**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Método de Índice de Qualidade (QIM) otimizado para aferição da vida
útil da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**

Eddie Enrique Sanjuanelo Garcia

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência e
Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba
2015**

Eddie Enrique Sanjuanelo Garcia
Engenheiro da Pesca

**Método de Índice de Qualidade (QIM) otimizado para aferição da vida útil da tilápia do
Nilo (*Oreochromis niloticus*)**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Profª. Dra. **MARÍLIA OETTERER**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Ciência e Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba
2015**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Sanjuanelo Garcia, Eddie Enrique

Método de índice de Qualidade (QIM) otimizado para aferição da vida útil da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) / Eddie Enrique Sanjuanelo Garcia. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.
109 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Sensorial 2. Frescor 3. Físico-químicas 4. Gelo I. Título

CDD 639.31
S227m

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Nelly e Gregorio, minhas tias Eloisa e Isabel e minha irmã Eylliana pela educação e todo o apoio dado a mim, nesses anos, para que eu me tornasse um grande profissional;

À Lena Siemers pelo carinho e suporte em todos os momentos;

À excelentíssima professora. Marília Oetterer, pela orientação, paciência, incentivo, por acreditar em mim e me dar a oportunidade de estudar na melhor universidade do Brasil;

À Juliana Galvão pela amizade compartilhada, apoio científico e boa disposição para me ajudar nas atividades de pesquisa;

À Taciana Lunelli pela parceria durante o mestrado;

À Luciana Kimie pela amizade e treinamento nas análises de laboratório;

À Lia Ferraz e Ligianne Shirahigue pelo apoio profissional e científico;

À Dra. Amparo Gonçalves por me receber para treinamento em avaliação sensorial de frescor do pescado, no Instituto Português do Mar e da Atmosfera, e que foi fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa;

À equipe de provadores do Laboratório de Pescado pela disposição e ótimo desempenho nas análises sensoriais: Fabricia Gasparetti, Anaíle Biazotto, Raquel (G-itiño), Monalisa (Luvre), Barbara (Istraicin), Nathalia Cypriano e Paulo Sousa;

À Luiza Rezende pela assistência na realização das análises sensoriais;

À Suzan Blima, Aline (Sem parar), Tatiane (Maia) e Gabriele (Graco) pela assistência e dedicação na realização das análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais.

À Fernanda Spada pela assistência na realização das análises de textura;

À gloriosa Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição pela formação acadêmica e disponibilização do pessoal e infraestrutura para o desenvolvimento deste estudo;

Ao Prof. Ernani Porto pela disponibilização do laboratório de laticínios para a realização das análises microbiológicas, e pelos ensinamentos em cada uma das conversas orientações e críticas sempre construtivas.

À Profa. Marta Spoto pelas pertinentes sugestões a respeito das análises sensoriais.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de mestrado concedida.

À Piscicultura Cristalina pela parceria e fornecimento dos peixes

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 A produção de pescado e tilápia via aquicultura	13
1.2 Alterações <i>Post mortem</i> no músculo do peixe in natura	14
1.3 Uso da avaliação sensorial em estudos de vida útil de peixes	16
1.3.1 Método do índice de qualidade – QIM	16
1.3.2 Escala Torry	16
1.3.3 O esquema da União Europeia	17
1.4 Atributos e Descritores Sensoriais	18
1.4.1 Análises sensoriais	18
1.4.1.1 Aparência	18
1.4.1.2 Odor	18
1.4.1.3 Textura	19
1.4.1.4 Sabor	20
1.4.2 Os sentidos humanos	22
1.4.2.1 Visão	22
1.4.2.2 Olfato	22
1.4.2.3 Tato	22
1.4.2.4 Gosto	22
1.5 Seleção e treinamento da equipe de provadores para avaliação de frescor em pescado ..	23
1.5.1 Formação de uma equipe de provadores	23
1.5.1.1 Pessoal	23
1.5.1.2 Instalações	24
1.5.1.3 Recrutamento de provadores	24
1.5.1.4 Seleção para testes descritivos	25
1.5.2 Treinamento para testes sensoriais	25
1.5.2.1 Sessão 1. Introdução à análise sensorial	25
1.5.2.2 Sessão 2. Observação e descrição de alterações	26
1.5.2.3 Sessão 3. Uso de descritores sensoriais e ordenação de frescor	27
1.5.2.4 Sessão 4. Uso de escalas, categorias e pontuação para frescor	27
1.5.2.5 Sessão 5. Avaliação final do frescor	28
1.5.3 Preparação de amostras	28

