ et al., 1993).

3.7.2 Biossíntese

A formação das aminas bioativas ocorre durante o metabolismo normal em todos os seres vivos, principalmente através da descarboxilação de aminoácidos, seja por hidrólise ou decomposição térmica de compostos nitrogenados. Embora o organismo humano possa sintetizar alguns destes compostos em células especializadas, grandes quantidades de aminas biogênicas provêm dos alimentos. Nestes, a principal via de

formação é a descarboxilação de aminoácidos. O processo de descarboxilação pode ser resultado de atividade descarboxilase endógena, altas temperaturas ou resultado de atividade microbiana não controlada (HALÁSZ et al., 1994; BARDÓCZ, 1995; SILLA-SANTOS, 1996; ANDERSON, 2008; ÖZOGUL, ÖZOGUL e KULEY, 2008).

A produção de aminas biogênicas em alimentos resulta, principalmente, da presença de microrganismos descarboxilase positivos, sendo que as bactérias são as mais importantes produtoras destes compostos. Desta forma, o tipo de microrganismo presente, bem como o tipo de processamento empregado em um alimento, serão fatores importantes na avaliação da possível toxicidade conferida ao alimento (SHALABY, 1996).

Alimentos fermentados e ricos em aminoácidos, como peixe, carne, cerveja, leite e queijo, bem como alimentos contaminados, podem conter altas concentrações de aminas biogênicas, decorrentes da atividade enzimática descarboxilante de determinados microrganismos (BRINK et al., 1990; HALÁSZ et al., 1994; SILLA-SANTOS, 1996).

A função da produção de aminas biogênicas por microrganismos acredita-se ser um mecanismo de proteção para manter a homeostase do pH intracelular durante o crescimento sob condições ácidas (MOLENAAR et al., 1993; PEREIRA et al., 2009).

Microrganismos com atividade descarboxilante podem ser parte constituinte da população microbiana natural dos peixes, ou microrganismos adicionados (culturas iniciadoras para obtenção de produtos fermentados) ou contaminantes, introduzidos devido às condições higiênico-sanitárias inadequadas (KALÁČ et al., 2002).

Bactérias podem estar presentes em peixes processados como um resultado de contaminação cruzada durante a manipulação e processamento. Estudos têm demonstrado que bactérias produtoras de histamina, tais como *M. morgani* e *C. freundii* isoladas de pescado foram também identificadas sobre superfícies de contato direto com alimentos, como facas, esteiras transportadoras e sacos plásticos onde peixes haviam sido processados (KIM et al., 2003; ALLEN et al., 2005).

Em relação aos alimentos fermentados, uma vez que os processos fermentativos envolvem a degradação de proteínas resultando em aminoácidos precursores de aminas biogênicas através da ação de enzimas microbianas, estes produtos podem conter quantidades relativamente grandes de aminas biogênicas (MAH et al., 2002). Durante a fermentação da carne, o crescimento microbiano, acidificação e proteólise fornecem

condições adequadas à formação de aminas biogênicas (LATORRE-MORATALLA et al., 2008).

Certos aditivos adicionados aos alimentos, como sal, acidulantes e edulcorantes têm sido avaliados por sua capacidade de inibir ou estimular a formação de aminas biogênicas em determinadas espécies de peixe, como a cavala (TSAI et al., 2005). A glicina como aditivo alimentar foi efetiva em inibir a atividade *in vitro* de microrganismos produtores de aminas em anchovas fermentadas. Observou-se redução significativa de histamina, espermina e espermidina (MAH e HWANG, 2009).

Além disso, outras condições podem aumentar o teor de aminas biogênicas, e, portanto, devem ser mantidas sob controle: higiene deficiente durante o período de fermentação, no caso de alimentos fermentados (KALÁČ et al., 2002) e pH elevado (LONVAUD-FUNEL e JOYEUX, 1994).

Inúmeras espécies bacterianas são produtoras de aminas, principalmente representantes da família *Enterobacteriaceae*, particularmente os gêneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Salmonella*, *Shigella* e *Proteus*, assim como espécies dos gêneros *Achromobacter*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pseudomonas*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Propionobacterium*, *Clostridium*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Photobacterium* (SHALABY, 1996; LIMA e GLÓRIA, 1999). *Enterococcus* e alguns lactobacilos apresentam grande capacidade de formação de tiramina (BOVER-CID e HOLZAPFEL, 1999). Recentemente, *E. aerogenes* isolada de peixe foi relatada como formadora potencial de histamina, com capacidade de produzir acima de 50 ppm de histamina em meio de cultura contendo histidina (HSU et al., 2009).

Em peixes, *Morganella morganii*, *Klebsiella pneumoniae* e *Hafnia alvei* são consideradas importantes formadoras de histamina, e uma variedade de outras espécies bacterianas capazes de produzir histamina têm sido identificadas (GLÓRIA, 2005; BJORNSDOTTIR et al., 2009).

HWANG et al. (2011) identificaram *Psychrobacter sp.*, *Staphylococcus sciuri*, e *E. cloacae* como bactérias formadoras de histamina, putrescina e cadaverina em peixes da espécie oilfish (*Ruvettus pretiosus*) e escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*), espécies que contém alto níveis de histidina no tecido muscular (FELDMAN et al., 2005).

Além das enzimas microbianas, enzimas descarboxilase endógenas intrínsecas aos alimentos também podem ser uma via bioquímica para descarboxilação de aminoácidos. Estas enzimas, por estarem naturalmente presentes no alimento, podem

contribuir para o aumento dos níveis de amins bioativas, principalmente sob condições que favoreçam o aumento da quantidade de aminoácidos livres, como no período *post mortem*, quando as enzimas proteolíticas estão em elevada quantidade, e liberam aminoácidos, o substrato essencial para a formação de amins biogênicas (SANTOS, 1996; FLICK e GRANATA, 2005).

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 (HALÁSZ et al., 1994).

É importante a compreensão de que a descarboxilação, que ocorre geralmente sob condições de tratamento térmico, ocorre somente com aminoácidos, não com proteínas, portanto, é indispensável a existência de aminoácidos livres para que ocorra a reação. A descarboxilação é um tipo de reação que envolve os grupos carboxílicos dos aminoácidos (DAMODARAN, 2010).

Determinados produtos derivados do peixe, tais como molhos, podem apresentar teores elevados de aminoácidos livres. Foi encontrado alto teor de aminoácidos livres em alguns molhos de peixe no Japão, quando comparado a outros condimentos, como molho de soja, molho inglês, queijo parmesão ou cubos de caldo de carne. Uma proporção alta de aminoácidos em molho de peixe é causada, especificamente, pela liberação de enzimas endógenas naturais (proteases, endo e exopeptidases), a partir do tecido muscular, e especialmente, a partir do trato gastrointestinal, quando presentes, provocando autólise e liquefação da carne do peixe (YOSHIDA, 1998; SMRIGA et al., 2010).

Para formação das poliaminas, os aminoácidos ornitina e arginina atuam como precursores, sendo a putrescina um composto intermediário obrigatório. (HILLARY e PEGG, 2003; MOINARD et al., 2005). A putrescina pode ser formada por descarboxilação da ornitina, reação que ocorre em células animais e fúngicas, ou por descarboxilação do aminoácido arginina, em células bacterianas. Em células vegetais, a síntese pode ocorrer tanto via agmatina quanto via ornitina (BARDÓCZ, 1995). A agmatina é produzida a partir da arginina, pela arginina descarboxilase (KIRSCHBAUM et al., 2000).

A espermidina é formada através da adição de um grupo aminopropil, derivado da metionina, à putrescina, catalisado pela enzima espermidina sintase e S-adenosilmetionina descarboxilase (GLÓRIA, 2005).

As aminas tiramina, histamina, triptamina, feniletilamina e cadaverina são formadas via descarboxilação dos aminoácidos tirosina, triptofano, histidina, fenilalanina e lisina (HALÁSZ et al., 1994).

3.7.3 Funções

As aminas bioativas apresentam considerável relevância a nível fisiológico, sendo importantes no metabolismo e crescimento de microrganismos, animais e plantas (SMITH, 1984). As aminas atuam como reservas de nitrogênio, substâncias naturais de crescimento de microrganismos e vegetais, como hormônios ou fatores de crescimento, aceleram o processo metabólico, participam na regulação da secreção gástrica, na contração e relaxamento do músculo liso, são biomoduladoras e estimulam os neurônios sensoriais, motores e cardiovasculares (STRATTON, HUTKINS e TAYLOR, 1991; BAUZA et al., 1995).

As aminas bioativas integram-se ao metabolismo humano, pois desempenham importantes funções, atuando como hormônios no sistema nervoso e nos processos de digestão e de síntese protéica, síntese de DNA, RNA e proteínas, proliferação celular e renovação das células intestinais (KALÁČ e KRAUSOVÁ, 2005).

As poliaminas, como as encontradas no leite humano (espermina e espermidina), apresentam um papel importante na síntese de proteínas e regulação da resposta imune, renovação e funcionalidade do trato digestivo e na maturação da mucosa intestinal. Além disso, por reduzirem a permeabilidade das mucosas a macromoléculas e proteínas alergênicas, as poliaminas são capazes de prevenir alergias alimentares (BARDÓCZ, 1995; MOINARD et al., 2005).

Níveis intracelulares de poliaminas são necessários para um ótimo crescimento e diferenciação celular (PEGG, 1988) e apoptose (THOMAS e THOMAS, 2001). Em concentrações fisiológicas elas regulam a replicação e estabilização do DNA e RNA (IGARASHI e KASHIWAGI, 2000), expressão gênica e síntese protéica, estabilizam membranas e mutações negativas do DNA, modulam funções neurofisiológicas e podem agir como mensageiros intracelulares (GUGLIUCCI, 2004).

Estudos recentes mostram ainda que a espermina e a espermidina diminuem a lipoperoxidação induzida por alguns agentes pró-oxidantes, funcionando como eficiente sequestradora de radicais livres (BELLÉ et al., 2004, LARQUÉ et al., 2007).

A regulação da expressão gênica por essas poliaminas ocorre porque estas alteram a estrutura do DNA e modulam as proteínas quinase e fatores de transcrição (DESIDERIO, 1999). Acredita-se que as poliaminas, por sua natureza policatiônica, especialmente espermina e espermidina, podem interagir com sítios aniônicos de macromoléculas, e regulem, entre outras funções fisiológicas, o fluxo de íons por canais iônicos no sistema nervoso central (URDIALES et al., 2001).

A histamina, serotonina, dopamina, adrenalina e noradrenalina atuam como neurotransmissoras no sistema nervoso central. Os neurônios que contêm histamina podem participar na regulação da ingestão de água, da temperatura corporal e da secreção de hormônio antidiurético, bem como no controle da pressão arterial e da percepção da dor (GOODMAN, 2003). Acredita-se que a histamina proteja o organismo contra lesões hepáticas induzidas pelo álcool e também desempenhe um papel no tratamento de injúrias hepáticas induzidas por endotoxinas e relacionadas a desordens inflamatórias (HORNYAK et al., 2003).

Reações como dilatação dos pequenos vasos sanguíneos, diminuição da resistência periférica total, queda da pressão arterial sistêmica, aumento da contração e velocidade do batimento cardíaco, aumento da permeabilidade capilar e agranulocitose são efeitos fisiológicos da ação da histamina (GOODMAN, 2003; SIMONS, 2004). Recentemente, tem sido demonstrado que receptores histamínicos podem estimular a hipertrofia e hiperplasia do epitélio do trato respiratório (DILKASH et al., 2010).

3.7.4 Importância sob o aspecto toxicológico

As aminas bioativas têm importantes implicações do ponto de vista toxicológico à saúde humana. Têm sido reconhecidas como responsáveis por determinados problemas de saúde em humanos, como eventos alérgicos ou asmáticos, bem como intolerância alimentar. Os efeitos adversos à saúde decorrentes da ingestão destes compostos podem ser causados se a capacidade do corpo humano em metabolizar aminas é saturada ou se ocorrer ingestão de grandes quantidades destes compostos. São também tidas como precursoras potenciais da formação de compostos cancerígenos N – nitrosos (SILLAS-SANTOS, 1996; BRINK et al., 1990; MAINTZ e NAVAK, 2007).

Sob condições normais, as aminas biogênicas são neutralizadas pela ação de enzimas específicas no intestino (BIEGAŃSKI et al., 1983; HASAN et al., 1988),

portanto, geralmente não apresentam risco à saúde humana. Um sistema de detoxificação eficiente existe no trato intestinal dos mamíferos, que são capazes de metabolizar níveis normais de aminas biogênicas absorvidas a partir dos alimentos ingeridos, pela ação de amino-oxidases ou por conjugação.

Amino-oxidases são enzimas induzidas na presença de mono, poli ou diaminas, e podem ser classificadas como monoaminooxidases (MAO), diaminoxidases (DAO) e poliaminoxidases (PAO) (SMITH, 1980-1981; WENDAKOON e SAKAGUCHI, 1993; SILLA SANTOS, 1996). Como ação fisiológica, a DAO oxida a histamina a imidazol-acetaldeído. A histamina também pode ser convertida em 1,4-metil-histamina pela ação da N-metil transferase, através de metilação (Figura 2). Estes produtos do metabolismo da histamina são excretados normalmente na urina (GLÓRIA, 2005).

Entretanto, algumas substâncias farmacológicas (MAO e DAO inibidoras), ou alimentos em decomposição, ricos em cadaverina e putrescina, podem interromper este mecanismo, levando à ocorrência de toxicidade, como consequência da inibição do catabolismo das aminas (HORWITZ et al., 1964; JOHNSTON, 1968). Grandes quantidades de algumas aminas podem ser encontradas em alimentos como consequência do uso de matérias-primas de baixa qualidade, contaminação e condições inadequadas durante o processamento e armazenamento (BRINK et al., 1990; HALÁSZ et al., 1994).

Dentre os fatores que interferem no catabolismo das aminas, tem-se a deficiência genética, a ação de agentes farmacológicos inibidores da MAO ou de substâncias potencializadoras como as aminas putrescina, cadaverina, tiramina, triptamina, feniletilamina, espermidina e espermina (HALÁSZ et al., 1994).

A histamina é um composto de perigo potencial e referida historicamente como o principal agente causador de intoxicação por peixes escombrídeos (ARNOLD e BROWN, 1978; HWANG et al., 1995). A intoxicação histamínica resulta da ingestão de alimentos que contêm altos teores de histamina, e é um tipo de intoxicação alimentar com sintomas e tratamento similares àqueles associados com alergias alimentares (HUNGERFORD, 2010).

A intensificação do perigo de intoxicação é decorrente da característica de não volatilidade da molécula de histamina, pois esta pode tornar o produto tóxico mesmo antes de serem percebidas alterações, como deterioração do produto ou características organolépticas inaceitáveis (ASHIE et al., 1996). Sabe-se que outros peixes não escombrídeos também são implicados na intoxicação histamínica, como sardinha

(*Sardinella* spp), mahi-mahi (*Coryphaena* spp), anchovas (*Engraulis* spp.) e arenque (*Clupea* spp) (HWANG et al., 1997).

Os sintomas são variáveis e incluem dificuldade de deglutição, sede, cefaléia, vertigem, dormência oral, aumento da frequência cardíaca e queda da pressão arterial (KIM, 1979; TAYLOR et al.,1989). Sintomas semelhantes a alergia, como urticária, erupções cutâneas, rubor e inchaço facial, também são frequentes. Sintomas envolvendo o sistema nervoso central, como ansiedade (RUSSELL e MARETIC, 1986; SPECHT, 1998) são observados com menor frequência. Sintomas menos específicos, como náuseas, vômitos, dores abdominais e diarreia também foram relatados. O edema de glote pode ocorrer como uma consequência mais grave (GILBERT et al., 1980).

O peixe é um dos principais alimentos relacionados a esta intoxicação. Imediatamente após a captura, o peixe fresco contém níveis muito baixos de histamina, mas o conteúdo aumenta com o progressivo processo de decomposição dos peixes (FERNANDEZ-SALGUERO e MACKIE, 1987; FRANK, YOSHINAGA e NIP, 1981).

A presença de potencializadores da histamina nos alimentos envolvidos inibe o processo normal de inativação enzimática da histamina a nível gastrointestinal, como provocado pela putrescina e cadaverina, que, por inibirem as enzimas DAO, aumentam o transporte de histamina através da parede gastrointestinal tornando-a disponível para ser absorvida em grandes quantidades para a circulação sistêmica (SOARES e GLÓRIA, 1994; LEHANE e OLLEY, 2000; GLÓRIA, 2005).

Tem sido sugerido (LEHANE e OLLEY, 2000) que o ácido cis-urocânico (cis-3-(3H-imidazol-4-il)prop-2-enoico) pode estar envolvido na intoxicação escombrídea, uma vez que age como degranulador dos mastócitos (WILLE et al., 1999), além disso, este ácido tem sido estudado como um indicador de decomposição (BARANOWSKI, 1985). O ácido cis-urocânico é produzido pela ação da histamina deaminase sobre a histidina livre (SHIBATANI et al., 1974) para produzir ácido trans-urocânico, que pode ser subsequentemente isomerizado a sua forma cis (HANSON e SIMON,1998). A existência de degranuladores de mastócitos (não alergênicos), em muitos alimentos, inclusive peixes, também tem sido sugerida por Steinhoff et al. (2004).

Uma das teorias que tenta explicar o mecanismo de potencialização da toxicidade conferida pela histamina considera que as substâncias potencializadoras interferem com a possível ação protetora da mucosa intestinal, uma vez que esta é essencial para prevenir a absorção intestinal da histamina, por se ligar a este composto

(LEHANE e OLLEY, 2000; CHU e BJELDANES, 1981). Esta teoria tem sido conhecida como mecanismo de “rompimento da barreira” (PARROT e NICOT, 1966).

Outros inibidores das aminoxidases encontradas em peixes incluem a triptamina, beta-feniletilamina (STRATTON, HUTKINS e TAYLOR, 1991), tiramina, anserina dipeptídica (N-beta-alonil-1-metilhistidina) e carnosina (N-beta-alonilhistidina) (TAYLOR, 1986; TAYLOR et al., 1989). A anserina é de interesse particular, uma vez que é encontrada em determinadas espécies de peixes, como o salmão, em níveis maiores que a histidina (SUZUKI et al., 1987; OGATA e MURAI, 1994).

Experimentos demonstraram aumento do transporte de histamina ao longo de todo o intestino de cobaias, na presença de cadaverina (PAIK e BJELDANES, 1979; CHU e BJELDANES, 1981). Trimetilamina ou óxido de trimetilamina também foram sugeridos como potencializadores (TAYLOR, 1986).

Após liberação da histamina dos grânulos de armazenamento, desenvolve-se a hipersensibilidade imediata, em alguns casos em menos de 5 minutos, o que sugere a absorção de parte da histamina através da membrana da mucosa oral, ignorando as aminoxidases intestinais (SANTOS, 1996). No entanto, o início dos sintomas de intoxicação é tipicamente a partir de 10 minutos a 1 hora após o consumo de peixes com alta concentração de histamina (ANSDELL, 2008).

A determinação da dose tóxica das aminas é difícil de ser estabelecida, pois depende das características individuais (asmáticos e portadores de úlceras são mais susceptíveis aos efeitos tóxicos da histamina) e da presença de outras aminas, porém, limites são sugeridos (HALÁSZ et al., 1994). A dose tóxica para histamina em alimentos em geral situa-se na ordem de 100 mg/kg de alimento e 2 mg/L de bebida alcoólica (BRINK et al., 1990; LIMA e GLÓRIA, 1999). A União Européia estabelece, como níveis aceitáveis, 100 mg/kg de histamina para espécies de peixes das famílias *Scombridae*, *Clupeidae*, *Engraulidae*, *Coryfenidae*, *Pomatomidae* e *Scombresocidae* (EC, 2005), enquanto os níveis estabelecidos pela FDA são de 50 mg/kg (FDA, 1995).

Valores de 3 mg/100 g para feniletilamina têm sido sugeridos como tóxicos por HALÁSZ et al. (1994).

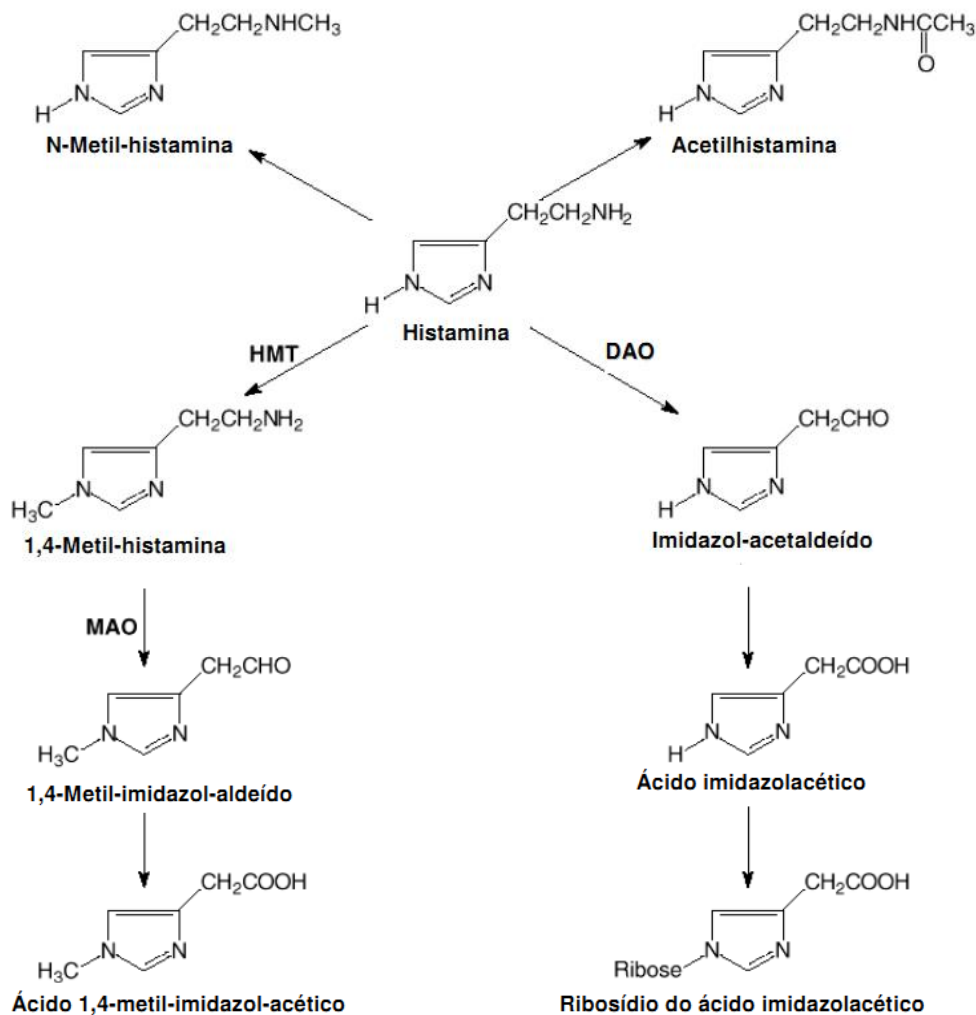


Figura 2. Metabolismo da histamina em humanos

Fonte: Glória, 2005

A intoxicação histamínica é uma das mais prevalentes intoxicações originadas pela ingestão de alimentos marinhos nos Estados Unidos (KIM et al., 2003). Vários surtos de intoxicação têm sido registrados nos Estados Unidos, Japão, Inglaterra, França, Dinamarca, Canadá e Nova Zelândia. Entretanto, embora a intoxicação histamínica ocorra em todo o mundo e seja, talvez, a forma mais comum de intoxicação causada pela ingestão de peixe, não existem estatísticas reais a respeito destes incidentes, os dados disponíveis são escassos e possivelmente não retratam a prevalência real. Muitos países não têm sistemas adequados para reportar estes casos, além disso, muitas vezes a doença se manifesta de forma efêmera, o que leva as pessoas a não recorrerem a tratamento médico. Somado a isso, muitos profissionais de saúde

não têm conhecimento da intoxicação histamínica, e a diagnosticam erroneamente como uma alergia alimentar (TAYLOR, 1986; LEHANE e OLLEY, 2000).

A segunda amina envolvida em intoxicações alimentares é a tiramina. A dose tóxica para esta amina é de 100 a 800 mg/kg de alimento (BRINK et al., 1990). Entretanto, já podem ocorrer sintomas de enxaqueca, crise hipertensiva e hemorragia intracraniana a partir da ingestão de 6 mg de tiramina, em indivíduos submetidos a tratamento com inibidores da MAO (HALÁSZ et al., 1994; LIMA e GLÓRIA, 1999; LEHANE e OLLEY, 2000).

As aminas triptamina, 2-feniletilamina e tiramina, podem provocar dor de cabeça, enxaqueca, aumentar a pressão sanguínea, devido a constrição do sistema vascular e a taxa da contração cardíaca (VANDERKERCKHOVE, 1977; SMITH, 1980-1981).

As poliaminas espermidina e espermina podem acelerar o crescimento de tumores (BARDÓCZ, 1995; LIMA e GLÓRIA, 1999). Além disso, estas poliaminas, juntamente com a putrescina e cadaverina, podem reagir com nitrito sob condições ácidas para formar nitrosaminas, muitas das quais apresentam atividade cancerígena (HALÁSZ et al., 1994; SILLA-SANTOS, 1996; ELIASSEN et al., 2002).

A cadaverina é formada a partir da lisina pela lisina descarboxilase (LDC), em peixes em decomposição (TAYLOR e SUMNER, 1986). A LDC foi encontrada na bactéria *Stenotrophomonas maltophilia* isolada de atum (*Thunnus alalunga*) fresco e congelado (BEN-GIGERY et al., 1999). A lisina também é abundante em muitas espécies de peixes, incluindo aqueles relacionados a intoxicação histamínica (PEREZ-MARTIN et al., 1988).

3.7.5 Determinação de histamina em pescado

Métodos laboratoriais para determinação de histamina atualmente disponíveis na literatura têm sido recentemente revistos (HUNGERFORD, 2010), e incluem a cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas (MILLÁN et al., 2007; GIANOTTI et al., 2008); métodos colorimétricos (AOAC 957.07, 2005) e fluorimétricos (AOAC 977.13, 2005); cromatografia líquida e gasosa e análise por injeção em fluxo (FIA) (HUNGERFORD, HOLLINGWORTH e WEKELL, 2001). O

método fluorimétrico 977.13 (AOAC, 2005) é usado como método de referência nos Estados Unidos e pela FDA.

A determinação de aminas biogênicas nos variados alimentos tem sido um desafio mobilizador para um grande número de pesquisadores das mais diversas áreas. Esta motivação resulta de duas razões principais: por serem compostos potencialmente tóxicos e por sua aplicação como potenciais indicadores de qualidade dos alimentos. As aplicações da sua determinação variam desde o controle de qualidade das matérias-primas, dos produtos intermediários e finais do ponto de vista da saúde humana e segurança alimentar até a monitorização dos processos de fermentação, de controle dos processos, pesquisa e desenvolvimento (ÖNAL, 2007).

Por possuírem estruturas químicas distintas, e estarem presentes em faixas de concentrações variáveis, às vezes muito baixas, em uma matriz complexa, a determinação de aminas bioativas em alimentos não é uma técnica simples. Técnicas cromatográficas, especialmente a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), são as mais utilizadas, uma vez que fornecem alta resolução, sensibilidade e versatilidade, e o tratamento da amostra é simples (LAVIZZARI et al., 2006).

Antes da detecção, as aminas biogênicas requerem derivatização química, que pode ser realizada pré ou pós-coluna com o-fitalaldeído (OPA) ou cloreto de dansila, dentre outros. A detecção fluorimétrica de derivados OPA oferece alta seletividade e sensibilidade para aminas primárias em comparação com a detecção espectrofométrica de outros derivados (IZQUIERDO-PULIDO, VIDAL-CAROU e MARINÉ-FONT, 1993).

Desta forma, a extrema complexidade da amostra; o acentuado caráter polar das aminas que resulta numa maior solubilidade em água do que a maioria dos solventes orgânicos geralmente usados; a ausência de propriedades intrínsecas dos compostos que possibilitem a sua detecção diretamente por métodos físico-químicos de aplicação corrente; como é o caso de métodos espectrofotométricos, fluorimétricos ou eletroquímicos; as baixas concentrações das aminas presentes nas amostras; a presença potencial de compostos interferentes; como aminoácidos com semelhanças estruturais das aminas e, como citado anteriormente, a presença simultânea de aminas estruturalmente muito diferentes no mesmo extrato são os fatores fundamentais que tornam a quantificação correta das aminas biogênicas uma operação analítica com acentuado grau de dificuldade (SHALABY, 1996; ÖNAL, 2007).

Muitos métodos para quantificação de histamina foram desenvolvidos. Entretanto, pesquisas continuam a ser feitas de forma a desenvolver métodos mais simples, rápidos, sensíveis e de menor custo. As técnicas para determinação de aminas bioativas envolvem as etapas de extração, derivação, separação e quantificação (TAYLOR, 1985).

3.7.5.1 Extração e detecção

A composição das amostras biológicas é extremamente complexa, contendo numerosos e diferentes compostos, variando desde extensas proteínas até sais orgânicos simples, que podem interferir negativamente para uma análise bem-sucedida. Desta forma, o tipo e a natureza das aminas e dos alimentos a serem analisados afetam significativamente a eficiência da extração (ZEE et al., 1983). Nesta etapa, dois parâmetros são importantes: o solvente utilizado, diretamente relacionado com a matriz a ser analisada, e o preparo da amostra (SIMON-SARKADI, 1994; MORET e CONTE, 1996).

A obtenção de bons resultados analíticos implica, muitas vezes, um processo prévio de extração/purificação dos compostos a analisar, que promova a remoção de interferentes e a concentração das aminas presentes na amostra. Assim sendo, o processo de extração das aminas biogênicas das amostras de alimentos sólidos é um passo crucial do procedimento analítico, podendo afetar negativamente a recuperação do método (ÖNAL, 2007).

Para peixes e seus produtos, o ácido tricloroacético (TCA) 5% é o mais eficiente para extração de aminas de uma matriz sólida (MORET e CONTE, 1996). O TCA mostrou, também, ser mais eficiente na extração de aminas bioativas em carnes e produtos cárneos quando comparado com o ácido perclórico e com o metanol (ZEE et al., 1983; EEROLA et al., 1993). O TCA tem sido o mais indicado para extração de aminas biogênicas em peixes, por ser simples, não explosivo, agir rapidamente e fornecer uma boa média de recuperação (ZEE et al., 1983; SHAKILA et al., 2001).

A detecção de aminas em matrizes complexas torna-se difícil devido ao fato destas estarem, geralmente, presentes em baixas concentrações. Além disto, a maioria das aminas não apresenta absorção no ultra-violeta (UV) e nem fluorescência. Por esta razão, muitos agentes de derivação são geralmente usados para atingir os níveis de

seletividade e sensibilidade requeridos para determinação destes compostos, como o 3,5 dinitrobenzoil (KIRSCHBAUM, REBSCHER e BRÜCKNER, 2000), cloreto de benzoíla (PALEOLOGOS, 2003), N-(9-fluorenilmetoxicarboniloxi, succinimida (LOZANOV, PETROV e MITEV, 2004), ortoftalaldeído (VALE e GLÓRIA, 1997; DALGAARD et al., 2006; SILVA, 2008), cloreto de dansila (GOSETTI, 2007; PROESTOS, LOUKATOS e KOMAITIS, 2008) e 4-cloro3,5dinitrobenzotrifluorido (TANG et al., 2009).

O ortoftalaldeído (OPA) é um agente de derivatização muito usado na detecção de aminas biogênicas, por ser um composto que apresenta alta seletividade para aminas e aumenta a sensibilidade pelo método de fluorescência. Por esta razão, o uso de OPA é preferido como agente derivatizante, ao invés de outros compostos normalmente empregados, como cloreto de dansila e fluorescamina (IZQUIERDO-PULIDO et al., 1993; LAVIZZARI et al., 2006).

Embora a derivatização possa aumentar a seletividade e sensibilidade, a interferência da matriz em amostras complexas pode não ser eliminada eficientemente. Desta forma, o pré-tratamento da amostra e etapas de pré-concentração são necessárias para tornar a detecção mais acurada. A extração da fase sólida, uma técnica de preparação da amostra, tem sido frequentemente usada para a determinação de aminas biogênicas ou como um meio para enriquecimento de aminas biogênicas em muitas matrizes (LOUKOU e ZOTOU, 2003; PROESTOS et al., 2008).

Muitos sistemas de detecção são descritos na literatura, como detecção no ultravioleta (UV), arranjo de diodos, fluorimetria etc. Este último é o mais descrito na literatura (VALE e GLÓRIA, 1997; ÖNAL, 2007; RUIZ-CAPILLAS e JIMÉNEZ-COLMENERO, 2009).

O uso de derivação pós-coluna é recomendado, devido o período de tempo entre a formação do complexo e a detecção ser curto e padronizado. Além disso, este método evita possíveis interferências produzidas por derivatização pré-coluna e economiza o tempo necessário para a preparação das amostras (IZQUIERDO-PULIDO e VIDAL-CAROU; MARINÉ-FONT, 1993; TRIKI, 2011).

3.7.5.2 Separação

A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) é o mais seletivo e sensível método cromatográfico utilizado para a quantificação de amins bioativas em alimentos. No entanto, vários métodos cromatográficos podem ser utilizados para a quantificação destes compostos em alimentos (SHALABY, 1995; LAPA-GUIMARÃES, 2005; NOVELLA-RODRÍGUEZ et al., 2000).

A separação e quantificação das amins biogênicas por CLAE oferecem maiores vantagens sobre outros métodos, pois este permite a separação e quantificação simultânea (TAYLOR, 1985; VALE; GLÓRIA, 1997). A CLAE por fase reversa é considerada a técnica mais adequada para análise de amins em alimentos (MORET; CONTE, 1996).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Amostras

Peixes da espécie *Caranx ignobilis* (xaréu), cavala (*Scomberomorus cavalla*), sarda (*Scomber scombrus*), timbira (*Oligoplites palometa*) e serra (*Scomberomorus brasiliensis*) foram adquiridos no mercado consumidor Ver-o-peso, no estado do Pará. Foram realizadas seis (6) coletas, em intervalos de tempo diferentes, e em cada coleta foram adquiridos cinco (5) peixes de cada espécie. As coletas foram realizadas nos meses de maio, junho, agosto e setembro, sendo que o procedimento adotado foi o mesmo para todos os lotes adquiridos.

Os peixes coletados encontravam-se dispostos em balcões, que continham gelo em escamas, porém os peixes geralmente não estavam cobertos com quantidades suficientes de gelo para sua adequada conservação. Em todos os lotes os peixes serra, sarda e timbira foram adquiridos inteiros, enquanto os peixes cavala e xaréu foram adquiridos em postas. Imediatamente após a coleta, os peixes eram acondicionados em

embalagens isotérmicas, com gelo, e transportados até o Laboratório de Medidas Físicas (LAMEFI) da Universidade Federal do Pará.

No preparo das amostras, os peixes foram lavados com água hipoclorada a 5 ppm e em seguida filetados. Após a obtenção dos filés, estes foram envolvidos em filmes plásticos e armazenados a -18 °C até o momento das análises. Para análise de ácidos graxos, bases voláteis totais e caracterização físico-química, as amostras foram descongeladas e homogeneizadas em miniprocessador Black&Decker modelo HC31. Para análise de histamina e demais aminas bioativas, as amostras, que foram coletadas a partir de maio até setembro, e que permaneceram armazenadas em freezer, foram encaminhadas para o laboratório da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) para realização das análises. Foram enviados 300 g de cada lote, para cada espécie, composto de amostras representativas de cada peixe pertencente a um mesmo lote. As amostras foram enviadas em embalagens isotérmicas, acondicionadas em dióxido de carbono sólido.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Caracterização centesimal e físico-química

4.2.1.1 Determinação do teor de umidade

Os teores de umidade foram determinados por secagem em estufa a 105°C, até peso constante, de acordo com o método 932.12 da AOAC (1997).

4.2.2.2 Determinação dos teores de lipídios totais

Os teores de lipídios totais foram determinado pelo método Soxhlet, utilizando éter de petróleo como extrator, de acordo com o método 922.06 da AOAC (1997).

4.2.2 Determinação das Bases Voláteis Totais

A análise de Bases Nitrogenadas Voláteis Totais (BNVT) foi realizada utilizando-se a metodologia oficial para determinação de Bases Nitrogenadas Voláteis Totais da Instrução normativa número 20, de 21 de julho de 1999, Anexo – Métodos analíticos físico-químicos para controle de produtos cárneos e seus ingredientes – sal e salmoura (publicada no Diário Oficial da União de 20 de julho de 1999, seção 1, página 10).

Uma porção (50 g) de amostra picada foi triturada em processador com 150 mL de solução de ácido tricloroacético a 5% e posteriormente filtrada em papel de filtro qualitativo. Uma alíquota de 10mL do filtrado obtido foi transferida para um tubo de destilação por arraste de vapor, e adicionado de 1g de óxido de magnésio e 20mL de água destilada. O destilado foi recolhido em erlenmeyer de 125 mL contendo 20 mL de solução de ácido bórico a 4% e 5 gotas de indicador misto vermelho de metila e verde de bromocresol. A amônia e aminas voláteis foram tituladas com solução de ácido sulfúrico 0,1 N até a viragem para coloração avermelhada. Os resultados foram expressos em mg N/100 g.

4.2.3 Determinação do perfil de ácidos graxos

Os lipídeos totais foram extraídos a frio pelo método de Bligh-Dyer (1959). A composição de ácidos graxos foi determinada pela conversão de ácidos graxos em ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME's) com base no método proposto por Rodrigues et al. (2010) utilizando cromatografia gasosa (Varian modelo CP 3380) e detecção por ionização de chama. Foi utilizado coluna capilar CP-Sil 88 (comprimento 60 m, diâmetro interno 0,25 mm, espessura 0,25 mm; Varian Inc., EUA). As condições de operação foram: hélio como gás de arraste com vazão de 0,9 mL / min, detector FID a 250 °C, injetor (split razão de 1:100) a 245 °C, um volume de injeção de 1 ml. A temperatura programada da coluna foi: 4 min a 80 °C e um aumento subsequente para 220 °C a 4 °C/min. Os picos de ácidos graxos individuais foram identificados por comparação dos tempos de retenção com os de misturas conhecidas de padrão de ácidos graxos (Nu-check-prep, Inc., EUA), executados sob as mesmas condições operacionais. O tempo de retenção e a área de cada pico foram calculados utilizando a Estrela Varian

3.4.1 software. Os resultados foram expressos em porcentagem relativa do total de ácidos graxos.

4.2.4 Determinação de histamina e outras aminas bioativas

A determinação de aminas bioativas nas espécies estudadas foi realizada de acordo com procedimento descrito por Silva et al. (2011). Após descongelamento da amostra a temperatura ambiente, quarteamento e trituração, 5g desta amostra foram pesados. Em seguida, foram adicionados de 7 mL de solução de ácido tricloroacético (TCA) 5% e a mistura foi homogeneizada em agitador tipo vórtex (Biomatic, Brasil), por 70 segundos. O extrato foi separado em centrífuga refrigerada Jouan Thermo MR23i (França) a velocidade de centrifugação de 11250 x *g*, por 3 minutos, a temperatura de 0 °C, e o sobrenadante posteriormente filtrado em papel Whatman nº 1. A partir da etapa de adição de ácido, este procedimento foi repetido por mais duas vezes e os filtrados combinados.

Após a etapa de extração, o sobrenadante contendo a histamina extraída foi filtrado em membrana HAWP em éster de celulose, com diâmetro de 13 mm e tamanho do poro de 0,45 µm (Millipore Corp., Milford, MA, EUA), para posterior injeção e análise em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) por pareamento de íons em coluna de fase reversa, com quantificação por fluorimetria após derivação pós-coluna com *o*-ftalaldeído (VALE e GLÓRIA, 1997).

Para separação das aminas, foram empregados como fases móveis acetonitrila (fase A) e solução tampão acetato de sódio-octanossulfonato de sódio (fase B).

O cromatógrafo utilizado foi composto por: três bombas com conjunto de lavagem automática do pistão, sendo modelo 2 LC-10 AD e 1 LC-10 ADvp acoplada a uma câmara de mistura; injetor automático modelo SIL-10 ADvp; detector espectrofluorimétrico modelo RF-10AXL, com comprimento de onda de 340 e 445 nm de excitação e emissão, respectivamente; unidade de controle CBM-20 A conectada a um microcomputador; coluna µBondapak C18 de fase reversa (3,9 x 300 mm, 10 µm) e pré-coluna µBondapak (Waters, Milford, MA, EUA).

A derivação pós-coluna foi realizada por meio de uma câmara de mistura instalada após a saída da coluna em um tubo de teflon de 2 m de comprimento conectando a câmara ao detector de fluorescência.

A identificação das aminas foi feita por comparação entre o tempo de retenção dos picos encontrados nas amostras com os das aminas da solução padrão em HCl.

A quantificação das aminas foi realizada por interpolação em curva analítica externa e o valor encontrado na amostra multiplicado pelo fator de correção correspondente a esta amina. Ao final da análise, por meio de curva analítica, foi calculada a recuperação da histamina na amostra, considerando a concentração inicial desta amina na amostra sem adição (controle).

4.2.4.1 Cálculo dos teores totais de poliaminas e aminas biogênicas

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

4.2.4.2 Determinação do Índice de Mietz e Karmas

O índice de Mietz e Karmas foi calculado baseado na relação entre a soma dos teores de putrescina, cadaverina e histamina dividido pela soma de espermina, espermidina mais um (MIETZ e KARMAS, 1978).

4.2.5 Determinação da qualidade nutricional

Após a quantificação de todos os AG, foi feita a avaliação nutricional das espécies de peixes, com base em índices nutricionais recomendados pelos organismos oficiais de saúde: FAO, Canadian Recommended Nutrient Intake (CRNI) e pelo Institute of Medicine of the National Academies of Sciences dos EUA (IMNAS). Foram calculados os índices de aterogenicidade e trombogenicidade, a razão entre os ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos e a relação dos ácidos graxos poli-insaturados ômega 6/ômega 3.

O índice de aterogenicidade (IA) e o índice de trombogenicidade (IT) foram calculados usando as seguintes equações, propostas por Ulbricht e Southgate (1991):

$$(IA) = [(C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0)] / (\Sigma AGMI + \Sigma \omega 6 + \Sigma \omega 3);$$

$$(IT) = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0,5 \times \Sigma AGMI) + (0,5 \times \Sigma \omega 6 + (3 \times \Sigma \omega 3) + (\Sigma \omega 3 / \Sigma \omega 6)]$$

A relação dos ácidos graxos poli-insaturados ômega 6/ômega 3 foi determinado pela seguinte equação (MARTIN et al., 2006):

$$\text{AGPI } \omega 6/\omega 3 = (\text{C18:2} + \text{C20:2} + \text{C20:3} + \text{C20:4})/(\text{C18:3} + \text{C20:5} + \text{C22:6})$$

4.2.6 Análise estatística

Os resultados das análises físicas e químicas foram submetidos a análise de variância e teste complementar de comparação de médias, de Tukey, utilizando o Software Statistica® versão 7.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Teores de umidade e lipídios

Na tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos relativos aos teores de umidade e lipídios dos filés de peixes sarda, serra, xaréu, cavala e timbira. Para cada espécie de peixe, os resultados estão apresentados por lotes. Na tabela 2 estão apresentados os teores médios de umidade e lipídios.

Tabela 1. Composição em umidade e lipídios das espécies sarda, serra, xaréu, cavala e timbira.

Espécie	Lote	Data de coleta	Umidade (g/100g)*	Lipídios (g/100g)*
Sarda	1	15 de maio de 2012	74,13±0,08 ^{c,d}	9,73±0,03 ^o
	2	05 de junho de 2012	69,33±0,10 ^b	5,45±0,01 ^m
	3	19 de junho de 2012	74,56±0,10 ^{c,d}	5,18±0,03 ^l
	4	30 de agosto de 2012	67,59±1,06 ^a	11,85±0,05 ^p
Serra	1	15 de maio de 2012	78,08±0,04 ^{i,j}	1,01±0,02 ^{c,d}
	2	05 de junho de 2012	77,12±0,07 ^{e,f,g,h,i}	2,30±0,007 ^g
	3	19 de junho de 2012	73,84±0,08 ^c	6,34±0,05 ⁿ
	4	30 de agosto de 2012	76,22±0,48 ^e	3,86±0,13 ^j
Xaréu	1	15 de maio de 2012	75,09±0,06 ^d	4,08±0,01 ^k
	2	19 de junho de 2012	74,81±0,06 ^{c,d}	3,42±0,02 ⁱ
	3	31 de agosto de 2012	78,89±0,1 ^j	0,93±0,007 ^{b,c}
	4	04 de setembro de 2012	80,13±0,26 ^l	1,37±0,02 ^e
Cavala	1	05 de junho de 2012	77,73±0,09 ^{h,i}	0,56±0,005 ^a
	2	19 de junho de 2012	76,99±0,13 ^{e,f,g,h}	2,03±0,03 ^f
	3	30 de agosto de 2012	77,07±0,15 ^{f,g,h}	1,92±0,09 ^f
	4	31 de agosto de 2012	76,54±0,18 ^{e,f,g}	2,81±0,08 ^h
Timbira	1	15 de maio de 2012	77,45±0,04 ^{g,h,i}	0,85±0,04 ^b
	2	31 de agosto de 2012	80,58±0,09 ^l	1,48±0,01 ^e
	3	04 de setembro de 2012	78,78±0,04 ^j	1,14±0,01 ^d
	4	04 de setembro de 2012	76,33±0,07 ^{e,f}	2,66±0,07 ^h

*Média de cada lote analisado em triplicata ± desvio padrão. Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si (P<0,05), e representam as diferenças entre lotes, para todas as espécies.

Tabela 2. Média dos teores de umidade e lipídios das espécies sarda, serra, xaréu, cavala e timbira.