1.5.3.1	Peixe inteiro cru	28
1.5.3.2	Amostras cozidas	28
1.5.4	Motivação e desempenho	29
1.5.5	Fatores que afetam as análises sensoriais	30
1.6	Método QIM – índice de qualidade para avaliação sensorial de frescor em tilápia	32
1.6.1	Desenvolvendo um QIM	34
1.6.1.1	Material cru	34
1.6.1.2	Elaboração do esquema QIM e prova do esquema	34
1.7	Métodos Físico-Químicos	37
1.7.1	Bases nitrogenadas voláteis totais – BNVT	37
1.7.2	Sustâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – TBARS	37
1.7.3	pH	38
1.7.4	Textura	38
1.7.5	Cor	40
1.8	Métodos Microbiológicos	40
1.9	Objetivos	41
	Referências	42
2	TREINAMENTO DA EQUIPE DE PROVADORES PARA AVALIAÇÃO SENSORIAL DE FRESCOR DA TILÁPIA DO NILO	49
	Resumo	49
	Abstract	49
2.1	Introdução	49
2.2	Material e métodos	50
2.2.1	Matéria prima	50
2.2.2	Observação preliminar das alterações na tilápia do Nilo	51
2.2.3	Pré-seleção de provadores	51
2.2.4	Preparação e apresentação de amostras	52
2.2.4.1	Peixe inteiro cru	52
2.2.4.2	Amostras cozidas	52
2.2.5	Treinamento da equipe de provadores	52
2.2.5.1	Sessões práticas com tilápia inteira crua	53
2.2.5.1.1	Sessão 1 – Observação e descrição de alterações	53
2.2.5.1.2	Sessão 2 – Uso de descritores sensoriais e esquema QIM	54
2.2.5.1.3	Sessão 3 – Uso de escalas e ajustes do esquema QIM	54
2.2.5.1.4	Sessão 4 – Avaliação do desempenho da equipe de provadores	54

2.2.5.2	Sessões praticas com filés de tilápia cozidos	55
2.2.5.2.1	Sessão 1 – Observação e descrição de alterações	57
2.2.5.2.2	Sessão 2 – Marco de referencias e uso de escala Torry e esquema QIM	57
2.2.5.2.3	Sessão 3 – Ajuste de esquema QIM e avaliação do desempenho da equipe	58
2.2.6	Analises estatísticas	58
2.3	Resultados e discussão	59
2.3.1	Treinamento para avaliação da tilápia inteira crua	59
2.3.1.1	Sessão 1	59
2.3.1.2	Sessão 2	59
2.3.1.3	Sessão 3	62
2.3.1.4	Sessão 4	63
2.3.2	Treinamento para avaliação de tilápia cozida	64
2.3.2.1	Sessão 1	64
2.3.2.2	Sessão 2	65
2.3.2.3	Sessão 3	66
2.4	Conclusões	68
	Referências	69
3	OTIMIZAÇÃO DO ESQUEMA QIM – ÍNDICE DE QUALIDADE PARA TILÁPIA DO NILO INTEIRA ARMAZENADA EM GELO	71
	Resumo	71
	Abstract	71
3.1	Introdução	71
3.2	Material e métodos	72
3.2.1	Matéria prima	72
3.2.2	Procedimentos de avaliação da vida útil da tilápia pelo método QIM	73
3.2.3	Preparação e apresentação de amostras	73
3.2.3.1	Peixe inteiro cru	73
3.2.3.2	Amostras cozidas	75
3.2.4	Análises estatísticas	75
3.3	Resultados e discussão	76
3.3.1	Método do Índice de Qualidade (QIM) para tilápia inteira crua	76
3.3.2	Alterações nos atributos de qualidade da tilápia do Nilo em gelo	79
3.3.3	Método do Índice de Qualidade (QIM) para filés cozidos de tilápia	81
3.3.4	Alterações nos atributos de qualidade dos filés cozidos de tilápia	84
3.4	Conclusões	86