Amostra	Umidade (g/100g)	Lipídios (g/100g)
Sarda	71,40 ^a	8,05 ^a
Serra	76,31 ^b	3,38 ^b
Xaréu	77,23 ^{b,c}	2,45 ^b
Cavala	77,08 ^{b,c}	1,83 ^b
Timbira	78,29 ^c	1,53 ^b

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si (P<0,05).

O teor de umidade foi o componente majoritário da porção comestível das espécies estudadas, conforme observado também por Menezes et al. (2009). A cavala, o xaréu e o timbira apresentaram elevados conteúdos de umidade, sendo que esta última espécie apresentou o maior conteúdo de umidade encontrado neste estudo, com um valor máximo de $80,58 \pm 0,09\text{g}/100\text{g}$. Embora valores descritos pela literatura sejam escassos para esta espécie, altos valores de umidade estão de acordo com o conteúdo médio descrito típico de espécies da família carangidae.

Os teores de umidade tiveram variações entre as espécies e entre peixes da mesma espécie dentro um mesmo lote. O conteúdo de água na sarda variou entre $67,59 \pm 1,06\text{g}/100\text{g}$ a $74,56 \pm 0,10\text{g}/100\text{g}$. Stodolnik et al. (2005) encontraram valores de umidade na porção muscular deste peixe que variaram de $67,1\text{g}/100\text{g}$ a $71,3\text{g}/100\text{g}$.

Resultados semelhantes foram encontrados por Hwang e Regenstein (1993) cujos valores de umidade descritos para a sarda foram de $68,9 \pm 0,32\text{g}/100\text{g}$. Resultados menores que os deste estudo foram apresentados por SIGFUSSON et al. (2001), os quais variaram entre 62,0 e $71,6\text{g}/100\text{g}$. Fagan, Gormley e Mhuirheartaigh (2003) encontraram valor médio de umidade para esta espécie de $69,6\text{g}/100\text{g}$. Outros valores descritos na literatura assemelham-se aos encontrados neste estudo, como valores de 64 a $71\text{g}/100\text{g}$ de umidade para sarda descritos por Yeannes e Almandos (2003).

A serra apresentou variações de umidade de $73,84 \pm 0,08$ a $78,08 \pm 0,04\text{g}/100\text{g}$, sendo que o valor médio encontrado foi de $76,34\text{g}/100\text{g}$, valores maiores que os

encontrados neste estudo para sarda. Tais resultados assemelham-se ao encontrado por Santana-Delgado, Avila e Sotelo (2008) que obtiveram valor médio de 75% de umidade para esta espécie.

Os valores de umidade para o xaréu variaram de $74,81 \pm 0,06$ a $78,89 \pm 0,1g/100g$, com valor médio de $76,26g/100g$. Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com os valores obtidos em estudo de Xu et al. (2009) que analisaram o conteúdo de umidade na mesma espécie, *Caranx ignobilis*, e obtiveram valor médio de $78g/100g$.

Estudos realizados em outros peixes pertencentes a família carangidae também demonstram alto conteúdo de umidade nestas espécie. Hale (1983) encontrou conteúdo de umidade de $74.06g/100g$ a $75.71g/100g$ para *Decapterus punctatus*.

A cavala apresentou umidade média de $77,36 \pm 0,37g/100g$. Estes resultados estão de acordo com os resultados apresentados por Menezes et al. (2009), que descreveram conteúdo médio de $76,52 \pm 1,77g/100g$ para esta espécie. No entanto, percentuais inferiores (67, 2%) aos encontrados nesta pesquisa foram verificados para a cavala por Pigott e Tucker (1990).

Os teores de lipídios para a sarda diferiram significativamente ($P < 0,05$) de todas as demais espécies, apresentando o teor médio de lipídios mais elevado. As demais espécies não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) nos teores médios de lipídios entre si, como é possível observar na tabela 2.

Ogawa e Maia (1999) citam que o músculo do pescado pode conter de 0,6 a 36% de lipídios. Este último componente apresenta uma maior variação em função do tipo de músculo corporal em uma mesma espécie, sexo, idade, época do ano, *habitat*, e dieta, entre outros fatores (SMITH et al.,1980).

Os resultados mostraram variações na composição lipídica das espécies analisadas. Somente duas espécies apresentaram conteúdo lipídico maior que $6g/100g$ em base úmida, sendo que as espécies com maior conteúdo de lipídios foram os peixes pelágicos teleósteos - sarda e serra.

O tecido muscular da sarda apresentou o maior conteúdo de lipídios, com um valor médio de $8,05 \pm 2,84g/100g$. Os valores para esta espécie variaram de um mínimo de $5,18 \pm 0,03$ a um valor máximo de $11,85 \pm 0,05g/100g$. Resultados semelhantes foram descritos por Spitz et al. (2010), que encontraram conteúdo em lipídios de $10,5g/100g$, com variações de 7, 9 a 13, $6g/100g$ para a sarda, valores maiores que os encontrados neste estudo. Valores próximos ao deste estudo foram encontrados por

Njoku et al. (2004), que descreveram valor médio de 10, 11g/100g de lipídios totais para *Scomber scombrus*.

Por apresentar um elevado conteúdo lipídico, a sarda pode ser classificada como um peixe com alto teor de gordura, segundo a classificação de Ackman (1989) e Kołakowska et al. (2003), uma vez que os peixes pertencentes a esta espécie, analisados neste estudo, apresentaram teor médio maior que 8g/100g de lipídios.

Confirmando a grande variação que pode ocorrer na quantidade de lipídios totais para a sarda, o Banco de Dados de Composição de Alimentos da França (CIQUAL) indica uma grande variação para lipídios totais de 1,8 (SORIGUER et al., 1997) a 23 g (BANDARRA et al., 1997) do total de lipídios/100g de porção comestível para a sarda (*Scomber scombrus*).

Os valores encontrados refletem não só as variações individuais, mas também as diferenças entre espécies e famílias. Como citado anteriormente, a composição química da fração comestível do pescado varia de espécie para espécie e dentro da mesma espécie, com fatores extrínsecos e intrínsecos (HUSS, 1995; SIMOPOULOS, 1997). Assim, as variações encontradas neste trabalho tornam válida essa observação. É também importante ressaltar que as espécies utilizadas foram, de um modo geral, capturadas em diferentes épocas do ano, o que, como já referido, também contribui para essa variação.

Sirot et al. (2008) também obtiveram resultados semelhantes aos deste estudo, com um valor médio de 7,07g/100g de lipídios para sarda, em diferentes regiões geográficas da França, e chegaram a obter uma quantidade de lipídios totais de 2, 3g/100 g para esta espécie em determinada região, valores menores que os deste estudo, o que demonstra a ocorrência de grandes variações neste componente em peixes.

Oehlenschläger e Rehbein (2009) inserem a sarda na categoria de peixes com conteúdo de gordura total maior que 10g/100g, e consideram um valor médio de lipídios totais para esta espécie de 14g/100 g. Ressaltam também que os valores podem estar sujeitos a diversas variações, dependendo de parâmetros intrínsecos à espécie.

O teor médio de lipídios para a serra foi de 3,38g/100g. Estes resultados encontram-se dentro dos valores descritos na literatura para peixes da família Scomberesocidae. Nazemroaya, Sahari e Rezaei (2009) obtiveram resultados para lipídios totais em *Scomberomorus commersoni* que variaram entre 3,89g/100g. e 6,35g/100g. Balladin et al. (1998) encontraram conteúdo lipídico de $6,62 \pm 1,05$ g/100g para *Scomberomorus brasiliensis*.

Esta espécie pode ser classificada, de um modo geral, como uma espécie que apresenta um teor médio de gordura (entre 4 e 8g/100g), no entanto, variações consideráveis na sua porcentagem lipídica podem ocorrer. Além dos fatores já citados que podem ocasionar grandes variações neste componente, Huss (1995) relata que, durante o período de inanição, os peixes utilizam a energia armazenada na forma de lipídios.

Os teores de lipídios para o xaréu variaram de $0,93 \pm 0,007$ a $4,08 \pm 0,01$ g/100g, com média de $2,45 \pm 1,53$ g/100g. Yeannes e Almandos (2003), estudando a composição aproximada de 41 famílias de peixes teleósteos, encontraram valores aproximados para peixes da família carangidae de 2g/100g de conteúdo lipídico.

Mathew et al. (1999) estudaram o conteúdo de gordura de 17 espécies de peixes da família carangidae e encontraram valores que variaram de 0,64 a 7,11g/100g e observaram que o conteúdo de gordura variou com fatores como a estação do ano, e que este conteúdo não foi constante em nenhuma das espécies.

Sutharshiny e Sivashanthini (2011) estudaram o conteúdo lipídico no músculo de *Scomberoides lysan*, espécie pertencente a família carangidae, e os valores, apresentados em base seca, constituíram entre 0,51 e 13g/100g, com uma média de $4,76 \pm 2,02$ g/100g. Os autores também observaram que os peixes que estavam no período pré-reprodutivo apresentaram quantidade de lipídios duas vezes maior que peixes em outro estágio de desenvolvimento.

Os teores lipídicos encontrados para o xaréu são semelhantes aos registrados por outros autores para algumas espécies de peixes da família carangidae. Para *Parastromateus Níger*, Chedoloh et al. (2011) reportaram lipídios da porção muscular de 2,58g/100g, enquanto Nurnadia et al. (2011) reportaram 2,33g/100g.

Os lotes de timbira analisados (*Oligoplites palometa*) apresentaram conteúdo lipídico variando de $0,85 \pm 0,04$ g/100g a $1,48 \pm 0,01$ g/100g, com teor médio de $1,53 \pm 0,79$ g/100 g, sendo classificados, neste estudo, como peixes magros (<2 g/100g), de acordo com a classificação de Ackman (1989). Dados disponíveis na literatura são escassos quanto ao conteúdo lipídico desta espécie.

Neste estudo, os lotes de cavala analisados apresentaram conteúdo lipídico entre $0,56 \pm 0,005$ g/100g e $2,81 \pm 0,08$ g/100g. Segundo análise estatística, não houve diferença significativa no conteúdo lipídico entre os quatro lotes de cavala analisados ($P>0,05$). Estes resultados assemelham-se aos de Celik (2008), que encontrou conteúdo lipídico variando de 0,18g/100g a 1,57g/100g para a cavala, na região do Mediterrâneo.

O mesmo padrão de variação foi observado para esta espécie por Soyer e Sahin (1999), que encontraram conteúdo lipídico variando entre 0,18g/100g a 1,57g/100g.

Os resultados obtidos neste estudo também encontram-se dentro da faixa de valores encontrada por Ramalhosa et al. (2012) para *Scomber japonicus*, em que o conteúdo de lipídios variou de 0,82 a 8,99g/100g.

É importante enfatizar que de acordo com alguns autores, o conteúdo lipídico dessa espécie varia ao longo do ano, devido ao seu crescimento e ciclo de maturação, acompanhado de períodos com oferta e escassez de alimentos, o que é típico de espécies pelágicas (CAPONIO et al., 2004).

Valores de $2,5 \pm 0$ g/100g foram encontrados por Menezes et al. (2009) para *Scomberomorus cavalla* oriundo da costa marítima de Alagoas, Brasil. Da mesma forma, Kotb e Hadeed (1991) descrevem, em seu estudo, valor obtido de 1,60g/100g em lipídios totais para esta espécie.

Entretanto, valores maiores que os deste estudo foram descritos por Karakoltsidis, Zotos e Constantinides (1995) e Stamatis e Arkoudelos (2007), que encontraram conteúdo lipídico que variou de 4,5–4,9g/100g em *Scomber japonicus*, espécie que também pertence a família Scomberosocidae.

De acordo com os resultados deste estudo, a cavala pode ser classificada como um peixe magro (<2g/100g), segundo a classificação de Ackman (1989). Valores abaixo de 2% também são descritos para peixes da família Scomberosocidae, como mostrado em estudo de Osman, Suriah e Law (2001) que encontraram valores de $1,46 \pm 0,17$ g/100g para *Scomberomorus commersonii*.

5.2 Bases Voláteis Totais

Os valores médios obtidos para Bases Voláteis Totais estão discriminados na Tabela 3.

Tabela 3. Teores de Bases Voláteis Totais nas espécies do estudo.

Espécie	Lote	BVT (mg N/100g)
Sarda	1	8,56 ± 0,32 ^b
	2	13,78 ± 0,32 ^d
	3	16,93 ± 0 ^{f,g}
	4	23,62 ± 0 ^l
Serra	1	18,06 ± 0,32 ^{g,h}
	2	6,33 ± 0,05 ^a
	3	19,78 ± 0,29 ^{i,j}
	4	21,04 ± 0,26 ^j
Xaréu	1	17,50 ± 0,32 ^g
	2	18,25 ± 0,32 ^{g,h,i}
	3	24,50 ± 0,29 ^{l,m}
	4	25,39 ± 0,48 ^m
Cavala	1	12,007 ± 0,005 ^c
	2	14,34 ± 0,32 ^{d,e}
	3	19,17 ± 0,69 ^{h,i}
	4	15,82 ± 0,26 ^{e,f}
Timbira	1	9,45 ± 0 ^b
	2	11,02 ± 0,28 ^c
	3	11,81 ± 0,48 ^c
	4	12,10 ± 1,14 ^c

* Média de cada valor analisado em triplicata ± desvio padrão. Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si (P<0,05).

De acordo com os valores encontrados para todos os lotes analisados, nenhuma das espécies apresentou quantidade de Bases Voláteis Totais acima do limite preconizado pela legislação vigente, que é de 30 mg N/100g, limite no qual a legislação brasileira considera o pescado deteriorado, e portanto, impróprio para o consumo (BRASIL, 1997).

Em relação aos parâmetros internacionais, os valores de BVT no presente estudo encontram-se todos abaixo das diretrizes da Comissão Européia (EC) (EC Directive 95, 149 and EC: Commission Decision of 8 March 1995) para peixe fresco, que estabelece valor máximo de 35 mg N/100g.

É importante enfatizar que, embora os valores estejam abaixo do limite preconizado, duas espécies deste estudo apresentaram conteúdo de BVT acima do recomendado para que os peixes sejam considerados em excelente estado de frescor. O

xaréu apresentou conteúdo máximo de $24,50 \pm 0,29$ mg N/100g de carne, sendo a espécie que apresentou teores mais elevados deste composto, seguido pela sarda, que apresentou teor máximo de $23,62 \pm 0$ mg N/100g.

Uma vez que os níveis de BVT presentes na espécie xaréu alcançaram valores próximos a 30 mg N/100g, limite máximo oficial permitido, é importante citar que o desenvolvimento de BVT, em níveis mais elevados, pode ocorrer devido ao crescimento de organismos deterioradores específicos, como *P. phosphoreum*, que se proliferam durante a estocagem em gelo antes do congelamento (BØKNÆS et al., 2000).

Os teores de BVT não se apresentaram constantes em todas as espécies analisadas. A serra apresentou um valor mínimo de $6,33 \pm 0,05$ e valor máximo de $19,78 \pm 0,29$ mg N/100 g, bem como a sarda, cujos teores variaram de $8,56 \pm 0,32$ a $23,62 \pm 0$ mg N/100 g. Considerando que todas as amostras foram analisadas no dia em que foram coletadas, as variações observadas podem ter ocorrido em função do tempo de transporte dos peixes desde o momento da captura até a chegada no local de desembarque, método de captura, tempo de exposição dos peixes no local de venda, fatores que podem contribuir para o aumento da taxa de degradação dos compostos que levam a formação das BVT, bem como variações individuais dos próprios peixes.

O teor médio de BVT para a sarda foi de $15,72 \pm 6,29$ mg N/100 g. Fagan, Gormley e Mhuirheartaigh (2003) encontraram valores de 15,9 mg N/100 g de bases voláteis totais para o peixe sarda fresco, e para o peixe resfriado a 4 °C por 3 dias o conteúdo encontrado foi de 23,1 mg N/100 g.

A cavala apresentou teor médio de BVT de $15,33 \pm 3,0$ mg N/100 g, semelhante ao teor médio apresentado pela sarda. Resultados semelhantes foram obtidos por Mackie et al. (2005), que obtiveram os seguintes valores de BVT para cavala armazenada em gelo: 14,1 (mg N/100 g) ao dia zero, 19,2 (mg N/100 g) ao terceiro dia de armazenamento e 21 (mg N/100 g) ao quinto dia. Resultado semelhante foi também descrito por Fagan, Gormley e Mhuirheartaigha (2004) que encontraram níveis de BVT de 18,7 mg N/100g em cavala armazenada a -30 °C por 3 dias.

Variações nos teores de BVT presentes neste estudo podem ter ocorrido devido a fatores biológicos como estação do ano e local de captura (HOWGATE et al. 2010).

Ogawa e Maia (1999) classificaram o estado de frescor de acordo com o teor de BVT. Segundo estes autores, se o teor de BVT atingir 5 a 10mg/100g de carne, peixes apresentam excelente estado de frescor, peixes com frescor razoável atingem até 15 a 25

mg/100g de carne, para peixes em início de putrefação, o teor pode variar de 30 a 40 mg/100g e em estado avançado de deterioração, o teor deve ser acima de 50mg/100g.

De acordo com esta classificação, o presente estudo encontrou todos os peixes em estado razoável de frescor, sendo que as espécies serra, sarda e timbira apresentaram, em um de seus lotes analisados, valores de $6,33 \pm 0,05$; $8,56 \pm 0,32$ e $9,45 \pm 0,0$ mg/100g de carne fresca, respectivamente, estando estes valores dentro da classificação de peixes com excelente estado de frescor.

As porções de timbira apresentaram os mais baixos níveis de BVT, dentre as cinco espécies analisadas, e isto pode ser atribuído à qualidade inicial das amostras de timbira antes das análises, bem como fatores intrínsecos a própria espécie.

5.3 Perfis de ácidos graxos

Os perfis de ácidos graxos encontrados nos filés de peixes analisados estão apresentados na Tabela 4. Houve variação no perfil de ácidos graxos das espécies de peixes em termos de ácidos graxos saturados e insaturados totais e individuais.

Tabela 4. Perfis de ácidos graxos das espécies sarda, serra, cavala, xaréu e timbira.

Ácidos graxos	Teores (%)				
	Serra	Timbira	Xaréu	Sarda	Cavala
C14:0	6,34	15,81	4,31	7,48	1,40
C14:1	Nd	0,87	0,69	0,46	0,26
C16:0	35,67	33,72	39,27	33,03	23,32
C16:1	8,48	14,45	8,22	8,80	1,80
C18:0	7,44	4,61	10,81	9,15	0,06
C18:1	4,60	3,18	12,61	20,34	16,93
C18:1 vaccênico	Nd	Nd	1,74	3,93	2,18
C18:2 ω-6	1,70	1,35	1,30	1,06	4,22
C18:3 ω-3	Nd	Nd	0,18	0,33	0,74
C20:0	Nd	Nd	0,33	0,31	0,08
C20:1	Nd	Nd	0,41	1,03	0,19
C20:2	Nd	Nd	0,07	0,09	Nd
C20:3	Nd	Nd	0,09	0,12	Nd
C20:4	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
C22:0	4,40	3,32	1,95	Nd	Nd
C22:1	Nd	Nd	2,24	1,50	11,07
C20:5	9,64	6,62	3,67	6,81	9,49
C24:0	Nd	Nd	0,08	0,60	Nd
C24:1	Nd	Nd	0,59	0,09	Nd
C22:6	21,72	16,05	11,45	4,85	28,25
Σ SFA	53,85	57,47	56,76	50,57	24,86
Σ MUFA	13,08	18,5	26,51	36,15	32,42
Σ PUFA	33,06	24,03	16,74	13,27	42,71
RAZÃO P/S	0,61	0,42	0,29	0,26	1,71
Σ ω6	1,70	1,35	1,46	1,27	4,22
Σ ω3	31,36	22,67	15,3	8,99	38,48
RAZÃO ω6/ω3	0,05	0,05	0,09	0,14	0, 11
IA	1,37	2,28	1,30	1,35	0,38
IT	0,41	0,57	0,77	0,68	0,17

IA: índice de aterogenicidade; IT: índice de trombogenicidade; Σ SFA: soma dos ácidos graxos saturados; Σ MUFA: soma dos ácidos graxos monoinsaturados; Σ PUFA: soma dos ácidos graxos poliinsaturados.

Para a espécie serra, foram detectados nove ácidos graxos, dentre os quais quatro eram saturados, dois monoinsaturados e três poliinsaturados. A espécie timbira teve dez ácidos graxos detectados, sendo quatro saturados, três monoinsaturados e três poliinsaturados. Para a espécie xaréu, foram detectados dezenove ácidos graxos, sendo seis saturados, sete monoinsaturados e seis poliinsaturados. A sarda teve dezoito ácidos graxos detectados, dentre os quais cinco eram saturados, seis monoinsaturados e seis poliinsaturados, enquanto para a cavala foram detectados quatorze ácidos graxos, sendo quatro saturados, seis monoinsaturados e quatro poliinsaturados. As espécies exibiram um padrão similar, com altas concentrações de C 16:0 e C 22:6.

A predominância dos ácidos graxos saturados (SFA) foi principalmente devido aos altos valores de ácido palmítico (C 16:0), contribuindo com aproximadamente 70% do conteúdo total de SFA nos peixes estudados. Esta mesma percentagem foi descrita por Prato e Biandolino (2012) para peixes marinhos da região do mediterrâneo.

Observou-se uma predominância do ácido palmítico (C 16:0) nas espécies serra, timbira, xaréu e sarda, sendo que o maior teor deste ácido graxo foi observado no xaréu (44,18%). A espécie cavala apresentou os níveis mais baixos (23,32%) de ácido palmítico. A predominância deste ácido graxo na maioria das espécies deste estudo também foi relatada por outros autores. Guil-Guerrero et al. (2011) obtiveram elevadas quantidades de ácido palmítico em diversas espécies de peixes marinhos, cujos valores variaram de 10,6 a 23,7%, este último valor encontrado para *Sardina pilchardus*. Valores de 1198 mg/100g deste ácido graxo foram encontrados por Sirot et al. (2008) para a espécie sarda (*Scomber scombrus*).

Dentre os ácidos graxos poliinsaturados, os pertencentes à série ômega 3, ácido eicosapentaenoico (EPA) e docosaexaenoico (DHA), apresentaram-se em maiores concentrações. O DHA (C22:6), foi o ácido graxo predominante na espécie cavala, cujo teor foi de 28,25%. Este ácido graxo contribuiu com 66,16% do total de ácidos graxos poliinsaturados na cavala, contribuindo para que a razão poliinsaturados/saturados ficasse dentro da ideal para esta espécie, uma vez que esta razão foi maior que 0,45%.

A espécie serra obteve quantidades consideráveis de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), especialmente do ácido docosaexaenoico, cujo percentual, de 21,72%, demonstrou-se superior à quantidade de ácido eicosapentaenoico (C20:5) de 9,64%. Este mesmo padrão foi obtido para as demais espécies, em que a concentração de ácido docosaexaenoico foi encontrada em níveis mais elevados que o ácido eicosapentaenoico. Esses dados confirmam observações anteriores de Prato e

Biandolino (2012) que obtiveram maior quantidade de DHA para todas as espécies de peixes marinhos que fizeram parte de seu estudo.

A concentração de EPA na espécie serra parece ser característica de peixes da família escombridae, capturados nas regiões norte e nordeste brasileiras. Menezes et al. (2009) relataram valores de 10,82% de EPA para a sarda (família escombridae), enquanto os valores de DHA para esta espécie foram consideravelmente menores que os do presente estudo.

Maiores porcentagens de ácidos graxos saturados e monoinsaturados, em relação à quantidade de poliinsaturados, foram encontradas nas espécies sarda, xaréu, serra e timbira. Particularmente para as espécies sarda e xaréu, a razão poliinsaturados/saturados ficou abaixo da considerada ideal, que é de 0,45%. Geralmente, ácidos graxos saturados e monoinsaturados são abundantes em peixes de regiões quentes ou temperadas, enquanto ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (LCPUFAS) são mais abundantes em peixes de regiões frias (WODTKE, 1981; DEY et al., 1993). A espécie xaréu, especificamente, apresentou, além da alta concentração de ácidos graxos saturados, maior quantidade de monoinsaturados em relação aos poliinsaturados.

Uma vez que a soma dos ácidos graxos saturados foi maior, para quatro das espécies estudadas, que a dos insaturados, faz-nos concluir que, uma vez que a velocidade de autoxidação é dependente do número de duplas ligações presentes na molécula (ACKMAN, 1967), estes peixes poderiam apresentar uma maior estabilidade oxidativa. No entanto, essa composição em ácidos graxos pode tornar-se variável, por uma série de fatores.

Considerando-se que os peixes deste estudo, apesar de serem considerados, de modo geral, como marinhos; ao serem capturados em regiões características ao *habitat* dos peixes de água doce, acabam por receber as mesmas influências ambientais, como temperatura da água, bem como perfis de ácidos graxos de componentes da cadeia alimentar, e por isso, seu perfil de ácidos graxos pode sofrer variações (OLIVEIRA et al., 2005; AVERINA e KUTYREV, 2011).

Essa prevalência de ácidos graxos saturados em peixes da região norte obtida neste estudo, foi descrita por GUTIERREZ e SILVA (1993), que ao determinar a composição em ácidos graxos de sete espécies de peixes de água doce e nove espécies de peixes de água salgada, obtiveram como resultado predominância do ácido palmítico

tanto para os de água doce quanto para os de água salgada, além de o perfil de ácidos graxos dos peixes de água doce ter sido mais saturado que os dos peixes marinhos.

A qualidade nutricional do perfil lipídico avaliada por diferentes índices encontra-se descrita na Tabela 4. Em relação à razão $\omega 6/\omega 3$, esta variou de 0,05, valor obtido para as espécies serra e timbira, a 0,14, na sarda, resultados que promovem todos os peixes estudados à categoria de potencialmente saudáveis, uma vez que valores abaixo de 4,0 sugerem quantidades desejáveis à dieta para a prevenção de riscos cardiovasculares (DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY, 1994). Desta forma, o consumo destes peixes não levaria a uma indução do aumento de colesterol sanguíneo.

Em relação ao índice de aterogenicidade, a cavala mostrou-se a mais adequada do ponto de vista nutricional, pois apresentou maior quantidade de ácidos graxos anti-aterogênicos. Consequentemente, maior é o potencial de prevenção ao aparecimento de doenças coronarianas. Desta forma, o I.A. apresentado pela cavala demonstra o seu potencial nutritivo a saúde humana, uma vez que esta espécie apresentou os menores valores de IA. Quanto menores os valores deste índice, maior é a quantidade de AG anti-aterogênicos presentes (TURAN et al., 2007).

5.4 Avaliação dos teores de histamina e outras amins bioativas

O conteúdo das amins bioativas nas espécies de peixes analisadas é apresentado na tabela 5, na qual se observa os teores de amins bioativas encontrados em cada lote, para cada espécie, enquanto na tabela 6 estão apresentados os teores médios de amins bioativas para cada espécie.

Dentre as dez amins bioativas pesquisadas, foram detectadas nove amins: espermina, espermidina, agmatina, putrescina, cadaverina, tiramina, histamina, feniletilamina e serotonina.

Tabela 5. Teores de amins bioativas nas espécies cavala, sarda, xaréu, serra e timbira.

AMOSTRA	LOTE	EPM	EPD	AGM	PUT	CAD	TIM	HIM	FEM	SRT
Cavala	1	0,79	0,19	2,17	1,25	3,85	1,27	1,19	0,05	nd
	2	0,86	0,24	2,49	0,35	2,39	0,98	0,42	0,05	nd
	3	1,01	0,33	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	4	1,11	0,41	nd	0,04	nd	nd	nd	nd	nd
Sarda	1	1,71	0,68	0,50	0,12	0,61	0,19	nd	nd	nd
	2	1,05	0,34	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	3	1,16	0,27	nd	nd	0,04	nd	nd	nd	nd
	4	0,96	0,42	nd	0,19	0,49	0,24	0,04	nd	nd
Xaréu	1	1,09	0,46	0,06	0,13	0,11	0,08	nd	0,00	nd
	2	0,76	2,55	0,16	0,66	2,61	2,10	0,09	0,79	nd
	3	0,69	1,41	0,12	1,42	2,68	2,32	0,06	0,43	0,18
	4	1,17	2,80	0,13	nd	0,19	0,98	nd	1,07	nd
Serra	1	0,06	0,30	nd	0,21	0,90	0,12	nd	nd	nd
	2	0,48	0,20	nd	1,34	0,66	0,30	nd	nd	nd
	3	0,62	0,38	0,30	0,99	0,51	0,23	nd	0,00	nd
	4	0,78	0,50	nd	nd	nd	0,06	nd	nd	nd
Timbira	1	1,06	0,52	nd	0,07	0,06	nd	nd	nd	nd
	2	0,61	0,46	0,10	0,07	0,21	0,08	nd	nd	nd
	3	0,63	0,65	0,05	0,36	0,51	0,34	0,06	0,06	nd
	4	0,55	0,27	0,14	0,08	0,40	0,04	nd	0,00	nd

EPM= espermina; EPD= espermidina; AGM= agmatina; PUT= putrescina; CAD= cadaverina; TIM= tiramina; HIM= histamina; FEM= feniletilamina; SRT= serotonina.

Tabela 6. Teores médios totais das aminas bioativas nas espécies do estudo.

Amostra	EPM	EPD	AGM	PUT	CAD	TIM	HIM	FEM	SRT
Cavala	0,94±	0,29±	1,17±	0,41±	1,56±	0,56±	0,40±	0,03±	0,00±
	0,14 ^{a,b}	0,10 ^a	1,35 ^a	0,58 ^a	1,90 ^a	0,66 ^{a,b}	0,56 ^a	0,03 ^a	0,0 ^a
Sarda	1,22±	0,43±	0,14±	0,08±	0,29±	0,11±	0,01±0,	0,00±	0,00±
	0,33 ^b	0,18 ^a	0,24 ^a	0,09 ^a	0,31 ^a	0,13 ^a	02 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a
Xaréu	0,93±	1,81±	0,12±	0,55±	1,40±	1,37±	0,04±0,	0,57±	0,05±
	0,24 ^{a,b}	1,08 ^b	0,04 ^a	0,64 ^a	1,44 ^a	1,04 ^b	05 ^a	0,46 ^b	0,09 ^a
Serra	0,48±	0,35±	0,08±	0,64±	0,52±	0,18±	0,00±0,	0,00±	0,00±
	0,31 ^a	0,13 ^a	0,15 ^a	0,63 ^a	0,38 ^a	0,11 ^{a,b}	0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a
Timbira	0,71±	0,48±	0,07±	0,15±	0,30±	0,12±	0,02±0,	0,02±	0,00±
	0,23 ^{a,b}	0,16 ^a	0,06 ^a	0,14 ^a	0,20 ^a	0,15 ^a	03 ^a	0,03 ^a	0,0 ^a

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si (P<0,05).

As poliaminas espermina e espermidina estiveram presentes em 100% das amostras. A presença destas poliaminas já era esperada, uma vez que estas estão presentes naturalmente nos tecidos vivos, além de atuarem como fatores de crescimento celular (GLÓRIA et al., 1999; RUIZ-CAPILLAS e MORAL, 2001). Os níveis mínimos de espermina obtidos foram de 0,06 mg/100g na espécie cavala e os valores máximos, de 1,71 mg/100g, foram encontrados na sarda. Quanto à espermidina, esta esteve presente em menores níveis na espécie cavala, com teor mínimo de 0,19 mg/100g. Os maiores níveis estiveram presentes na espécie xaréu, com teor máximo de 2,80 mg/100g. A espermidina foi a segunda amina a apresentar os valores mais elevados, com percentual médio de ocorrência de 20,51%, considerando-se todas as espécies.

As poliaminas espermina e espermidina contribuíram com 41,14% do conteúdo total de aminas encontrado nas amostras. Os maiores teores destas poliaminas, juntas, foram observados na espécie xaréu, com valor médio de $2,15 \pm 0,73$ mg/100g e mediana de 2,32 mg/100g.

Na figura 3 estão representados os teores médios totais de poliaminas e aminas biogênicas para todas as espécies de peixes analisadas. Como é possível observar, os teores de poliaminas foram menores que os teores de aminas biogênicas nas espécies cavala, xaréu e serra, porém nas espécies cavala e xaréu esta diferença foi maior, o que

pode ter ocorrido em função de contaminação bacteriana, que levou ao aumento de aminas biogênicas (SHALABY, 1996).

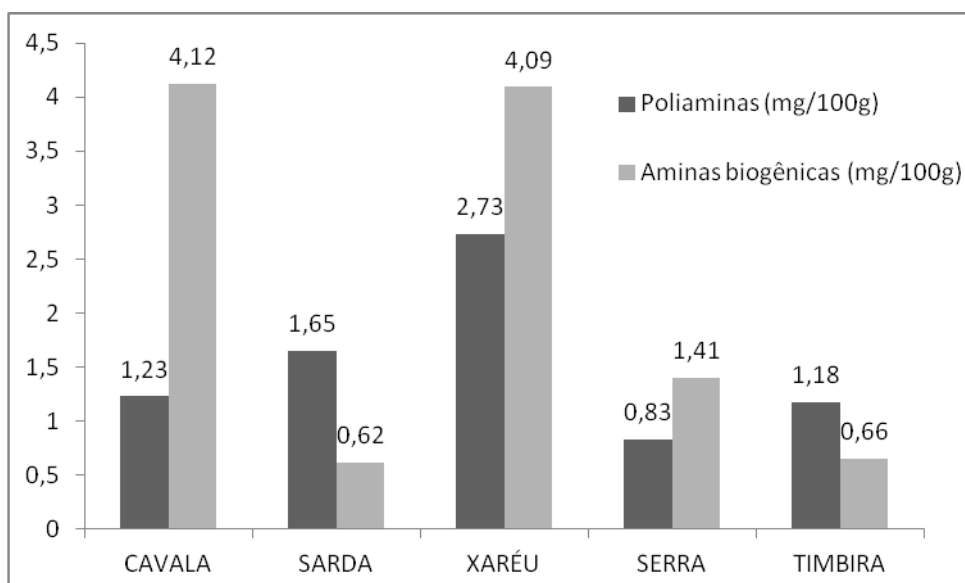


Figura 3. Teores médios de poliaminas e aminas biogênicas (mg/100g) nas amostras de peixes analisadas.

Com relação às aminas biogênicas, nas figuras 4 e 5 são apresentados os teores médios de cada amina biogênica e a demonstração percentual destes teores, respectivamente, em todas as espécies de peixes estudadas.

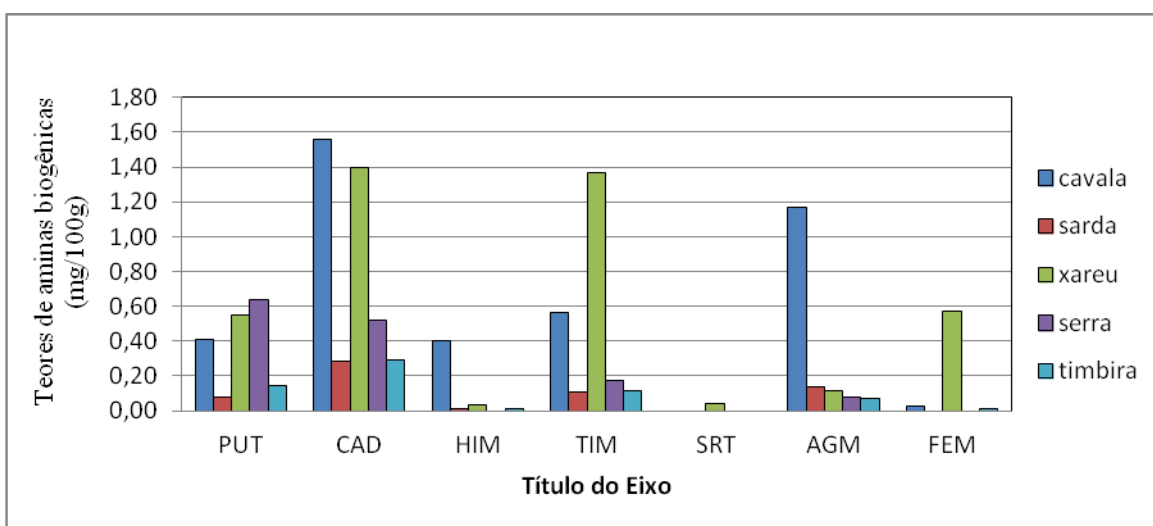


Figura 4. Teores médios de aminas biogênicas encontrados nas espécies de peixes. PUT: putrescina; CAD: cadaverina; HIM: histamina; TIM: tiramina; SRT: serotonina; AGM: agamtina; FEM: feniletilamina.

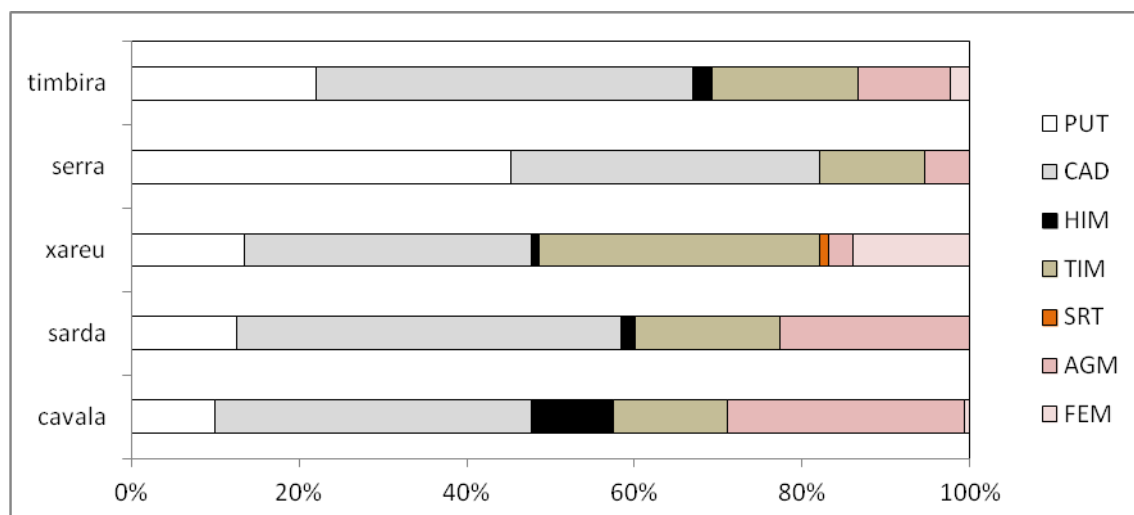


Figura 5. Demonstração percentual dos teores de aminas biogênicas nas espécies de peixes analisadas. PUT: putrescina; CAD: cadaverina; HIM: histamina; TIM: tiramina; SRT: serotonina; AGM: agamtina; FEM: feniletilamina.

As diferenças no conteúdo de aminas biogênicas apresentado nas diferentes espécies de peixes podem ser explicadas, provavelmente, pela espécie, sexo, conteúdo de aminoácidos livres, tempo de transporte até o local de venda, tempo de armazenamento sob refrigeração, tempo em que o peixe permaneceu no mercado até o momento da coleta, além de outros parâmetros, como conteúdo intestinal no momento da morte, fase de reprodução na época da captura e estação do ano (HAALAND, ARNESEN e NJAA, 1990; ABABOUCHE et al., 1991; HALASZ et al., 1994).

No geral, a incidência de histamina nos 20 lotes de peixes adquiridos no mercado Ver-o-peso foi baixa: 10%. Nas amostras que obtiveram níveis detectáveis de histamina, os valores variaram de 0,06 a 1,19 mg/100g. O conteúdo médio de histamina, considerando-se todos os lotes analisados, foi de 0,09 mg/100g. Considerando-se que esta amina biogênica é utilizada como indicador de qualidade de peixes escombrídeos, ao se avaliar a qualidade destes peixes pelos teores de histamina, todos os lotes analisados obedeceram aos limites estabelecidos pela legislação, que preconiza um nível máximo de 50 mg/kg de histamina para peixes escombrídeos (FDA, 1995), além de atender às legislações do Brasil e Mercosul, segundo as quais o limite máximo de histamina em peixes deve ser de 100 mg/kg. Silva et al. (2011) relataram variações de 0,45 a 70,4 mg/kg no conteúdo de histamina em atuns provenientes de diferentes mercados de alguns estados do Brasil, e relataram conteúdo médio desta amina nas amostras de 0,19 mg/kg.

No presente estudo, a espécie que apresentou os maiores níveis de histamina foi a cavala, com nível máximo de 1,19 mg/100g, seguido de 0,42 mg/100g, no 1º e 2º lotes, respectivamente. O conteúdo médio de histamina para esta espécie foi de $0,4 \pm 0,56$ mg/100g, e uma mediana de 0,21 mg/100g.

Estes resultados indicam maior percentual de ocorrência (9,75%) dos níveis de histamina na espécie cavala, comparada aos percentuais de ocorrência obtidos para as outras espécies deste estudo, como pode ser observado na tabela 7. Estes valores refrem-se à média dos conteúdos de aminas biogênicas para cada espécie. Além disso, estes resultados são maiores que os níveis médios de histamina encontrados por Silva et al. (2011) para atuns adquiridos em mercados de Belo Horizonte, MG, cuja média foi de 0,13 mg/100g e o valor máximo encontrado foi de 0,53 mg/100g. No entanto, os resultados obtidos para a cavala, neste estudo, quanto aos teores de histamina, apesar de elevados quando comparados às outras espécies, estão de acordo com os limites estabelecidos pelo Mercosul (BRASIL, 1997), FDA, Estados Unidos (FDA, 1996) e União Européia (CE, 1991).

Tabela 7. Percentual de ocorrência (%) de aminas biogênicas nas espécies do estudo.

Espécie	PUT	CAD	HIM	Aminas biogênicas				Total
				TIM	SRT	AGM	FEM	
Cavala	9,94	37,77	9,75	13,62	0,00	28,21	0,61	99,88
Sarda	12,50	45,97	1,61	17,34	0,00	22,58	0,00	100,00
Xaréu	13,51	34,17	0,92	33,50	1,10	2,87	14,00	100,06
Serra	45,04	36,70	0,00	12,59	0,00	5,32	0,00	99,65
Timbira	21,97	44,70	2,27	17,42	0,00	10,98	2,27	99,62

Desta forma, baseado nos níveis médios de histamina presentes nas espécies deste estudo, os lotes de peixes das espécies coletadas no mercado Ver-o-peso podem ser classificados em dois diferentes tipos, de acordo com classificação usada para atuns por Silva (2011): de muito boa qualidade (serra, sarda, timbira e xaréu); enquanto os lotes de cavala analisados podem ser classificados como de qualidade regular, uma vez que no primeiro lote dessa espécie foram detectados níveis maiores que 10 mg/kg, nível máximo para que peixes sejam considerados de excelente qualidade, segundo alguns autores (LEHANE e OLLEY, 2000; BULUSHI et al., 2009).

Os teores de histamina encontrados neste estudo foram menores que os registrados por Tsai et al. (2005), que ao analisar 33 amostras de cavala salgada (*Scomber australasicus*), obtiveram valores de 70,1 e 120,2 mg/kg de histamina, níveis elevados, considerados acima do permitido pela legislação.

Estes resultados assemelham-se aos de outros estudos para peixes pertencentes à família escombrídea. Evangelista (2010) analisou a prevalência de histamina em atuns (família Scombridae) nos anos de 2008 e 2009 e os resultados variaram de não detectado a 5,97 mg/kg e não detectado a 27,95 mg/kg, respectivamente, estes últimos maiores que os níveis presentes na espécie cavala neste estudo. Os dados de histamina obtidos neste estudo também foram consistentes com alguns outros estudos com outros peixes da família Scombridae (DU et al., 2002).

No entanto, quando se analisa a ocorrência de outras amins biogênicas, juntamente com a histamina, observa-se que cadaverina, putrescina, tiramina e agmatina foram as amins biogênicas de ocorrência principal nos lotes analisados.

O conteúdo máximo, dentre todas as amins, foi apresentado pela cadaverina, valor encontrado na espécie cavala (3,85 mg/100g). A média do teor de cadaverina nesta espécie foi de $1,56 \pm 1,90$ e mediana de 1,20 mg/100g. De uma forma geral, as espécies cavala e xaréu apresentaram níveis médios elevados de cadaverina, comparados às outras espécies. Considerando-se que a cadaverina é metabólito de bactérias pertencentes à família *Enterobacteriaceae* (RODRÍGUEZ-JEREZ et al., 1994; SHARAF et al., 1997), a presença desta amina biogênica nas espécies deste estudo é sugestivo de contaminação por estes gêneros bacterianos.

Zhai et al. (2012) avaliaram a presença de amins bioativas em peixes escombrídeos comercializados no sul da China, como serra e cavala, e a cadaverina foi detectada em todas as amostras analisadas. Os autores também relataram altos teores de cadaverina na espécie cavala, com uma variação de 230,14 a 259,95 mg/kg, valores mais elevados que os encontrados no presente estudo, para todas as espécies de peixes.

Quanto à putrescina, os níveis médios mais elevados, 0,64 mg/100g, estiveram presentes na espécie serra. No quarto lote desta espécie, coletado no final de agosto, os níveis de putrescina e cadaverina não foram detectados. No entanto, os três primeiros lotes, coletados nos meses de maio e junho, apresentaram valores de 0, 21 mg/100g, 1,34 mg/100g e 0,99 mg/100g para putrescina e 0,9 mg/100g, 0,66 mg/100g e 0,51 mg/100g para cadaverina. Estas diferenças observadas nos teores destas amins biogênicas indicam que, enquanto alguns lotes foram obtidos em condições higiênicas

sanitárias adequadas, desde o momento da captura até a comercialização, em outros lotes as condições higiênico-sanitárias foram deficientes. A segunda espécie a apresentar os níveis mais elevados de putrescina foi o xaréu.

Desta forma, considerando-se os teores de aminas biogênicas, particularmente cadaverina, putrescina, tiramina e agmatina, nas espécies cavala, xaréu e serra, pode-se atribuir estes resultados a fatores como a presença de microrganismos, que podem produzir enzimas descarboxilase, bem como condições de tempo e temperatura, que podem permitir a produção e acúmulo de aminas biogênicas em peixes (HALASZ et al., 1994; CHANG et al., 2008).