Referências	87
4 ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DA TILÁPIA DO NILO INTEIRA ARMAZENADA EM GELO	91
Resumo	91
Abstract	91
4.1 Introdução	91
4.2 Material e métodos	93
4.2.1 Matéria prima	93
4.2.2 Composição centesimal	94
4.2.3 Análises físico-químicas	94
4.2.3.1 Análises de cor instrumental	94
4.2.3.2 Mensuração de pH	94
4.2.3.3 Análises de textura instrumental	94
4.2.3.4 Determinação de Bases Nitrogenadas Voláteis Totais – BNVT	95
4.2.3.5 Determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – TBARS	95
4.2.4 Análise microbiológica	96
4.2.4.1 Preparação de amostras e meio de cultura	96
4.2.4.2 Bactérias mesófilas	96
4.2.4.3 Bactérias psicrótróficas	96
4.2.5 Análises estatísticas	96
4.3 Resultados e discussão	97
4.3.1 Análise centesimal	97
4.3.2 Análises físico-químicas	97
4.3.2.1 Cor instrumental	97
4.3.2.2 pH	98
4.3.2.3 Textura instrumental	100
4.3.2.4 Bases nitrogenadas voláteis totais – BNVT	101
4.3.2.5 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – TBARS	102
4.3.3 Contagem microbiológica	103
4.3.3.1 Micro-organismos mesófilos	103
4.3.3.2 Micro-organismos psicrótróficos	104
4.3.4 Análises de componentes principais – PCA	105
4.4 Conclusões	106
Referências	107

RESUMO

Método de Índice de Qualidade (QIM) otimizado para aferição da vida útil da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

O objetivo desse estudo foi determinar a vida útil da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) inteira armazenada em gelo, usando análises sensoriais (Método do Índice de Qualidade), físico-químicas (bases nitrogenadas voláteis totais – BNVT, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – TBARS, pH, cor, textura e microbiológicas (microrganismos mesófilos e psicrotróficos). Uma equipe de sete provadores foi treinada durante sete sessões para avaliação sensorial de frescor em peixe cru e filés cozidos. Um esquema QIM foi otimizado para tilápia inteira e outro desenvolvido para filés cozidos, com 19 e 12 pontos de demérito, respectivamente. Três lotes de tilápia foram usados e os exemplares foram armazenados durante 13 dias em gelo para avaliar as alterações dos atributos de qualidade (aparência, brânquias, olhos, parede abdominal). A vida útil da tilápia do Nilo armazenada em gelo foi determinada em oito dias com base no critério sensorial dos filés cozidos, e pode ser usada como referência para prever o tempo de conservação residual. O índice de qualidade apresentou uma alta correlação linear com o tempo em gelo ($IQ = 1,3865 \times \text{dias} + 0,7922$, $R^2 = 0,96$), assim como também todos os atributos de qualidade. As análises sensoriais mostraram ser adequadas e confiáveis para avaliar o grau de frescor da tilápia, porém é recomendado usar no mínimo quatro peixes e mais do que um avaliador. A firmeza diminuiu durante o tempo de conservação em gelo ($r = -0,73$). Há uma pobre correlação entre os índices físico-químicos e microbiológicos e o tempo em gelo, não sendo considerados parâmetros confiáveis para avaliação das alterações da qualidade da tilápia do Nilo. Porém, peixes com até 13 dias não representam um risco para o consumidor, considerando que não foram ultrapassados os teores limites de BVNT ($< 30 \text{ mg N}/100\text{g}$) nem de micro-organismos mesófilos viáveis ($< 10^7 \text{ UFC/g}$).

Palavras-chave: Sensorial; Frescor; Físico-químicas; Gelo

ABSTRACT

Quality Index Method (QIM) optimized to determine the shelf-life of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

The aim of this study was to determine the shelf-life of whole Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored in ice, using sensory analysis (Quality Index Method), physicochemical (total volatile base nitrogen – TVB-N, thiobarbituric acid-reactive substances – TBARS, pH, color, texture and microbiological (mesophilic and psychrotrophic). A sensory panel of seven assessors was trained during seven sessions for sensory evaluation of fresh fish and cooked fillets. A QIM scheme was optimized for whole tilapia and other developed for cooked fillets, with 19 and by 12 points of demerit, respectively. Three batches of tilapia were used and the fish were stored on ice during 13 days to evaluate the changes in quality attributes (appearance, gills, eyes, abdomen). The shelf-life of Nile tilapia stored on ice was determined in eight days based on sensory analysis of cooked fillets, and can be used as reference to predict the remaining shelf life. The quality index had a high linear correlation with time on ice ($QI = 1.3865 \times + 0.7922$ days, $R^2 = 0.96$), as well as all quality attributes. Sensory analysis showed to be adequate and reliable for assessing the degree of freshness of tilapia, however it is recommended to use at least 4 fish and more than one assessor. The firmness decreased during the ice shelf life ($r = -0.73$). There is a poor correlation between the physical, chemical and microbiological indexes and the time stored on ice, whereby they're not considered reliable parameters for assessing changes in quality of Nile tilapia. However, fish up to 13 days do not represent a risk for the consumer, considering they were not exceeded the limits of TVB-N levels (< 30 mg N/100 g) and also not the viable mesophilic microorganisms ($< 10^7$ CFU / g).