A presença dessas aminas biogênicas pode ter resultado de condições prevalentes durante a captura dos peixes, práticas pós-captura, bem como condições de higiene e refrigeração durante a comercialização, como o armazenamento a temperaturas maiores que 4 °C (GLORIA et al., 1999; KRIZEK, 2009).

Considerando-se que os peixes comercializados no mercado Ver-o-peso geralmente permanecem expostos sobre os balcões de venda, cobertos com gelo em quantidade muitas vezes insuficiente para garantir a refrigeração adequada, até o momento da compra pelo consumidor, este poderia ser um fator que contribuiu para a produção de aminas biogênicas nos peixes, uma vez que temperaturas mais elevadas propiciam o crescimento microbiano.

Portanto, uma vez que a putrescina e a cadaverina são indicativas de deterioração, pois estas são formadas principalmente por atividade bacteriana (SANCHES-CASCADO, 2005), a presença destas aminas indica que houve contaminação, principalmente nas espécies em que estas se apresentaram em níveis mais elevados.

Apesar da presença destas aminas biogênicas nas amostras analisadas, os níveis em que estas se apresentaram não caracterizariam as espécies de peixes deste estudo como impróprias para consumo. A União Européia, por meio da Directiva CE (1991), tem sugerido que, no futuro, um máximo de 300 mg/kg para o total de aminas biogênicas em peixes possa ser um limite legal apropriado, e deste ponto de vista, nenhum lote apresentou conteúdo total de aminas biogênicas acima deste valor.

No entanto, mais atenção deve ser dada às quantidades de putrescina e cadaverina que podem ser ingeridas, uma vez que a legislação nacional não estabelece limites para essas aminas biogênicas, e sua avaliação é importante, devido estas

potencializarem a ação da histamina (SHALABY, 1996; LEHANE e OLLEY, 2000; ÖNAL, 2007).

Em relação à agmatina, esta amina biogênica foi detectada em todas as espécies, entretanto, na espécie serra foi detectada em um lote apenas. Os teores mais elevados estiveram presentes na espécie cavala, sendo encontrados apenas nos dois primeiros lotes desta espécie, alcançando níveis de 2,17 e 2,49 mg/100g no primeiro e segundo lotes, respectivamente. Özyurt et al. (2009) relataram a agmatina como uma das aminas predominantes em peixes da família Mullidae, alcançando níveis em torno de 7,30 mg/100g.

A tiramina, embora presente em menores quantidades, também esteve presente em todas as espécies de peixes analisadas. De um modo geral, esta amina esteve presente em 69% das amostras, considerando-se todos os lotes para cada espécie. A presença de tiramina nestas espécies é incomum, uma vez que a ocorrência de tiramina não é típica nestas espécies de peixes, pois esta amina está mais associada a determinados alimentos, como queijos e produtos fermentados (SILVA et al., 2002). Desta forma, a presença de tiramina nestes peixes também é indicativo de contaminação microbiana, uma vez que o tipo de amina biogênica em peixes também é dependente da composição da microbiota.

Considerando-se o envolvimento desta amina em processos de intoxicação (GLÓRIA e VIEIRA, 2007), apesar da presença de tiramina em pelo menos um lote de cada espécie de peixe analisada, nenhum dos lotes apresentou níveis de tiramina acima do valor máximo permitido, que é de 10 a 80 mg/100 g do alimento (LIMA e GLÓRIA, 1999). O valor mais elevado foi encontrado em xaréu, com nível de 2,32 mg/100g.

De um modo geral, quanto aos perfis de aminas bioativas obtidos, estes demonstram qualidade sanitária que variou de boa a regular dos peixes em estudo, uma vez que os níveis de histamina, a principal amina bioativa relacionada a condições higiênico-sanitárias insatisfatórias, como manipulação inadequada (GUIZANI et al., 2005) e controle da temperatura pós-captura ineficiente (VISCIANO et al., 2007), esteve presente em baixos níveis em 90% dos lotes analisados.

Ao se aplicar, nas amostras, o índice proposto por Mietz e Karmas (1977), baseado na relação entre a soma dos teores de putrescina, cadaverina e histamina dividido pela soma de espermina, espermidina mais um (tabela 8), observa-se que alguns lotes das espécies cavala, xaréu e serra apresentaram índices acima de 1. Portanto, com base nos resultados obtidos quanto a utilização deste índice como critério

de qualidade, os lotes pertencentes às espécies cavala, xaréu e serra que apresentaram índice acima de 1, se caracterizam como peixes de qualidade intermediária.

A espécie cavala apresentou os mais altos índices dentre todas as espécies, em dois de seus lotes, o que é indicativo de que os peixes pertencentes a estes lotes, bem como os peixes pertencentes ao terceiro e segundo lotes de xaréu e serra, respectivamente, foram adquiridos em condições nas quais não houve o cumprimento das exigências higiênico-sanitárias ao longo da cadeia de obtenção e comercialização.

Interessante observar que o terceiro e quarto lote da espécie cavala, bem como os demais lotes das outras espécies, exceto terceiro e segundo lotes de xaréu e serra, respectivamente, apresentaram índices bem abaixo de 1, sendo caracterizados como de boa qualidade (GLÓRIA et al., 1999; KRIZEK, 2009). A espécie sarda apresentou a média mais baixa resultante do índice de Mietz e Karmas, o que a caracteriza como de excelente qualidade.

Tabela 8. Índice de Mietz e Karmas nas espécies cavala, sarda, xaréu, serra e timbira.

Espécie	Lote	Índice Mietz e Karmas	Média e desvio padrão
Cavala	1	3,18	
	2	1,50	
	3	0	1,17 ± 1,50 ^a
	4	0,01	
Sarda	1	0,21	
	2	0	
	3	0,01	0,13 ± 0,14 ^a
	4	0,30	
Xaréu	1	0,09	
	2	0,78	
	3	1,34	0,56 ± 0,61 ^a
	4	0,03	
Serra	1	0,82	
	2	1,19	
	3	0,75	0,68 ± 0,50 ^a
	4	0	
Timbira	1	0,05	
	2	0,13	
	3	0,41	0,21 ± 0,15 ^a
	4	0,26	

Valores médios com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$).

Uma vez que a formação de bases voláteis totais tem sido relacionada a crescimento microbiano, muitos autores têm descrito uma relação positiva entre a formação destas aminas voláteis, e a formação de aminas biogênicas em diferentes espécies de peixes (BAIXAS-NOGUERAS et al., 2001; RUIZ-CAPILLAS e MORAL, 2001).

Como pode ser observado na figura 6, quando se avalia o nível médio de ocorrência das aminas biogênicas, bem como a média de ocorrência de BVT nas espécies, observa-se que o xaréu apresentou, juntamente com os maiores percentuais de

BVT, os maiores percentuais de ocorrência das aminas feniletilamina, serotonina e tiramina, dentre todas as espécies.

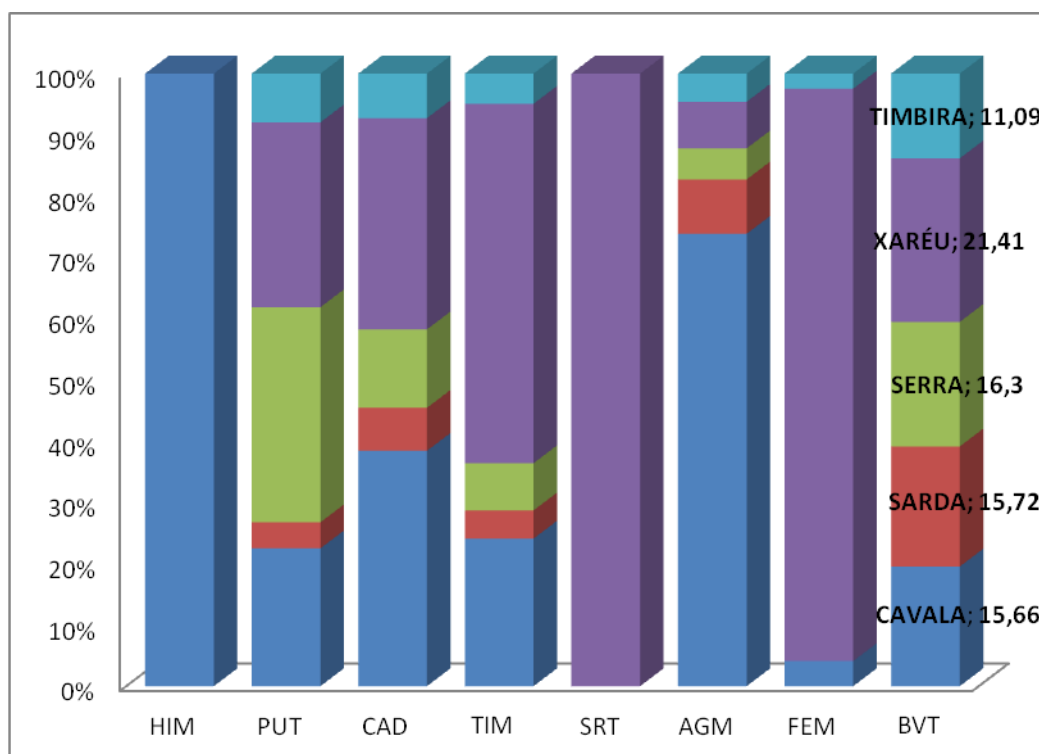


Figura 6. Níveis de Bases Voláteis Totais e aminas biogênicas nas espécies em estudo. HIM: histamina; PUT: putrescina; CAD: cadaverina; TIM: tiramina; SRT: serotonina; AGM: agmatina; FEM: feniletilamina; BVT: Bases Voláteis Totais.

Na tabela 9, são apresentados os teores de aminas bioativas em lotes das espécies xaréu, serra e timbira que foram armazenados a temperatura de refrigeração por 48 horas.

Tabela 9. Teores de aminas bioativas nas espécies armazenadas sob refrigeração, por 48 horas.

AMOSTRA	LOTE	Aminas bioativas (mg/100g)								
		PUT	CAD	HIM	TIM	SRT	AGM	EPD	FEM	EPM
Xaréu	1	0,18	3,65	Nd	10,85	Nd	Nd	1,39	Nd	Nd
Xaréu	3	9,23	9,00	Nd	9,06	Nd	Nd	1,15	Nd	Nd
Serra	3	7,72	1,67	Nd	6,04	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Timbira	4	38,94	14,37	Nd	2,25	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd

PUT= putrescina; CAD= cadaverina; HIM= histamina; TIM= tiramina; SRT= serotonina; AGM= agmatina; EPD= espermidina; FEM= feniletilamina; EPM= espermina.

Na tabela 10 é possível comparar os teores médios de aminas biogênicas das amostras no tempo zero (armazenadas a -18 °C) com a média de 48 horas de armazenamento a 4 °C. Ao se observar os níveis de aminas biogênicas nos peixes que foram armazenados por 48 horas a temperatura de refrigeração, é possível perceber que os níveis médios gerais de putrescina, cadaverina e tiramina foram muito altos quando comparados àqueles peixes que não foram expostos a essas condições de tempo e temperatura.

Tabela 10. Teores de aminas bioativas nas amostras a temperatura de -18 °C e 4 °C, por 48 horas.

Amostra	Lote	Temperatura	Aminas bioativas (mg/100g)								
			PUT	CAD	HIM	TIM	SRT	AGM	FEM	EPD	EPM
Xaréu	1	4 °C	0,18	3,65	Nd	10,85	Nd	Nd	Nd	1,39	Nd
	1	-18 °C	0,13	0,11	Nd	0,08	Nd	0,06	Nd	0,46	
Xaréu	3	4 °C	9,23	9,00	Nd	9,06	Nd	Nd	Nd	1,15	Nd
	3	-18 °C	1,42	2,68	0,06	2,32	0,18	0,12	0,43	1,41	
Serra	3	4 °C	7,72	1,67	Nd	6,04	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
	3	-18 °C	0,99	0,51	Nd	0,32	Nd	0,3	Nd	0,38	
Timbira	4	4 °C	38,94	14,37	Nd	2,25	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
	4	-18 °C	0,08	0,4	Nd	0,04	Nd	0,14	Nd	0,27	

PUT= putrescina; CAD= cadaverina; HIM= histamina; TIM= tiramina; SRT= serotonina; AGM= agmatina; EPD= espermidina; FEM= feniletilamina; EPM= espermina.

As aminas biogênicas devem estar ausentes ou ser encontradas em baixas quantidades em peixe fresco e sua formação é usualmente associada com a deterioração. Portanto, a contaminação bacteriana é, provavelmente, o principal fator envolvido na formação destes compostos (FADHLAOUI-ZID et al., 2012). No entanto, além do fator bacteriano, deve-se considerar o tempo e temperatura de armazenamento destes peixes até o momento das análises, portanto, a deterioração autolítica, por enzimas características dos próprios peixes, também deve ser considerada.

Na figura 7 estão demonstrados os teores médios de putrescina, cadaverina e tiramina, que foram as aminas predominantes nas amostras armazenadas a 4 °C, e os teores destas aminas nas amostras a -18 °C.

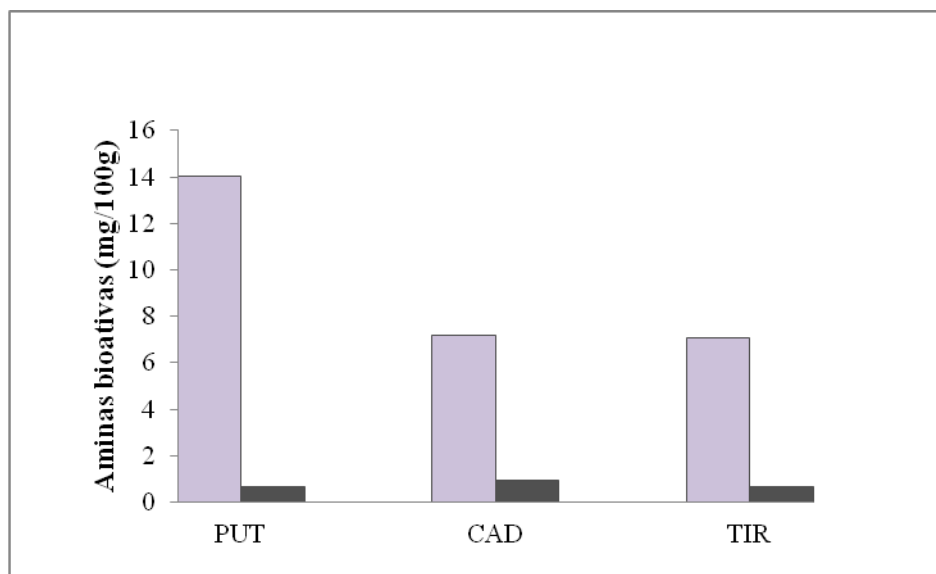


Figura 7. Teores de putrescina, cadaverina e tiramina nas amostras armazenadas a 4 °C por 48 horas e a -18 °C, durante 48 horas.

Os valores mais elevados de putrescina e cadaverina estiveram presentes na espécie timbira, cujos níveis chegaram a 38,94 mg/100 g e 14,37 mg/100 g, respectivamente. Estes resultados assemelham-se aos de Bakar et al. (2010), que estudaram a formação de aminas biogênicas em peixes armazenados a 4 °C e observaram diferença nos níveis de putrescina, cadaverina e tiramina aos nove dias de armazenamento, em que os níveis destas aminas nas amostras foram de $14,2 \pm 0,2$ mg/100 g; $20,7 \pm 2,6$ mg/100 g e $15,1 \pm 0,2$ mg/100 g, respectivamente.

No entanto, quando se observa os teores destas aminas nas amostras de timbira armazenadas a -18 °C, os níveis médios de putrescina e cadaverina para esta espécie foram muito baixos, comparados às outras espécies, apresentando-se em níveis menores apenas que os níveis apresentados pela espécie sarda.

Desta forma, os níveis em que as aminas biogênicas putrescina, cadaverina e agmatina se apresentaram nos peixes que foram armazenados sob refrigeração, são indicativos de que a maior temperatura a que os peixes foram expostos possibilitou maior desenvolvimento bacteriano, e conseqüentemente, levou a descarboxilação de mais aminoácidos.

Resultados similares foram descritos por Anderson (2008) em que os níveis de putrescina e cadaverina em peixes da espécie *Pampus argenteus* após aproximadamente 12 horas sob temperatura de refrigeração foram de $13,5 \pm 1,9$ mg/100 g e $29,9 \pm 1,2$ mg/100 g, respectivamente.

Como observado na tabela 10, o binômio tempo e temperatura não influenciou nas taxas de formação de histamina nos lotes que foram expostos a temperatura de refrigeração, mas pode ter influenciado na formação de putrescina, cadaverina e tiramina. Uma vez que a histamina não foi detectada nestas amostras, estas estiveram dentro dos padrões preconizados pelas legislações do Brasil, Mercosul, EUA e União Européia, quanto ao padrão de qualidade das amostras quanto aos teores de histamina (BRASIL, 1997; CE, 1991; FDA, 1996).

Ao se considerar que foram obtidos níveis mais elevados de determinadas aminas biogênicas, como a putrescina, cadaverina e tiramina, mas a histamina não foi detectada, estes resultados diferem de Middlebrooks et al. (1988), que observaram, em *Scomberomorus maculatus* (família Scombridae), uma boa correlação entre os níveis de histamina, cadaverina e putrescina e o tempo e temperatura de decomposição.

6 CONCLUSÃO

Considerando-se que o perfil e quantidade de aminas bioativas, como a histamina, cadaverina e putrescina, bem como o de BVT, são considerados alguns dos metabólitos da deterioração que podem ser utilizados como índice de qualidade, pode-se concluir que os resultados obtidos para estes dois parâmetros analisados foram considerados seguros dentro dos padrões estabelecidos pela legislação. No entanto, a presença de putrescina e cadaverina em níveis mais elevados em alguns lotes, é indicativo de não cumprimento das condições higiênico-sanitárias no processo de captura e comercialização dos lotes de peixes nos quais estas aminas foram encontradas.

A cavala, por conter os maiores teores de cadaverina, que apresentou a maior quantidade dentre todas as aminas biogênicas, bem como os maiores níveis de histamina, frequentemente associada à contaminação bacteriana, poderia ser considerada a amostra com menor qualidade higiênico-sanitária obtida, dentre as espécies deste estudo.

Com relação à histamina, os resultados deste estudo indicam que os gêneros bacterianos formadores de histamina não estavam presentes ou estavam presentes em baixas quantidades e que os peixes analisados eram, de forma geral, de boa qualidade higiênica com relação a formação deste composto, uma vez que apresentaram níveis de histamina dentro dos limites considerados seguros.

Em relação aos perfis de ácidos graxos, o ácido palmítico (C16:0) foi predominante nas espécies serra, timbira, xaréu e sarda. EPA e DHA apresentaram-se em maiores concentrações, especialmente na cavala, na qual a razão poliinsaturados/saturados ficou dentro da ideal.

REFERÊNCIAS

- 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, 1991.
- ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; GERRARD, D.E.; EDWAR, W. M. **Principles of Meat Science**. 4. ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company, 2001.
- ABULUDE FO, LAWAL LO, EHIKHAMEN G, ADESANYA WO, ASHAF, SL. Chemical composition and functional properties of some prawns from the coastal area of Ondo state, Nigeria. **Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry**, 5 (1): 1235-40; 2006.
- ACKMAN, R.G. Characteristics of the fatty acid composition and biochemistry of some fresh-water fish oils and lipids in comparison with marine oils and lipids. **Composition Biochemical Physiology**, 22: 907-922, 1967.
- ACKMAN, R.G. Marine Biogenic Lipids, **Fats and Oils**. Vol. 2, CRC Press, Florida, ISBN: 9780849348907, Pages: 504, 1989.
- ADEYEYE, E. L. Amino acid composition of three species of Nigerian fish: *Clarias anguillaris*, *Oreochromis niloticus* and *Cynoglossus senegalensis*. **Food chemistry**, 113, p. 43-46, 2009.
- AKSNES, A. Feed ingredients. The impacts of nitrogen extractives in aqua feed ingredients. **Int. Aqua Feed**, 8, 28– 30, 2005.
- ALLEN, D.G.; GREEN, D.P.; BOLTON, G.E.; JAYKUS, L.; COPE, W.G.. Detection and identification of histamine-producing bacteria associated with harvesting and processing mahimahi and yellowfin tuna. **Journal Food Protection** 68: 1676-82, 2005.
- ALMEIDA, O. T.; LORENZEN, K. ; MCGRATH, D. A frota comercial pesqueira na Amazônia e o co-manejo no Baixo Amazonas. In: ALMEIDA, O. (Org.) **Manejo de pesca na Amazônia**. São Paulo: Peirópolis, 2006.
- ALMEIDA, O.; MCGRATH, D.; RUFINO, M.; RIVERO, S. Estrutura, dinâmica e economia da pesca comercial do baixo Amazonas. **Novos Cadernos NAEA**, Núcleo de Estudos Amazônicos, v. 12, n. 2, p. 175-194, 2009^a, ISSN 1516-6481.
- ALMEIDA, O. T.; LORENZEN, K. ; MCGRATH, D. Fishing agreements in the lower Amazon: for gain and restraint. **Fisheries Management and Ecology**, v. 16, p. 61-67, 2009^b.
- ANDERSON, A . K. Biogenic and volatile amine-related qualities of three popular fish species sold at Kuwait fish markets. **Food Chemistry**, 107, 761 e767, 2008.
- ANSELL, V. Food-borne illness. In: KEYSTONE, J.S.; KOZARSKY, P.E.; FREEDMAN, D.O.; NOTHDURFT, H.D.; CONNOR, B.A. (Eds.). **Travel Medicine**, seg. ed. Mosby, Philadelphia, pp. 475–484, 2008.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 16.ed. 3.rev., Washington, 1141p., 1997.
- AOAC 957.07. (2005). AOAC official methods of analysis. Em: http://www.eoma.aoc.org/gateway/readFile.asp?id=957_07.pdf. Acesso em: maio de 2011.
- AOAC. Method 977.13. (2005). AOAC official methods of analysis . Disponível em: http://www.eoma.aoc.org/gateway/readFile.asp?id=977_13.pdf. Acesso: setembro de 2011.

- ARAÚJO, M. E.; JACINTA, M. C. J.; OLIVEIRA, A. M. E. **Peixes estuarinos marinhos do Nordeste Brasileiro: guia ilustrado**. Fortaleza: Editora Universitária UFPE, 260p, 2004.
- ARNOLD, S. H.; BROWN, W. D. Histamine: toxicity from fish products. **Advances in Food Research**, 24, 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.
- BADOLATO, E. S. G.; CARVALHO, J. B.; AMARAL MELLO, M. R. P.; TAVARES, M.; CAMPOS, N. C.; AUED-PIMENTEL, S.; MORAIS, C. Composição centesimal, de ácidos graxos e valor calórico de cinco espécies de peixes marinhos nas diferentes estações do ano. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.54, n.1, p.27-35, 1994.
- BAIXAS-NOGUERAS, S.; BOVER-CID, S.; VIDAL-CAROU, M.C. et al. Trimethylamine and total volatile basic nitrogen determination by flow injection/gas diffusion in mediterranean hake (*Merluccius merluccius*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p.1681-1686, 2001.
- BAKAR J, YASSORALIPOUR A, ABU BAKAR F, ABDUL RAHMAN R. Biogenic amine changes in barramundi (*Lates calcarifer*) slices stored at 0° C and 4° C. **Food Chemistry**, 119:467–470, 2010.
- BALLADIN, D. A.; NARINESINGH, D; STOUTE, V.A.; NGO, T.T. Multivariate statistical (using factor and discriminant) analyses of some selected chemical and physical freshness indicators of fish [*Scomberomorus brasiliensis* (carite)] muscle-tissue samples, **Chemometrics and intelligent laboratory systems**, 40(2), pp. 175-192, 1998.
- 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.
- BANDARRA, N.M., BATISTA, I., NUNES, M.L., EMPIS, J.M.; CHRISTIE, W.W. Seasonal Change in Lipid Composition of Sardine (*Sardina pilchardus*). **Journal of Food Science**, 62: 40-42, 1997.
- BARLETTA, M. **Seasonal changes of density, biomass and species composition of fishes in different habitats of the Caeté estuary (North Brazilian coast – east Amazon)**. PhD Thesis. Center for Tropical Marine Ecology, University of Bremen. Bremen, Germany, 1999.
- BARANOWSKI, J.D. Low-temperature production of urocanic acid by spoilage bacteria isolated from mahi-mahi (*Coryphaena hippurus*). **Appl. Environ. Microbiol.** 50 (2), 546–547, 1985.
- 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.
- 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.
- BAUZA, T.; BLAISE, A.; TEISSEDE, P.L.; CABANIS, J.C. Les amines biogènes du vin, Métabolisme et toxicité. **Bulletin L’O.I.V.**, p. 43-67, 1995.
- BELLÉ, N. A V.; DALMOLIN, G. D.; FONINI, G.; RUBIN, M. A.; ROCHA, J. B. T. Polyamines reduces lipid peroxidation induced by different pro-oxidant agents. **Brain Research**, v. 1008, n. 2, p. 245–251, 2004.
- BEN-GIGERY, B., DE SOUSA, J.V.B.M., VILLA, T.G., BARROS-VELAZQUEZ, J. Changes in biogenic amines and microbiological analyses in albacore (*Thunnus*

allalunga) muscle during frozen storage. **Journal of Food Protection**, v. 61, n. 5, 1998.

BEN-GIGERY, B., DE SOUSA, J.V.B.M., VILLA, T.G., BARROS-VELAZQUEZ, J. Histamine and cadaverine production by bacteria isolated from fresh and frozen albacore (*Thunnus alalunga*). **J. Food Prot.** 62, 933–939, 1999.

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.

BIEGANSKI, T.; KUSCHE, J.; LORENZ, W.; HESTERBERG, R.; STAHLKNECHT, C.D.; FEUSSNER, K.D. Distribution and properties of human intestinal diamine oxidase and its relevance for the histamine catabolism. **Biochim Biophys Acta** 756: 196-203, 1983.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.

BJORNSDOTTIR, K.; BOLTON, G. E.; MCCLELLAN-GREEN, P. D.; JAYKUS, L. A .; GREEN, D. P. Detection of gram-negative histamine-producing bacteria in fish: a comparative study. **Journal of Food Protection**, 72, p. 1987 e 1991, 2009.

BOCK, A.; FORCHAMMER, K.; HEIDER, J.; BARON, C. Selenoprotein synthesis: an expansion of the genetic code. **Trends in Biochemical Sciences**, Volume 16, p. 463-467, 1991.

BOISEN, S., HVELPLUND, T., WEISBJERG, M. R. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. **Livestock Production Science**, 64 , 239–251, 2000.

BØKNÆS, N., ÖSTERBERG, C., NIELSEN, J., DALGAARD, P. Influence of freshness and frozen storage temperature on quality of thawed cod fillets stored in modified atmosphere packaging. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.33:244–248, 2000.

BOVER-CID, S., HOLZAPFEL, W.H. Improved screening procedure for biogenic amine production by lactic acid bacteria. **Int. J. Food Microbiol.** 53, 33–41, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 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.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA). Estatística da aquicultura e pesca no Brasil: 2008 e 2009. Brasília, MPA, 2010. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/>. Acesso em: 19/11/2011.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA). Boletim estatístico da pesca e aquicultura no Brasil: 2010. Brasília, MPA, 2012. Disponível em:

http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20Estat%20C3%ADstico%20MPA%202010.pdf. Acesso em: abril de 2013.

BRINK, B.; DAMIRIK, 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**, 11 , 73–84, 1990.

BULUSHI, I. A .; POOLE, S.; DEETH, H. C.; DYKES, G. A . Biogenic amines in fish: roles in intoxication, spoilage, and nitrosamine formation e a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 49 , 369 e 377, 2009.

BURDGE, G. C.; CALDER, P. C. Conversion of a-linolenic acid to longer-chain polyunsaturated fatty acids in human adults. **Reprod. Nutr. Dev.** 45, 581–597, 2005.

- CALDER, P. C. Immunoregulatory and anti-inflammatory effects of n-3 polyunsaturated fatty acids. **Braz J Med Biol Res**, vol. 31 no. 4, Ribeirão Preto, 1998.
- CALDER, P.C. Long-chain n-3 fatty acids and inflammation potential application in surgical and trauma patients. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, 36, 433–446, 2003.
- CAPONIO, F.; LESTINGI, C.; SUMMO, M.T.; BILANCIA, M.; LAUDADIO, V. Chemical characteristics and lipid fraction quality of sardines (*Sardina pilchardus* W.). Influence of sex and length. **J. Applied Ichthyol.**, 20: 530-535, 2004.
- CELIK, M. Seasonal changes in the proximate chemical compositions and fatty acids in the chub mackerel (*Scomber japonicus*) and horse mackerel from the north eastern Mediterranean sea. **Int. J. Food Sci. Tecn.** V.43, 2008.
- ÇELIK, M.; DILER, A.; KÜÇÜKGÜLMEZ, A. A comparison of the proximate compositions and fatty acid profiles of zander (*Sander lucioperca*) from two different regions and climatic conditions. **Food Chemistry**, Champaign, v. 92, n. 4, p. 637-641, 2005.
- CERVIGÓN, F. **Los peces marinos de Venezuela**. Fundación Científica Las Roques. Caracas. Venezuela. v. 2. 497 pp, 1993.
- CHANG, S. C., KUNG, H. F., CHEN, H. C., LIN, C. S., TSAI, Y. H. Determination of histamine and bacterial isolation in swordfish fillets (*Xiphias gladius*) implicated in a food borne poisoning. **Food Control**, 19, 16 e 21, 2008.
- CHEDOLOH, R., T.T. KARRILA; P. PAKDEECHANUAN. Fatty acid composition of important aquatic animals in Southern Thailand. **International Food Research Journal**, 18: 783-790, 2011.
- CHEN, H. C., KUNG, H. F., CHEN, W. C., LIN, W. F., HWANG, D. F., LEE, Y. C. Determination of histamine and histamine-forming bacteria in tuna dumpling implicated in a food-borne poisoning. **Food Chemistry**, 106, 612–618, 2008.
- CHEN, T.C., CHIMEH, F., LU, Z., MATHIEU, J., PERSON, K.S., ZHANG, A. Factors that influence the cutaneous synthesis and dietary sources of vitamin D. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, 460(2), 213-217, 2007.
- CHIANG, J. Y. L., KIMMEL, R.; STROUP, D. Regulation of cholesterol 7 α -hydroxylase gene (CYP7A1) transcription by the liver orphan receptor (LXR α). *Gene* 262, 257–265. Constantopoulos, G. (1970). Lipid metabolism of manganese-deficient algae. **Plant Physiology**, 45, 76–80, 2001.
- CHYUN, J.H.; GRIMINGER, P. Improvement of nitrogen retention by arginine and glycine supplementation and its relation to collagen synthesis in traumatized mature and ageing rats. **Journal of Nutrition**, 114, 1705 – 1715, 1984.
- CHU C. H., BJELDANES L. F. Effect of Diamines, Polyamines and Tuna Fish Extracts on the Binding of Histamine to Mucin In Vitro. **Journal of Food Science** 47(1):79-88, 1981.
- CINQUINA, A.L.; CALI, A.; LONGO, F.; DE SANTIS, L.; SEVERONI, A.; ABBALE, F. Determination of biogenic amines in fish tissues by ion-exchange chromatography with conductivity detection. **Journal of Chromatography A**, v. 1032, p. 73-77, 2004.
- CIVERA, T.; PARISI, E.; AMERIO, G.P. ; GIACCONE, V. Shelf-life of vacuum-packed smoked salmon: microbiological and chemical changes during storage. **Arch. Lebensmittelhyg.** 46, p. 13- 17, 1995.
- CONNEL, J. J. **Control of fish quality**. Fishing News (Book) Ltd., 235 p., 1975.
- CONNER, W. E. The beneficial effects of omega-3 fatty acids: cardiovascular disease and neurodevelopment. **Current Opinion in Lipidology**, v. 8, p. 1-3, 1997.

- CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e invertebrados**. Santiago: CECTA-USACH, 309 p, 2002.
- DALGAARD, P.; MADSEN, H.L.; SAMIEIAN, N.; EMBORG, J. Biogenic amine formation and microbial spoilage in chilled garfish (*Belone belone belone*) – effect of modified atmosphere packaging and previous frozen storage. **Journal of Applied Microbiology**, v. 101, p. 80-95, 2006.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. Trad. Brandelli et al. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. Diet and cardiovascular disease. **Report on Health and Social Subjects**, n. 28. London: HMSO, 1984.
- DESIDERIO MA, DANSI P, TACCHINI L, BERNELLI-ZAZZERA A. Influence of polyamines on DNA binding of heat shock and activator protein 1 transcription factors induced by heat shock. **FEBS Letters**, 455:149 e 53, 1999.
- DEY, I., BUDA, C., WIJK, H., HALVER, J.E., FARKAS, T. Molecular and structural composition of phospholipids membranes in livers of marine and freshwater fish in relation to temperature. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 90, 7498–7502.1993.
- DILKASH, N.A., TRIPATHI, T., KHAN, A.A., SHAHID, M., K HAN, H.M., SIDDIQUI, M.U., KHAN, R.A. Effects of histamine H1R-H4R-agonist (histamine trifluoro-methyl toluidide, amth-amine, R methyl histamine and clobenpropit, respectively) on the airway epithelium of rabbits. **Asian Pacific J. Trop. Med.** 3 (5), 367–370, 2010.
- DONHAUSER, S.; WAGNER, D.; GEIGER, E. Biogenic amines: significance, occurrence and assessment. **Brawelt International**, v. 11, p. 100-107, 1993.
- DU, W.X., C.M. LIN, A.T. PHU, J.A. CORNELL, M.R. MARSHALL; C.I. WEI. Development of biogenic amines in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*): Effect of storage and correlation with decarboxylase-positive bacterial flora. **Journal of Food Science**, 67: 292-301, 2002.
- EC. Commission Regulation. No. 2073/2005 of 15 November 2005, on microbiological criteria for foodstuffs. **Official Journal of the European Union**. L 338/1-26, 2005.
- EC Directive 95/149/EC: Commission decision of 8 March, 1995 fixing the total volatile base nitrogen (TVB-N) limit values for certain categories of fishery products and specifying the analysis methods to be used. Official Journal L 097, 29/04/1995. 0084–0087.
- EEROLA, S.; HINKKANEN, R.; LINDFORDS, E.; HIRVI, T. Liquid chromatographic determination of biogenic amines in dry sausages. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists International**. Arlington, v. 76, p. 575-577, 1993.
- Estudo de Impacto Ambiental (EIA). Infraestruturas do Distrito Industrial de São João da Barra. Maio, 2011. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/downloads/eia%20rima/EIA%20%20DISJB/Volume%20V/Cap%20VI/Anexo%20VI.6/Anexo%20VI.6.pdf>. Acesso em: novembro 2012.
- ELIASSEN, K.A.; REISTAD, R.; RISØEN, U.; RØNNING, H. Dietary polyamines. **Food Chemistry**, v.78, p.273-280, 2002.
- EMBOURG, J., DALGAARD, P. Formation of histamine and biogenic amines in cold-smoked tuna – an investigation of psychrotolerant bacteria from samples implicated in cases of histamine fish poisoning. **J. Food Prot.** 69, 897–906, 2006.

- EMBORG J., DALGAARD P., AHRENS P. *Morganella psychrotolerans* nov., a histamine producing bacterium isolated from various seafoods. **International Journal Systematic and Evolutionary Microbiology**, 56, 2473–2479, 2006.
- ESLICK, G.D.; HOWE, P.R.C.; SMITH, C.; PRIEST, R.; BENSOUSSAN, A. Benefits of fish oil supplementation in hyperlipidemia: a systematic review and meta-analysis. **Int Journal Cardiology**, 136:4–16, 2009.
- EVANGELISTA, W. P. Prevalência de histamina em peixes escombrídeos e intoxicação histamínica no Brasil de 2007 a 2009. **Dissertação (mestrado)**: Faculdade de Farmácia da UFMG, Belo Horizonte, MG, 2010.
- FADHLOU-ZID, K.; CURIEL, J.; LANDETA, G.; FATTOUCH, S.; REVERÓN, I.; RIVAS, B.; SADOK, S.; MUÑOZ R. Biogenic amine production by bacteria isolated from ice-preserved sardine and mackerel. **Food Control**, 25, 89 e 95, 2012.
- FAGAN, J.D.; GORMLEY, T.R.; MHURCHEARTAIGH. Effect of freeze-chilling, in comparison with fresh, chilling and freezing, on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.** V. 36, 647–655, 2003.
- FAGAN, J.D., GORMLEY, T.R.; MHURCHEARTAIGH, M.M.U. Effect of modified atmosphere packaging with freeze-chilling on some quality parameters of raw white, mackerel and salmon portion. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 5, 205-214, 2004.
- FALCAO, J.P.; DIAS, A.M.G.; CORREA, E.F.; FALCAO, D.P. Microbiological quality of ice used to refrigerate foods. **Food Microbiology**, v. 19, n. 4, p. 269-276, 2002.
- FAO/WHO. Energy and protein requirements. **PAG Bulletin**, 5, 30–35, PAG, New York, 1975.
- FAO/WHO. Report of a joint expert consultation: fats and oils in human nutrition. **Food and Nutri.** Paper, Rome, v.57, n.1, 1994.
- FDA. Food and Drug Administration, USA, Decomposition and histamine-raw frozen tuna and mahi-mahi; canned tuna; and related species; availability of revised compliance policy guide. **Federal Registration**, 60(149), 39754–39756, 1995.
- FDA. **Fish and fisheries products hazards and controls guide**. Office of Seafood, Washington, DC: Food and Drug Administration. 1996.
- FDA. Food and Drug Administration. Scombrotoxin (histamine) formation. In Fish and fisheries products hazards and controls guidance (3rd ed., pp. 83–102). **Office of Seafood**, Washington, DC, 2001.
- FENNEMA, O. R. New York, Marcel Dekker, **Food chemistry**, 1984. 991p.
- FERNANDEZ-SALGUERO, J.; MACKIE, I. M. Technical note: Pre-liminary survey of the content of histamine and other higher amines in some samples of Spanish canned fish. **International Journal of Food Science and Technology**, 22, 409–412, 1987.
- FLACHS, P., HORAKOVA, O.; BRAUNER, P., ROSSMEISL, M., PECINA, P., FRANSSEN-VAN HAL, N., RUZICKOVA, J., SPONAROVA, J., DRAHOTA, Z., VLCEK, C., KEIJER, J., HOUSTEK, J. Polyunsaturated fatty acids of marine origin upregulate mitochondrial biogenesis and induce β -oxidation in white fat. **Diabetologia**, v. 48, 2365–2375, 2005.
- FLICK, G. J.; GRANATA, L. A. Biogenic Amines in Foods. In: DABROWSKI W. M., SIKORSKI, Z. E. (Eds.). **Toxins in Food. Chemical and Functional Properties of Food Components Series**. CRC Press. 121-154 p, 2005.
- FONT, A.; VIDAL-CAROU, M.C. Improved method for the determination of biogenic amines and polyamines in vegetable products by ion-pair high

- performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 1129, p. 67-72, 2006.
- FONTANIELLA, B.; VICENTE, C.; LEGAZ, M.E.; ARMAS, R.; RODRIGUEZ, C.W.; MARTINEZ, M.; PINON, D.; ACEVEDO, R.; SOLAS, M.T. Yellow leaf syndrome modifies the composition of sugarcane juices in polysaccharides, phenols and polyamines. **Plant Physiol. Biochem.**, v. 41, p. 1027-1036, 2003.
- FONTELES-FILHO, A. A. Síntese sobre a distribuição, abundância, potencial pesqueiro e biologia da Cavala *Scomberomorus cavalla* (Cuvier) e a Serra *Scomberomorus brasiliensis* (Collete, Russo e Zavala-Camin) da região Nordeste do Brasil. **Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva MMA**. REVIZEE. 10p, 2000.
- FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos**. São Paulo: editora Atheneu, 2003.
- FRANK, H. A., YOSHINAGA, D. H., NIP, W. K. Histamine formation and honeycombing during decomposition of skipjack (*Katsuwonus pelamis*) at elevated temperature. **Marine Fishery Review**, 43, 9–14, 1981.
- FISHBASE. Disponível em: <<http://www.fishbase.org>>. Acesso em: agosto de 2011.
- GIANNAKOUROU, M.C., KOUTSOUMAN, I.S, K.; NYCHAS, G.J.E., TAOUK, I.S. Field evaluation of the application of time temperature integrators for monitoring fish quality in the chill chain. **Int. J. Food Microbiol.** 102, 323e 336, 2005.
- GIANOTTI, V., CHIUMINATTO, U., MAZZUCCO, E., GOSETTI, F., BOTTARO, M.; FRASCAROLO, P. A new hydrophilic interaction liquid chromatography tandem mass spectrometry method for the simultaneous determination of seven biogenic amines in cheese. **Journal of Chromatography A**, 1185, 296 e 300, 2008.
- GILBERT, R.J., HOBBS, G., MURRAY, C.K., CRUICKSHANK, J.G., YOUNG, S.E.J. Scombrototoxic fish poisoning: features of the first 50 incidents to be reported in Britain (1976–1979). **British Medical Journal**, 281, 70–73, 1980.
- GLÓRIA, M.B.A.; VIEIRA, S.M. Technological and toxicological significance of bioactive amines in grapes and wines. **Food**, v.1, p. 258-270, 2007.
- 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 Products and Technology**, v. 8, n. 4, p. 55-69, 1999.
- GLÓRIA, M.B.A. Bioactive amines. In H. Hui; L.L. Nollet. **Handbook of Food Science, Technology and Engineering**. Ed. Marcel Dekker, v.4, p. 1-38, 2005.
- GONZAGA, I.B.; MARTENS, A.; COZZOLINO, S.M. Selênio. In: COZZOLINO, S.M. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 3 ed. Barueri: Manole, 2009.
- GOODMAN, L.S.; GILMAN, A. **As bases farmacológicas da terapêutica**. 10 ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 2003.
- GOSETTI, F., MAZZUCCO, E., GIANOTTI, V., POLATI, S.; GENNARO, M. C. High performance liquid chromatography/tandem mass spectrometry determination of biogenic amines in typical Piedmont cheeses. **Journal of Chromatography A**, 1149(2), 151–157, 2007.
- GRAM, L.; HUSS, H. H. Microbiological spoilage of fish and fish products. **International Journal of Food Microbiology**, 33, 1996, p. 121–137.
- GRIFFITHS, M.A. Inflammatory bowel disease. **Nutrition**, 14, 788–791, 1998.
- GUGLIUCCI, A. Polyamines as clinical laboratory tools. **Clinica Chimica Acta**, v. 344, n. 1-2, p. 23–35, 2004.

- GUIL-GUERRERO, J.L., VENEGAS-VENEGAS, E., RINCON-CERVERA, M.A.; SUAREZ, M.D. Fatty acid profiles of livers from selected marine fish species. **Journal of Food Composition and Analysis**, 24: 217-222, 2011.
- GUIZANI, N., M.A. AL-BUSAIDY, I.M. AL-BELUSHI, A. MOTHERSHAW; M.S. RAHMAN. The effect of storage temperature on histamine production and the freshness of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). **Food Research International**, 38: 215-222, 2005.
- HAAST, H. L.; SERGEEVA, O. A.; SEBACH, O. Histamine in the nervous system. **Physiological Reviews**, 88, 1183–1241, 2007.
- HAALAND, H., ARNESEN, E.; NJAA, L. R. Amino acid composition of whole mackerel (*Scomber scombrus*) stored anaerobically at 20°C and at 2°C. **International Journal of Food Science & Technology**, Volume 25, Issue 1, pages 82–87, 1990.
- 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.
- HALE, M.B. Proximate Chemical Composition and Fatty Acids of Three Small Coastal Pelagic Species. **Marine Fisheries Review**, Southeast Fisheries Center's Charleston Laboratory, n. 83, 1983.
- HANSON, K.M., SIMON, J.D. Epidermal trans-urocanic acid and the UV-A-induced photoaging of the skin. **Proceedings of the National Academy Science**, 95, 10576–10578, 1998.
- HASAN, F., MCCRODDEN, J.M., KENNEDY, N.P.; TIPTON, K.F. The involvement of intestinal monoamine oxidase in the transport and metabolism of tyramine. **J Neural Transm Suppl** 26:1–9, 1988.
- HILLARY, A.R.; PEGG, A.E. Decarboxylases involved in polyamines biosynthesis and their inactivation by nitric oxide. **Biochemical Biophysics Acta**, v. 1647, p. 161-166, 2003.
- HORNYAK, S.C., GEHLSSEN, K.R., HAAPARANTA, T. Histamine dihydrochloride protects against early alcohol-induced liver injury in a rat model. **Inflammation**, 27 (5), 317–327, 2003.
- HORWITZ, D., LOVENBERG, W., ENGELMAN, K., SJOERDSMA, A. Monoamine oxidase inhibitors, tyramine, and cheese. **Journal American Medical Association**. 188:1108–1110, 1964.
- HOWGATE, P. et al. A critical review of total volatile bases and trimethylamine as indices of freshness of fish. part 2. formation of the bases, and application in quality assurance. **Electronic Journal Environmental, Agricultural and Food Chemistry**, 9 (1), 2010, p. 58-88.
- HWANG, D. F., CHANG, S. H., SHIAU, C. Y., CHENG, C. C. Biogenic amines in the flesh of sailfin (Istiophorus platypterus) responsible to scombroid poisoning. **Journal of Food Science**, 60, 29–31, 1995.
- HWANG, D.F., CHANG, S.H., SHIAU, C.Y., CHAI, T. High-performance liquid chromatographic determination of biogenic amines in fish implicated in food poisoning. **J. Chromatogr. B**. 693, 23–30, 1997.
- HWANG, C.; LIN, C.; HUANG, C.; HUANG, Y.; KANG, F.; HWANG, D.; TSAI, Y. Chemical characterization, biogenic amines contents, and identification of fish species in cod and escolar steaks, and salted escolar roe products. **Food Control**, v. 25, pág. 415 e 420, 2011.
- HWANG, K.; REGENSTEIN, M. Characteristics of Mackerel Mince Lipid Hydrolysis. **Journal of Food Science**, vol. 58, n. 1, 1993.