Keywords: Sensory; Freshness; Physicochemical; Ice

1 INTRODUÇÃO

1.1 A produção de pescado e tilápia via aquicultura

A produção mundial de pescado tem apresentado, nos últimos 50 anos, um crescimento constante. Este é refletido no consumo, per capita, que passou de 9,6 kg em 1960 para 19,2 kg, em 2012. Neste cenário, a China, o maior produtor aquícola, aparece como um dos principais fornecedores, favorecendo a disponibilidade de pescado em nível mundial. Em 2012, a produção mundial de pescado registrou 158 milhões de toneladas, a pesca contribuiu com 91,3 milhões e a aquicultura com 66,6 milhões. Da produção via aquicultura, a continental representou 63%, com 41,9 milhões de toneladas (FAO, 2014).

Atualmente, o Brasil produz 1,25 milhões de toneladas de pescado, sendo 38% originários da aquicultura (MPA, 2014). O Brasil faz parte do grupo dos 15 países que geram 92,7% da produção aquícola mundial; este fato é o resultado de um incremento constante na produção que tem permitido ao país alcançar melhor classificação mundial nos últimos anos (FAO, 2014).

O Brasil com 3,5 milhões de hectares de lâmina de água, abriga 12% da água doce do planeta, e possui condições que favorecem o crescimento da produção aquícola, podendo se tornar um dos grandes produtores mundiais de pescado (MPA, 2014).

Na aquicultura, depois das carpas, a tilápia corresponde ao segundo grupo mais produzido no mundo. Hoje a tilapicultura está presente em mais de 100 países, e atinge níveis de produção superiores a 3,2 milhões de toneladas anuais (Figura 1) (FAO, 2014). Entre os principais produtores de tilápia encontramos a China, Egito, Filipinas, e Indonésia. O sucesso das tilápias é devido ao fato de que constituem um grupo de espécies de rápido crescimento, com exigências menores de proteína e apresentam alta resistência ao estresse, doenças e se adaptam à baixa qualidade da água (EL-SAYED, 2006).

A tilápia foi introduzida no Brasil no ano 1953. Naquele momento foi importada a espécie *Tilapia rendalli*, e devido a resultados negativos no crescimento e produtividade, em 1971, foram introduzidos exemplares de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) atendendo os fins de produção. Em 1981, foi introduzida a tilápia vermelha, que apresenta uma coloração avermelhada mais atraente. Por último, em 1996, foi importada uma linhagem melhorada da tilápia do Nilo, denominada Chitralada da Tailândia (OLIVEIRA et al., 2007).

A tilapicultura corresponde ao sistema de produção mais consolidado no Brasil. A produção de tilápia aumentou 105% entre os anos 2003 e 2009 (MPA, 2014). Sendo atualmente a espécie mais produzida, tendo sido registrada a produção de 253.824,1 toneladas no ano 2011 (MPA, 2011).

Figura 1 – Tendência mundial na produção de tilápia. Fonte de dados: FAO (2014)

1.2 Alterações *Post mortem* no músculo do peixe in natura

Seguidamente à captura e abate dos peixes, é iniciado um conjunto de reações bioquímicas que afetam a qualidade e vida útil dos produtos pesqueiros (Figura 2) (HUSS, 1995; OEHLenschläGER e REHBEIN, 2009). De acordo com Hamada-Sato et al. (2005), as alterações post mortem podem ser simplificadas da seguinte forma:

Captura → *Rigor mortis* → Resolução do *rigor* → Autólises → Deterioração

A sequencia das alterações *post-mortem* é apresentada na Figura 3. Depois da morte do peixe, quando cessa a chegada de oxigênio ao músculo é estabelecido um metabolismo anaeróbico. As reservas energéticas de glicogênio no músculo são esgotadas e há um acúmulo de ácido láctico formado na fase final da glicólise, que simultaneamente provoca uma diminuição do pH. Quando as concentrações da fosfocreatina e adenosina trifosfato (ATP) em nível intracelular atingem seu valor mínimo, a miosina e actina são ligadas de forma irreversível, formando o complexo actomiosina e o músculo torna-se mais rígido, condição que caracteriza o estado de *rigor mortis*. O início de *rigor* geralmente se apresenta entre 1 a 6 h após a morte e a duração depende de fatores como espécie, condições de captura, método de abate e temperatura de armazenamento (HUSS, 1995; HAMADA-SATO et al., 2005; TEJADA, 2009).