- HUANG, S. M.; BISOGNO, T.; PETROS, T. J. Identification of a new class of molecules, the arachidonyl amino acids, and characterization of one member that inhibits pain. **Journal Biological Chemistry**, 276, 42639–42644, 2001.
- HSU, H. H., CHUANG, T. C., LIN, H. C., HUANG, Y. R., LIN, C. M., KUNG, H. F. Histamine content and histamine-forming bacteria in dried milk fish (Chanos chanos) products. **Food Chemistry**, 2009, 114, 933 e 938.
- HULTIN, H.O. Postmortem biochemistry of meat and fish. **Journal of Chemical Education**, Easton, v. 61, n. 4, p. 289-298, 1984.
- HUNGERFORD, J. M. **Scombroid poisoning: A review**. *Toxicon*, 56 (2), 231–243, 2010.
- HUNGERFORD, J.M., HOLLINGWORTH, T. A.; WEKELL, M. M. Automated kinetics-enhanced flow-injection method for histamine in regulatory laboratories: rapid screening and suitability requirements. **Analytica Chimica Acta**, 438 ,123 e129, 2001.
- HUSS, H. H., DALGAARD, P.; GRAM, L. Microbiology of fish and fish products. In J. B. Luten, T. Borresen, & J. Oehlenschläger (Eds.). *Proceedings of seafood from producer to consumer, integrated approach to quality. International seafood conference*, Vol. 38, p. 413–430. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science, B.V.L., 1997.
- HUSS, H.H. **Quality and quality changes in fresh fish**. FAO Fisheries Technical Papers, 348, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, p. 195, 1995.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Estatística da Aquicultura e Pesca no Brasil - Ano 2007**. Brasil: Grandes regiões e unidades da federação. Brasília: IBAMA/Ministério do Meio Ambiente, 151 p., 2007. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/Jonathan/mpa3/info-estatistica/docs/Estatistica-da-Aquicultura-e-Pesca-no-Brasil-2007.pdf>>. Acesso em: 20 dezembro 2012.
- IGARASHI, K.; KASHIWAGI, K. Polyamines: mysterious modulators of cellular functions. **Biochemical and biophysical research communications**, v. 271, n. 3, p. 559–564, 2000.
- INHAMUNS, A. J.; FRANCO, M.R.B. Composition of total, neutral, and phospholipids in Mapará (*Hipophthalmus* sp) from Brazilian Amazonian area. **Journal Agriculture food chemistry**, v. 49, 2001.
- INNIS, S.H. Perinatal Biochemistry and physiology of long-chain polyunsaturated fatty acids. **J. Pediatr.** v.143 n.4 p.1-8, 2003.
- ISAAC, V. J.; BARTHEM, R. B. Os recursos pesqueiros da Amazônia brasileira. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, série antropologia. 11(2): 295-339. 1995.
- ISAAC, V.; RUFFINO, M.; MELLO, P. Considerações sobre o método de amostragem para a coleta de dados sobre captura e esforço pesqueiro no Médio Amazonas. **IBAMA. Coleção Meio Ambiente. Série Estudos Pesca**, v. 22, 2000.
- IZQUIERDO-PULIDO, M. L.; VIDAL-CAROU, M. C.; MARINÉ-FONT, A. Determination of biogenic amines in beers and their raw materials by ion-pair liquid chromatography with post column derivatization. **The Journal of AOAC International**, 76 , 1027–1032, 1993.
- JAY, J.M. **Microbiologia de Alimentos**. 6ª ed. Artmed, 2005. 712 p
- JEDERMANN, R., RUIZ-GARCIA, L., LANG, W. Spatial temperature profiling by semi-passive RFID loggers for perishable food transportation. **Computers and Electronics in Agriculture**, 65 (2), 145e 154, 2009.

- JOHNSTON J P. Some observations upon a new inhibitor of monoamine oxidase in brain tissue. **Biochemistry Pharmacology** 17:1285 – 1297, 1968.
- KALAC, P.; ŠAVEL, J.; KŘÍŽEK, M.; PELIKÁNOVÁ, T.; PROKOPOVÁ, M. Biogenic amine formation in bottled beer. **Food Chemistry**, 2002, 79:431–434.
- 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.
- KANKI, M., YODA, T., ISHIBASHI, M., TSUKAMOTO, T. Photobacterium phosphoreum caused a histamine fish poisoning incident. **Internacional Journal Food Microbiology**, 92, 79–87, 2004.
- KARAKOLTSIDIS, P. A.; ZOTOS, A.; CONSTANTINIDES, S. M. Composition of commercially important mediterranean finfish, crustaceans and mollusks. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 8, n. 3, p. 258-273, 1995.
- KIRSCHBAUM, J., REBSCHER, K., BRÜCKNER, H. Liquid chromatographic determination of biogenic amines in fermented foods after derivatization with 3,5-dinitrobenzoyl chloride. **J. Chromatography**. A 881, 517–530, 2000.
- KIM, R. Flushing syndrome due to mahi-mahi (scombroid) poisoning. **Arch. Dermatol.** 115, 963–965, 1979.
- KIM, M. K.; MAH, J. H.; HWANG, H. J. Biogenic amine formation and bacterial contribution in fish, squid and shell fish. **Food Chemistry**, 116, p.87, 95. 2009.
- KIM, S.H.; AN, H.; WEI, C.I.; VISESSANGUAN, W.; BENGAKUL, S.; MORRISSEY, M.T.; SU, Y.C.; PITTA, T.P. Molecular detection of a histamine former, *Morganella morganii*, in albacore, mackerel, sardine, and a processing plant. **J Food Science**, 68: 453-57, 2003.
- KOŁAKOWSKA, A., OLLEY, J., DUNSTAN, G. Fish lipids. In: Z.E. Sikorski, A. Kołakowska (Eds.), **Chemical and functional properties of food lipids**, CRC Press, NW, pp. 221-264, 2003.
- KÖNIG, D; BERG, A.C; WEINSTOCK, C; KEUL, J; NORTHOFF. H. Essential Fatty Acids, Immune Function and Exercise. **Exerc Immunol Rev**, 3:1-31, 1997.
- KOTB, A. R.; HADEED, A. F. A.; AL-BAKER, A. A. Omega-3 polyunsaturated fatty acid content of some popular species of Arabian Gulf fish. **Food Chemistry**, v.40, n.2, p.185-190, 1991.
- KRIS-ETHERTON, P. M.; HARRIS, W. S.; APPEL, L. J. Fish consumption, fish oil, Omega-3 fatty acids and Cardiovascular disease. **Arteriosclerosis Thrombosis Vascular Biology**, 23, 20–31, 2003.
- KRISTINSSON, H. G.; RASCO, B. A. Fish Protein Hydrolysates: Production, Biochemical and Functional Properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 40, n. 1, p. 43-81, 2000.
- KRIZEK, M. Biogenic amines in fish. In G. Dandriofosse (Ed.), Biological aspects of biogenic amines, polyamines and conjugates (pp. 311e325). Kerala, India: **Transworld Research Network**, 2009.
- LAPA-GUIMARÃES, J. **Aminas biogênicas, aminas voláteis, triptofano livre e uréia como índices químicos de qualidade e frescor de pescado.** (Tese, Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Campinas: UNICAMP. 2005. 125 p.
- LARQUÉ, E.; SABATER-MOLINA, M.; ZAMORA, S. Biological significance of dietary polyamines. **Nutrition**, v. 23, p. 87-95, 2007.
- LATORRE-MORATALLA, M. L.; VECIANA-NOGUÉS, T.; BOVER-CID, S.; GARRIGA, M.; AYMERICH, T.; ZANARDI, E. Biogenic amines in traditional fermented sausages produced in selected European countries. **Food Chemistry**, 107, 912 e 921, 2008.

- LAURITZEN, L.; HANSEN, H. S.; JORGENSEN, M. H.; MICHAELSEN, K. F. The essentiality of long chain n3 fatty acids in relation to development and function of the brain and retina. **Progress in Lipid Research**, 40, 1–94, 2001.
- LAUZON, H.L; MARGEIRSSON, B.; SVEINSDÓTTIR, K.; GUDJÓNSDÓTTIR, M.; KARLSDÓTTIR, M.G.; MARTINSDÓTTIR, E. **Overview on fish quality research. Impact of fish handling, processing, storage and logistics on fish quality deterioration.** Matísskýrsla, 39-10, 70 p., 2010.
- LAVIZZARI, T.; VECIANA-NOGUÉS, M.T.; BOVER-CID, S.; MARINÉ-FONT, A.; VIDAL-CAROU, M.C. Improved method for the determination of biogenic amines and polyamines in vegetable products by ion-pair high performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 1129, p. 67-72, 2006.
- LEHANE, L., OLLEY, J. Review: Histamine fish poisoning revisited. **International Journal of Food Microbiology**, 58:1-37, 2000.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L; COX, M. M. **Princípios de bioquímica.** São Paulo: SARVER. 2000. 839p.
- 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, 1984.
- LEPAGE, G.; ROY, C. Improved recovery of fatty acid through direct transesterification without prior extraction or purification. **J. Lipid Research**, 25: 1391–1396, 1984.
- LICHTENSTEIN, A.H.; DECKELBAUM, R.J.. Stanol/Sterol ester-containing foods and blood cholesterol levels. **Circulation**. V.103, 2001.
- LIMA, A.S.; GLÓRIA, M.B.A. Aminas bioativas em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 33, p. 70-79, 1999.
- LIRA, G.M.; MANCINI FILHO, J.; TORRES, R.P.; OLIVEIRA, A.C.; VASCONCELOS, A.M.A.; OMENA, C.M.B.; ALMEIDA, M.C.S. Composição centesimal, valor calórico, teor de colesterol e perfil de ácidos graxos da carne de búfalo (*Bubalis bubalis*) da cidade de São Luiz do Quitunde-AL. **Rev Inst Adolfo Lutz**. 64(1): 31-8, 2005.
- LOUKOU, Z.; ZOTOU, A. Determination of biogenic amines as dansyl derivatives in alcoholic beverages by high-performance liquid chromatography with fluorimetric detection and characterization of the dansylated amines by liquid chromatography–atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, 996, 103–113, 2003.
- LONVAUD-FUNEL, A.; JOYEUX, A. Histamine production by wine lactic acid bacteria: isolation of a histamine-producing strain of *Leuconostoc*. **J Appl Microbiol** 77:401 – 407, 1994.
- LOZANOV, V.; PETROV, S.; MITEV, V. Simultaneous analysis of amino acid and biogenic polyamines by high-performance liquid chromatography after pre-column derivatization with *N*-(9 fluorenylmethoxycarbonyloxy)succinimide. **Journal of Chromatography A**, 1025 2 pp. 201–208, 2004.
- LUNN, J.; THEOBALD, H. E. The health effects of dietary unsaturated fatty acids. **Nutrition Bulletin**, 31, 178–224, 2006.
- MACIEL, E.; S. Perspectiva do consumidor perante produto proveniente da cadeia proveniente da tilápia do NILO RASTREADA. **Tese (doutorado)**. Piracicaba, 2011.
- MAH.; J.-H., HAN, H.-K.; OH, Y.-J., KIM, M.-G.; HWANG, H.-J. Biogenic amines in Jeotkals, Korean salted and fermented fish products. **Food Chemistry**, 79, 239–243, 2002.

- MAH, J.; HWANG, H. Effects of food additives on biogenic amine formation in Myeolchi-jeot , a salted and fermented anchovy (*Engraulis japonicus*). **Food Chemistry** 114, 168–173, 2009.
- MAI, N.T.T., MAR GEIRSSON, B., MARGEIRSSON, S., BOGASON, S.G., SIGURGÍSLADÓTTIR, S., ARASON, S. Temperature mapping of fresh fish supply chains e air and sea transport. **J. Food Process Eng.**, 34, 2011.
- MAIA, E.L., RODRIGUES-AMAYA, D.B., FRANCO, M.R.B. Fatty Acids of the Total, Neutral, and Phospholipids of the Brazilian Freshwater Fish *Prochilodus scrota*. **Journal of Food Composition and Analysis**, 7, 240-251, 1994.
- MAINTZ, L.; NAVAK, N. Histamine and histamine intolerance. **American Journal of Clinical Nutrition**, 85 , 1185–1196, 2007.
- MANIRAKIZA, P.; COVACI, A.; ANDRIES, S.; SCHEPENS, P. Automated Soxhlet extraction and single step clean-up for the determination of organochlorine pesticides in soil by GC-MS or GC-ECD. **Int J Environ Anal Chem** 81: 25-39, 2001.
- MATHEW, S.; AMMU; VISWANATHAN NAIR; DEVADASAN. Cholesterol content of Indian fish and shellfish. **Food Chemistry**, 66, 455±461, 1999.
- MCGRATH, David ; CARDOSO, A. ; ALMEIDA, O. T. ; PEZZUTI, J. C. B. Constructing a policy and institutional framework for an ecosystem-based approach to managing the Lower Amazon floodplain. **Environment, Development and Sustainability**, v. 10, p. 1-19, 2008.
- MÉNDEZ, E.; GONZÁLEZ, R.M.; INOCENTE, G. Lipid content and fatty acid composition of fillets of six fishes from the Rio de La Plata. **Journal of Food Composition and Analysis**, Orlando, v. 9, n. 2, p. 163-170, 1996.
- MENEZES, LIRA, OMENA, FREITAS, SANT'ANA. Valor nutritivo de peixes da costa marítima de Alagoas, Brasil. **Rev Inst Adolfo Lutz**, 68(1):21-8, 2009.
- MIDDLEBROOKS, B. L., TOOM, P. M., DOUGLAS, W. L., HARRISON, R. E., & MCDOWELL, S. Effects of storage time and temperature on the microflora and amine development in Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*). **Journal of Food Science**, v. 53, 1024–1029, 1988.
- 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.
- MILITANTE, J.D., LOMBARDINI, J.B. Treatment of hypertension with oral taurine: experimental and clinical studies. **Amino Acids**, 23, 381–393, 2002.
- MILLÁN, M.; CARMEN SAMPEDRO, N.; UNCETA, M., ARANZAZU G; BARRIO, R. J. Simple and rapid determination of biogenic amines in wine by liquid chromatography-electrospray ionization ion trap mass spectrometry. **Analytica Chimica Acta**, 584 , 145, 2007.
- MOINARD, C.; CYNOBER, L.; BANDT, J.P. Polyamines: metabolism and implications in human diseases. **Clinical Nutrition**, v. 24, p.184-197, 2005.
- MOLENAAR, D.; BOSSCHER, J. S.; BRINK, B. T.; DRIESSEN, A. J. M.; KONINGS, W. N. Generation of a proton motive force by histidine decarboxylation and electrogenic histidine/histamine antiport in *Lactobacillus buchneri* . **Journal of Bacteriology**, 175(10), 2864–2870, 1993.
- MOREIRA, A. B.; VISENTAINER, J. H. V.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian brycon freshwater fishes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 14, n. 6, p. 565-74, 2001.
- MOREIRA, N. X.; CURI, R.; MANCINI, J. Ácidos graxos: uma revisão. **Revista nutrire**, v. 24, 2002.

- MORENO, R. B.; TORRES, E. A. **Histamine levels in fresh fish, a quality index.** Presented at the 2001 Institute of Food Technologists (IFT) meeting, New Orleans, LA, 2001.
- MORET, S.; CONTE, L.S. High performance liquid chromatographic evaluation of biogenic amines in foods: an analysis of different methods of sample preparation in relation to food characteristics. **Journal of Chromatography A**, v. 729, p. 363-369, 1996.
- MOUREH, J., FLICK, D. Airflow pattern and temperature distribution in a typical refrigerated truck configuration loaded with pallets. **International Journal of Refrigeration**, 27 (5), 464 e 474, 2004.
- MUKUNDAN, M. K. ANTONY, P.D. NAIR, N. R. A review on autolysis in fish. **Fisheries research**, Amsterdam, v. 4, 1986.
- NAGASAWA, T.; YONEKURA, T., NISHIZAWA, N., KITTS, D. In vitro and in vivo inhibition of muscle lipid and protein oxidation by carnosine. **Molecular and Cellular Biochemistry**, 225, 29–34, 2001.
- NAKAMURA MT, NARA TY. Structure, function and dietary regulation of delta-6, delta-5 and delta-9 desaturases. **Annual Review of Nutrition**, 24(4):345-76, 2004.
- NAZEMROAYA, S.; SAHARI, M.; REZAEI, M. Effect of frozen storage on fatty acid composition and changes in lipid content of *Scomberomorus commersoni* and *Carcharhinus dussumieri*. **Journal of Applied Ichthyology**, 25, 91–95, 2009.
- NJOKU, O. U., ONONOGBU, I. C., IBE, C. U., NWANGUMA, B. C.; IWUEKE, A. Lipid Compsotion of two marine fishes (Scomber scombrus and Trachurus trachurus. **Animal Research International** 1(3): 173-175, 2004.
- NOVELLA-RODRIGUÉZ, S., VECIANA-NOGUÉS, M. T.; VIDAL-CAROU, M. C. Biogenic amines and polyamines in milks and cheeses by ion-pair high performance liquid chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 48, 5117–5123, 2000.
- NURNADIA, A.A., AZRINA, A.; AMIN, I. Proximate composition and energetic value of selected marine fish and shellfish from the West coast of Peninsular. **International Food Research Journal**, 18: 137-148, 2011.
- OEHLenschLAGER, J. Volatile amines as freshness/spoilage indicators: a literature review. In J. B. Luten, T. Borresen, & J. Oehlenschlager (Eds.). **Seafood from producer to consumer, integrated approach to quality**, vol. 38, pp. 571–586, 25th WEFTA. International seafood conference, Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science B.V, 1997.
- OEHLenschLÄGER, J., REHBEIN, H. Basic facts and figures. In: Rehbein, H., Oehlenschläger, J. (Eds.), **Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity**. Blackwell, United Kingdom, pp. 1–18, 2009.
- OGATA, H., MURAI, T. White muscle of masu salmon, *Oncorhynchus masou masou*, smolts possesses a strong buffering capacity due to a high level of anserine. **Fish Physiology Biochemistry**, 13, 285–293, 1994.
- OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Varela, v.1, 430p., 1999.
- ÖNAL, A. A review: current analytical methods for the determination of biogenicamines in foods. **Food Chemistry**, v. 103, p. 1475-1486, 2007.
- OSMAN, H.; SURIAH, A.R.; LAW, E.C. Fatty acid composition and cholesterol content of selected marine fish in Malaysian waters. **Food Chemistry**, v. 73, 55-60, 2001.

- ÖZOGUL, F.; ÖZOGUL, Y. Biogenic amine content and biogenic amine quality indices of sardines (*Sardina pilchardus*) stored in modified atmosphere packaging and vacuum packaging. **Food Chemistry**, 99(3), 574–578, 2006.
- OZOGUL, Y., OZOGUL, F., KULEY, E., OZKUTUK, A. S., GOKBULUT, C. KOSE, S. Biochemical, sensory and microbiological attributes of wild turbot (*Scophthalmus maximus*), from the Black Sea, during chilled storage. **Food Chemistry**, p. 99, 752–758, 2006.
- ÖZOGUL, F., ÖZOGUL, Y.; KULEY, E. Nucleotide degradation and biogenic amine formation of wild white grouper (*Epinephelus aeneus*) stored in ice and at chill temperature (4 °C). **Food Chemistry**, 108, 933 e 941, 2008.
- ÖZYURT, G.; KULEY, E.; ÖZKÜTÜK, S.; ÖZOGUL, F. Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet (*Mullus barbatus*) and goldband goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. **Food Chemistry**, 114, 505–510, 2009.
- PAIK, J.H.-Y.; BJELDANES, L.F. Effects of cadaverine on histamine transport and metabolism in isolated gut sections of the guinea-pig. **Food Cosmet. Toxicol.** 17, 629–632, 1979.
- PARROT, J., NICOT, G. Pharmacology of histamine. In: Eichler, O., Farah, S (Eds.). **Handbook of Experimental Pharmacology**. Springer-Verlag, New York, pp. 148–161, 1966.
- PAZ, A.; FRÉDOU, F.; FRÉDOU, T. Caracterização da atividade pesqueira em Vila do Conde (Barcarena, Pará), no estuário amazônico. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências humanas**, vol.6 n.2, Belém, May/Aug, 2011.
- PEGG, A. E. Polyamine metabolism and its importance in neoplastic growth and as a target for chemotherapy. **Cancer research**, v. 48, n. 4, p. 759–774, 1988.
- PEREIRA, A.G.F. **Avaliação de condições de consumo da sardinha fresca, descongelada e processada através de substâncias que reagem com o ácido tiobarbitúrico e do nitrogênio de bases voláteis totais**. Dissertação (mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- PEREIRA, C. I.; MATOS, D.; ROMÃO, M. V. S.; CRESPO, M. T. B. Dual role for the tyrosine decarboxylation pathway in *Enterococcus faecium* E17: Response to an acid challenge and generation of a proton motive force. **Applied Environmental Microbiology**, 75(2), 345–352, 2009.
- PEREZ-MARTIN, R.; FRANCO, J.; AUBOURG, S.; GALLARDO, J. Changes in free amino acids content in albacore (*Thunnus alalunga*) muscle during thermal processing. **Z. Lebensm. Unters. Forsch.** 187, 432–435, 1988.
- PIGOTT, G.M.; TUCKER, B.W. **Seafood: effects of technology on nutrition**. New York: Marcel Dekker, cap. 7, 1990.
- PINHEIRO, L.A.; FRÉDOU, F.L. Caracterização geral da pesca industrial desembarcada no estado do Pará. **Revista Científica da UFPA**, Vol 4, abril 2004. Disponível em: <http://www.ufpa.br/revistaic>.
- POMPEIA, C.; FREITAS, J.; KIM, J.; ZYNGIER, S.; CURI, R. Arachidonic acid cytotoxicity in leukocytes: implications of oxidative stress and eicosanoides synthesis, **Biology of the cell**, 94, 251-265, 2002.
- PRATO, BIANCOLINO. Total lipid content and fatty acid composition of commercially important fish species from the Mediterranean, Mar Grande Sea. **Food Chemistry** 131, 1233–1239, 2012.
- PROESTOS, C., LOUKATOS, P., & KOMAITIS, M. Determination of biogenic amines in wines by HPLC with precolumn dansylation and fluorimetric detection. **Food Chemistry**, 106(3), 1218–1224, 2008.

- RAMALHOSA, M.J.; PAÍGA, P.; MORAIS, S.; ALVES M.R.; DELERUE-MATOS, C.; OLIVEIRA, M.B. Lipid content of frozen fish: Comparison of different extraction methods and variability during freezing storage. **Food Chemistry**, v.131, 328–336, 2012.
- RAMOS FILHO, M.M, RAMOS, M.L, HIANE,. PA, SOUZA, E.T. Perfil lipídico de quatro espécies de peixes da região pantaneira de Mato Grosso do Sul. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, (28/2): 361-5, 2008.
- RIBEIRO, E.P, SERAVALLI E.A.G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher: Instituto Mauá de Tecnologia, 2004.
- RICHARDS, M. P., KELLEHER, S. D., HULTIN, H. O. Effect of washing with or without antioxidants on quality retention of mackerel fillets during refrigerated and frozen storage. **Journal Agricultural Food Chemistry**. 46: 4363-4371, 1998.
- RODRIGUES, A.M.C.; DARNET, S.; SILVA, L.H.M. Fatty Acid Profiles and Tocopherol Contents of Buriti (*Mauritia flexuosa*), Patawa (*Oenocarpus bataua*), Tucuma (*Astrocaryum vulgare*), Mari (*Poraqueiba paraensis*) and Inaja (*Maximiliana maripa*) Fruits. **Journal Brazilian Chem. Society**. v.21, No. 10, 2000-2004, 2010
- RODRIGUEZ, C.W.; ARMAS, R.; VICENTE, C.; LEGAZ, M.E. Changes in free and conjugated polyamines during starvation of sugarcane juices as analyzed by high-performance liquid chromatography. **J. Chromatogr. A**, v.881, p. 531-541, 2000.
- RODRIGUEZ-JEREZ, J.J.; MORA-VENTURA, M.T.; CIVERA, T. Istamina e podotti ittici: un problema attuale-parte I: fattori implicati. **Industrie Alimentari**, Torino, v. 33, p. 299-307, 1994.
- 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 Food Science**, 66:1030–1032, 2001.
- RUIZ-CAPILLAS, C.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Biogenic amines in seafood products. In Leo M. L. Nollet & Fidel Toldrá (Eds.). **Handbook of seafood and seafood products analysis** (pp. 833–846). Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor; Francis, 2009.
- RUFFINO, M.L. Desenvolvimento pesqueiro no Baixo Amazonas. In: Padoch, C.; Ayres, J.M.; Henderson, A.; Pinedo-Vasquez, M. (eds.). The diversity, development and conservation of the Amazon Floodplain, 1996.
- RUSSELL, F.E., MARETIC, Z. Scombroid poisoning: mini review with case histories. **Toxicon**, 24, 967–973, 1986.
- SAEED, S.; HOWELL, N. Effect of lipid oxidation and frozen storage on muscle proteins of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). **Journal of the science of food and agriculture**, v. 87, on line:2002.
- SANTANA-DELGADO, H., E. AVILA AND A. SOTELO. Preparation of fish silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. **Animal Feed Science Technology**, 141:129-140, 2008.
- SANCHES-CASCADO, S. P. Estudio de alternativas para la evaluación de la frescura y la calidad del boquerón (*Engraulis encrasicolus*) y sus derivados. **Tese (Doutorado)**: Universitat de Barcelona – UB, España, 2005.
- SANTOS, M. H. S. Biogenic amines: their importance in foods. **Food Microbiology**, 29:213-231, 1996.
- SANTOS, M.A.S. A cadeia produtiva da pesca artesanal no Estado do Pará: Estudo de caso no nordeste paraense. **Amazônia: Ci. & Desenvolvimento**, Belém, v.1, n.1, jul./dez. 2005.

- SANTOS, M.A.S.; FILHO, M.C.; NEVES, P.R.; AGUIAR, C.G. Análise socioeconômica da pesca artesanal no Nordeste Paraense. **XLIII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, Ribeirão Preto, 2005.
- SANYO TECHNO MARINE. **Draft final report for the fishery resources study of the Amazon and Tocantins river mouth areas in the Federative Republic of Brazil**. Belém. 334 p, 1998.
- SARGENT, J. R., TOCHER, D. R., BELL, J. G. The lipids. In E. Halver; R. W. Hard(Eds.), **Fish nutrition** (pp. 181–257). London, UK: Academic Press, 2002.
- SASSAKI, L.A., RIBEIRO, P. Intoxicação histamínica por pescado. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 5, n. 18, p. 20-23, 1991.
- SEAP (Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca). Disponível em: <http://www.presidencia.gov.br/seap> Acesso em: 15 de agosto de 2008.
- SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O ESTUDO DE ELASMOBRÂNQUIOS – SBEEL. Plano nacional de ação para a conservação e o manejo dos estoques de peixes elasmobrânquios no Brasil. Recife, 2005.
- SEBEDIO, J.L.; RATNAYAKE, W.M.N.; ACKMAN R.G., Prevost J. Stability of polyunsaturated n-3 fatty acids during deep fat frying of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus* L.). **Food Research**. Int. 26, 163-172, 1993.
- SHAKILA, R.J.; VASUNDHARA, T.S.; KUMUDAVALLY, K.V. A comparison of the TLC-densitometry and HPLC method for the determination of biogenic amines in fish and fishery products. **Food Chemistry**, v. 75, p. 255-259, 2001.
- SHALABY, A. R. Significance of biogenic amines to food safety and human health. **Food Research Internacional**, v. 29, n. 7, 675– 690, 1996.
- SHALABY, A.R. Multidetecção, semiquantitativa method for determining biogenic amines in foods. **Food Chemistry**, v. 52, p. 367-372, 1995.
- SHARAF, O.M.; ABDALLA, E.A.M.; EL-SHAFAEI, K. Clostridia, enterobacteriaceae, Enterococci and its relation to biogenic amines content in Egyptian marketed Ras cheese. **Egyptian Journal of Microbiology**, v.32, p.129-140, 1997.
- SHIBATANI, T.; NISHIMURA, N.; NABE, K.; KAKIMOTO, T.; CHIBATA, I. Enzymatic production of urocanic acid by *Achromobacter liquidum*. **Appl. Microbiol.** 27, 688–694, 1974.
- SIGFUSSON, H.; DECKER, E.; MCCLEMENTS, D. Ultrasonic characterization of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). **Food Research International** 34, 2001.
- SIKORSK, Z. E. **Seafoods: Resources, nutritional composition and preservation**. Florida: CRC press, 1990.
- SILLA-SANTOS, M.H. Biogenic amines: their importance in foods. **International Journal of Food Microbiology**, v. 29, p. 213-231, 1996.
- SILVA, T.M; PRISCILA S., WARLLEY, E.; GLORIA, M.B.A. Occurrence of histamine in Brazilian fresh and canned tuna. **Food Control**, v. 22, 323 e 327, 2011.
- SILVA, T.M. Otimização e validação de método para determinação de histamina em pescado. **Dissertação (mestrado)**. UFMG, 2008.
- SILVA, L. M. A., SILVA, U. R. L. A atividade pesqueira na região Atlântica da costa do Amapá município de Amapá In: Rede Cooperativa de Monitoramento Ambiental de Áreas sob Influência da Indústria Petrolífera, Natal-RN. CT-PETRO. 2006.
- SILVA, C.M.G.; GLÓRIA, M.B.A. Bioactive amines in chicken breast and thigh after slaughter and during storage at 4 ± 1 °C and in chicken-based meat products. **Food Chemistry**, v. 78, p. 214-248, 2002.
- SIMONS, F.E.R. Advances in H1-Antihistamines. **N. Engl. J. Med.** 351 (21), 2203–2217, 2004.

- SIMON-SARKADI, L. Methods for detection and quantification of biogenic amines. In: **Biogenic amines in foods and beverages symposium**. Oregon State University, Corvallis Oregon, EUA, 1994.
- SIMOPOULOS, A.P. Essential fatty acids in health and chronic disease. **Food Reviews International**, 13: 623–631, 1997.
- SIROT, V.; OSEREDCZUK, M.; BEMRAH-AOUACHRIA, N.; VOLATIER, J.; CHARLES LEBLAN, J. Lipid and fatty acid composition of fish and seafood consumed in France: CALIPSO study. **Journal of Food Composition and Analysis**, 21, p.8 – 16, 2008.
- SMRIGA, M.; MIZUKOSHI, T.; IWAHATA, D.; ETO, S.; MIYANO, H.; KIMURA, T.; CURTIS, R. Amino acids and minerals in ancient remnant s of fish sauce (garum) sampled in the “Garum Shop ” of Pompeii, Italy. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, 442–446, 23, 2010.
- SMITH, T.A. Amines in food. **Food Chemistry**, v. 6, p. 169-200, 1980-81.
- SMITH, T.A. Putrescine and inorganic ions. **Annals of Reviews and Plant Physiology**, v. 18, p. 6-54, 1984.
- SMITH, J., HARDY, R., THOMSON, A., YOUNG, K., PARSONS, E. Some observations on the ambient and chill storage of blue whiting (*Micromesistius poutassou*). In Journal Connell, **Advances in Fish Science and Technology** (pp. 299±303). Farnham, Surrey, England: Fishing News Books, 1980.
- 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.
- SOMCHIT, M. N., SOLIHAN, M. H., ISRAF, D. A., AHMAD, Z., ARIFAH, A.K., & MAT JAIS, A. M. Anti-inflammatory activity of *Channa striatus*, *Channa micropeltes* and *Channa lucius* extracts: chronic inflammatory modulation. **Journal of Oriental Pharmacy and Experimental Medicine**, 4 (2), 91–94, 2004.
- SORIGUER, F.; SERNA, S.; VALVERDE E.; HERNANDO J.; MARTINREYES, A.; SORIGUER, M.; PAREJA, A.; TINAHONES, F.; ESTEVA, I. Lipid, protein, and calorie content of different Atlantic and Mediterranean fish, shellfish, and molluscs commonly eaten in the south of Spain. **European Journal of Epidemiology**, 13, 451-463, 1997.
- SPECHT, D. Scombroid fish poisoning. **Journal of Emergency Nursing**, 24, 118–119, 1998.
- SPITZ, J., MOUROCQ, E., SHOEN, V., RIDOUX, V. Proximate composition and energy content of forage species from the Bay of Biscay: high or low quality food? ICES. **Journal of Marine Science and Technology**, 67, 2010.
- STAMATIS, N., ARKOUELOS, J. Quality assessment of *Scomber colias japonicus* under modified atmosphere and vacuum packaging. **Food Control**, 18: 4, 292-300, 2007.
- STEINHOFF, M., GRIFFITHS, C., CHURCH, M., LUGAR, T.A. Histamine. In: BURNS, T., BREATHNACH, S., COX, N., GRIFFITHS, C. (Eds.). **Rook's Textbook of Dermatology**. Blackwell Science, Oxford, pp. 50–52, 2004.
- STENSON, W.F., CORT, D., RODGERS, J.; BURAKOFFI, R.; DESCHRYVER, K.; GRAMLICH, T.; BEEKEN, W. Dietary supplementation with fish oil in ulcerative colitis. **Annals of Internal Medicine**, 1992.
- STODOLNIK, L., A. STAWICKA., G. SZCZEPANIK AND S.P. AUBOURG, “Rancidity inhibition study in frozen whole mackerel (*Scomber scombrus*) following flaxseed (*Linum usitatissimum*) extract treatment,” **J. Grasas y Aceites.**, 56, 198-204 2005.

- STOŁYHWO A., KOŁODZIEJSKA I.; SIKORSKI Z.E. Long chain polyunsaturated fatty acids in smoked Atlantic mackerel and Baltic sprats. **Food Chemistry**, 94, 589-595, 2006.
- STRATTON, J.E.; HUTKINS, R.W.; TAYLOR, S.L. Biogenic amines in cheese and other fermented foods: a review. **Journal of Food Protection**, v. 54, p. 460-470, 1991.
- SUTHARSHINY, S.; K. SIVASHANTHINI. Total lipid and cholesterol content in the flesh of the five important commercial fishes from waters around Jaffna Peninsula, Sri Lanka. **International Journal Biological Chemistry**, 6: 161-169, 2011.
- SUZUKI, T., HIRANO, T., SUYAMA, M. Free imidazole compounds in white and dark muscles of migratory marine fish. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B**. 87, 615–619, 1987.
- SZLINDER-RICHERT, J.; USYDUS, Z.; MALESA-CIECWIERZ, M.; POLAK-JUSZCZAK, L; RUCZYNSKA, W. Marine and farmed fish on the Polish market: Comparison of the nutritive value and human exposure to PCDD/Fs and other contaminants. **Chemosphere**, 85 1725–1733, 2011.
- TANG, T., SHI, T., QIAN, K., LI, P., LI, J.; CAO, Y. Determination of biogenic amines in beer with pre-column derivatization by high performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography B**, 87 , 507–512, 2009.
- TANG, T.; QIAN, K.; SHI, T.; WANG, F.; LI, J.; CAO, Y.; HU, Q. Monitoring the contents of biogenic amines in sufu by HPLC with SPE and pre-column derivatization. **Food Control**, 22, p. 1203 e1208, 2011.
- TARR, H. L. A. Chemical inhibition of growth of fish spoilage bacteria. **J. Fisheries Research**, Board Can., 6, 257-266, 1944.
- TAYLOR, S.L. Histamine poisoning associated with fish, cheese, and other foods. Geneva, **World Health Organization**, p. 1-45, 1985.
- TAYLOR, S.L. Histamine food poisoning: toxicology and clinical aspects. **Critical Reviews in Toxicology**, v. 17, p. 91-128, 1986.
- TAYLOR, S.L., SUMNER, S.S. Determination of histamine, putrescine, and cadaverine. In: Kramer, D.E., Liston, J. (Eds.), **Seafood Quality Determination**. Elsevier, Amsterdam, pp. 235–245, 1986.
- TAYLOR, S.L.; STRATTON, J.E.; NORDLEE, J.A. Histamine poisoning (scombroid fish poisoning): an allergy-like intoxication. **Clinical Toxicology** 27, 225–240, 1989.
- TAYLOR, S.L. III-Histamine intoxication. In: CLIVER, D.O. (Ed.). **Foodborne Diseases**, San Diego: Academic Press, Cap. 9, p. 164-168, 1990.
- TAYLOR, E., SANDBERG, S., THORLEY, G. **The Epidemiology of Childhood Hyperactivity**. Maudsley Monograph No. 33. Oxford: Oxford University Press, 1991.
- TEITELBAUM, J.E.; WALKER, W.A. Review: the role of omega 3 fatty acids in intestinal inflammation. **J. Nutr. Biochem.**, v.12, p.21-32, 2001.
- TEJADA, M.; HUIDOBRO, A. Quality of farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*) during ice storage related to the slaughter method and gutting. **European Food Research Technology**, p. 215, 1–7, 2002.
- TERRY P, LICHTENSTEIN P, FEYCHTING M, AHLBOM A, WOLK A. Fatty fish consumption and risk of prostate cancer. **Lancet**, 357, (9270): 1764-66, 2001.
- THOMAS, T.; THOMAS, T. J. Polyamines in cell growth and cell death: molecular mechanisms and therapeutic applications. **Cellular and molecular life sciences**, v. 58, n. 2, p. 244–258, 2001.

- TOSUKHOWONG, A.; VISESSANGUAN, W.; PUMPUANG, L.; TEPKASIKUL, P.; PANYA, A.; VALYASEVI, R. Biogenic amine formation in Nham, a Thai fermented sausage, and the reduction by commercial starter culture, *Lactobacillus plantarum* BCC 9546. **Food Chemistry** 129, p. 846–853, 2011.
- TRIKI, M.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; HERRERO, A.; RUIZ-CAPILLAS, C. Optimisation of a chromatographic procedure for determining biogenic amine concentrations in meat and meat products employing a cation-exchange column with a post-column system. **Food Chemistry**, 130, 1066–1073, 2011.
- TSAI, Y. H., KUNG, H. F., LEE, T. M., CHEN, H. C., CHOU, S. S., WEI, C. I. Determination of histamine in canned mackerel implicated in a food born poisoning. **Food Control**, 16, 579–585, 2005.
- TSAI, Y.-H.; LIN, C.-Y.; CHANG, S.-C.; CHEN, H.-C., KUNG, H.-F., WEI, C.-I. Occurrence of histamine and histamine-forming bacteria in salted mackerel in Taiwan. **Food Microbiology**, 22, 461–467, 2005.
- TURAN, H.; SÖNMEZ, G.; KAYA, Y. Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray (*Raja clavata*, L. 1758) from the Sinop coast in the Black Sea. **Journal of Fish Science**, v.1, n.2, p.97-103, 2007.
- TVRZICKÁ, E., STANKOVÁ, B.; VECKA, M.; ZÁK, A. Fatty acids 1. Occurrence and biological significance (In Czech). **Cas. Lék Ces.** 148, 16–24, 2009.
- ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, London, v. 338, n. 8773, p. 985-992, 1991.
- UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. Agreement Transport Perishables, Agreement on the International Carriage of Perishable Foodstuffs and on the Special Equipment to Be Used for Such Carriage, 2010. Disponível em: <http://www.unece.org/trans/main/wp11/atp.html>. Acesso: 02.09.2011.
- URDIALES, J. L.; MEDINA, M. A.; SANCHEZ-JIMENEZ, F. Polyamine metabolism revisited. **European journal of gastroenterology and hepatology**, v. 13, n. 9, p. 1015–1019, 2001.
- USYDUS, Z., SZLINDER-RICHERT, J., ADAMCZYK, M.; SZATKOWSKA, U. Marine and farmed fish in the Polish market: Comparison of the nutritional value. **Food Chemistry**, 126, 78–84, 2011.
- 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.
- VANDERKERCKHOVE, P. Amines in dry fermented sausage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 42, p. 83-285, 1977.
- VISCIANO, P., CAMPANA, G., ANNUNZI-ATA, L., VERGARA, A., IANIERI, A. Effect of storage temperature on histamine formation in *Sardina pilchardus* and *Eng raulis* e *nc rasico-lus* after catch. **Journal of Food Biochemistry**, 31, 577–588, 2007.
- VIEIRA, R.H.S.F. **Microbiologia, higiene e qualidade do pescado: teoria e prática**. São Paulo: Varela, 2004.
- VILA NOVA, C. M. V. M.; GODOY, H. T.; ALDRIGUE, M. L. Composição química, teor de colesterol e caracterização dos lipídios totais de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e pargo (*Lutjanus purpureus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 430-436, 2005.
- XU, T.; CHO, I.; WANG, D.; RUBIO, F. et al. Suitability of a magnetic particle immunoassay for the analysis of PBDEs in Hawaiian euryhaline fish and crabs in

- comparison with gas chromatography/electron capture detection-ion trap mass spectrometry. **Environmental Pollution** 157, 417–422, 2009.
- WANG, J.T., LIU, Y.J., TIAN, L.X., MAI, K.S., DU, Z.Y., WANG, Y., YANG, H.J. Effect of dietary lipid level on growth performance, lipid deposition, hepatic lipogenesis in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture** 249, 439–447, 2005.
- WENDAKOON, C.N.; SAKAGUCHI, M. Effects of spices on growth and biogenic amine formation by bacteria in fish muscle. In: H.H. Huss et al. (Eds.1). **Quality Assurance in the Fish Industry**, Elsevier Science Publisher B.V., Amsterdam, pp. 306-313, 1992.
- WEAVER, K.L.; IVESTER, P.; CHILTON, J.A.; WILSON, M.D.; PANDEY, P.; CHILTON, F. H. The content of favorable and unfavorable polyunsaturated fatty acids found in commonly eaten fish. **Journal of the American Dietetic Association**, 108: 1178-1185, 2008.
- WEISS, L. A., BARRETT-CONNOR, E.; VON MU HLEN, D. Ratio of n-6 to n-3 fatty acids and bone mineral density in older adults: The Rancho Bernardo Study. **Am. J. Clin. Nutr.** 81, 934–938, 2005.
- WILLE, J.J., KYDONIEUS, A.F., MURPHY, G.F. Cis-Urocanic acid induces mast cell degranulation and release of preformed TNF-alpha: a possible mechanism linking UVB and cis-urocanic acid to immuno-suppression of contact hypersensitivity. **Skin Pharmacol and Appl. Skin Physiol.** 12 (1–2), 18–27, 1999.
- WITTE, M. B.; THORNTON, F. J.; TANTRY, U.; BARBUL, A. L-Arginine supplementation enhances diabetic wound healing: involvement of the nitric oxide synthase and arginase pathways. **Metabolism**, 51(10), 1269–1273, 2002.
- WODTKE, E. Temperature adaptation of biological membranes. The effects of acclimation temperature on the unsaturation of the main neutral and charged phospholipids in mitochondrial membranes of the carp (*Ciprinus carpio* L.). **Biochimica et Biophysica Acta** 640, 698–709, 1981.
- YEANNES, M.; ALMANDOS, M. Estimation of fish proximate composition starting from water content. **Journal of Food Composition and Analysis** 16, 81–92, 2003.
- YEHUDA, S., RABINOVITZ, S., MOSTOFISKY, D.I. Mixture of essential fatty acids lowers test anxiety. **Nutritional Neuroscience**, 8, 265–265, 2005.
- YOSHIDA, Y. Umami taste and traditional seasonings. **Food Reviews International** 14, 213–246, 1998.
- YOUDIM, K. A.; MARTIN, A.; JOSEPH, J. A. Incorporation of elderberry anthocyanins by endothelial cells increases protection against oxidative stress. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 29, p. 51-60, 2000.
- ZARE, D., MUHAMMAD, K., BEJO, M.H., GHAZALI, H.M., Changes in urocanic acid, histamine, putrescine and cadaverine levels in Indian mackerel (*Rastrelliger kanagartha*) during storage at different temperatures, **Food Chemistry**, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.12.040>
- ZAKARIA, M.S.; SOMCHIT, N.; RAJION, M.A.; ZAKARIA, Z.A.; MAT JAIS, A.M. Fatty acid and amino acid composition of three local Malaysian *Channa* spp. fish. **Food Chemistry**, 97, p. 674–678, 2006.
- ZAKARIA, Z. A., SOMCHIT, M. N., SULAIMAN, M. R., & MAT JAIS, A. M. Preliminary investigation on the antinociceptive activity of haruan (*Channa striatus*) fillet extract with various solvent system. **Pakistan Journal of Biological Science**, 7(10), p. 1706–1710, 2004.
- ZEE, J. A.; SIMARD, R. E.; HEUREUX, L. Biogenic amines in wines. **American Journal of Enology and Viticulture**, 34, 6-9, 1983.

- ZHAI, H.; YANGA, X.; LI, L.; XIAA, G.; CENA, J.; HUANGA, H.; HAO, S. Biogenic amines in commercial fish and fish products sold in southern China. **Food Control**, 25, 303e308, 2012.
- ZHANG, Y.; BARANOV, P. V.; ATKINS, J. F.; GLADYSHEV, V. N. Pyrrolysine and selenocysteine use dissimilar decoding strategies. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 21, 280, 2005.
- ZHOU, J.; HAN, D. Proximate, amino acid and mineral composition of pupae of the silkworm *Antheraea pernyi* in China. **Journal of Food Composition and Analysis**, 19, 850 – 853, 2006.
- ZOLOU, A., LOKOU, Z., SOUFLERO, E.; STRATIS, I. Determination of biogenic amines in wines and beers by high performance liquid chromatography with pre-column dansylation and ultraviolet detection. **Chromatographia**, 57, 429 e 439, 2003.
- ZURAINI, A.; SOMCHIT, M.N.; SOLIHAN, M.H.; GOH, Y.M.; ARIFAH, A.K.; SE-JONG JU.; KUCKLICK, KOZLOVA, HARVEY. Lipid Accumulation and Fatty Acid Composition During Maturation of Three Pelagic Fish Species in Lake Baikal
Original Research Article
Journal of Great Lakes Research, Volume 23, Issue 3, 1997, p. 241-253.