Figura 2 – Alterações na qualidade e fases de deterioração do pescado armazenado em gelo. Pontuação de acordo com a escala Torry. Fonte: adaptado de HUSS (1995)

O armazenamento do pescado em estado de rigor e sob temperaturas inadequadas promove contração muscular. O tecido conectivo sofre uma desnaturação parcial e a ligação entre o miosepto e as fibras musculares é degradada, resultando em *gaping*. O processo de *rigor mortis*, varia de uma espécie a outra, com início e duração diferentes. Depois do peixe passar pelo *rigor*, o músculo do peixe vai se tornando mais macio pela ação das proteases endógenas. Um conjunto de enzimas e inibidores estão envolvidos na degradação das estruturas das proteínas no músculo, entre elas, proteossomas, proteinases alcalinas, catepsinas, calpaínas, aminopeptídeos, collagenoses e elastases (OEHLenschläger e REHBEIN, 2009).

Figura 3 – Sequência das alterações *post-mortem* no músculo dos peixes e a degradação do ATP

1.3 Uso da avaliação sensorial em estudos de vida útil de peixes

O uso de métodos sensoriais permite realizar estudos de vida útil baseados na avaliação de frescor de produtos altamente perecíveis como o pescado. No caso da aquicultura, são usados para avaliar o efeito das condições de alimentação e alterações na dieta, o processo de abate, o frescor e vida útil dos produtos (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a)

Os estudos de vida útil procuram determinar o tempo máximo que um produto pode ser armazenado até apresentar alterações na qualidade que o tornam inaceitável, além de identificar como as alterações são influenciadas pelo tempo e temperatura de armazenamento. A vida útil dos peixes inteiros é definida como o número de dias que o peixe inteiro armazenado em gelo é considerado apto para o consumo humano (MARTINSDÓTTIR et al., 2009b). Um dos principais limitantes da vida útil do pescado fresco é a deterioração causada pela atividade microbiana (HUSS, 1995; MARTINSDÓTTIR et al., 2009b)

1.3.1 Método do índice de qualidade – QIM

O método QIM, pode ser utilizado em estudos de vida útil para estimar o tempo de armazenamento (número de dias em gelo) e o tempo de conservação residual (vida útil – tempo de armazenamento estimado). O final da vida útil é frequentemente definido, no momento em que uma equipe de provadores treinada identifica sabores associados à deterioração em amostras de peixe cozido (MARTINSDÓTTIR et al., 2009b).

1.3.2 Escala Torry

Normalmente nas análises sensoriais é avaliado o odor e o sabor dos filés cozidos. Este esquema é um dos principais utilizados para avaliar o frescor de peixes. Outros esquemas, com algumas alterações, têm sido baseados neste, para realizar a avaliação de filés cozidos por avaliadores treinados (OEHLENSCHLÄGER, 2014). O esquema Torry conta com 10 pontos categóricos que são ajustados para peixes magros e gordos. Na categoria 10 se encontra o cheiro e sabor de muito fresco. Na 3, o produto é considerado como deteriorado e não apropriado para consumo humano (Quadro 1). Uma pontuação de 5,5 tem sido utilizada, frequentemente, como limite para estabelecer a vida útil de produtos. No caso da equipe de provadores perceber características que evidenciam deterioração, como, por exemplo, sabor azedo, estas podem ser declaradas como sabores estranhos ou não característicos de produto fresco (MARTINSDÓTTIR et al., 2009b).

Pontos	Odor	Sabor
10	Inicialmente ligeiro odor doce, leite fervido e amido, seguido do aumento na intensidade dos odores.	Aquoso, metálico, amido, inicialmente sem doçura, mas sabor de carne, podendo desenvolver ligeira doçura.
9	Mariscos, algas marinhas, carne cozida, verduras cruas.	Doce, carne, cremoso, planta verde, característico.
8	A perda de odor, odor neutro.	Sabores doces e característicos, mas reduzidos em intensidade.
7	Aparas de madeira, seiva de madeira, vanilina.	Neutro.
6	Leite condensado, caramelo, parecido com caramelo.	Insipido.
5	Odor a leiteira, batata cozida, parecido com roupa fervida.	Ligeiramente azedo e traços de sabores não característico.
4	Ácido láctico, leite azedo, parecido com estábulo.	Ligeiramente amargo, sabor azedo, não característico.
3	Ácidos graxos de cadeia curta (por exemplo, ácido acético ou butírico), compostagem, saponáceo, nabo, seboso.	Forte, amargo, borracha, ligeiramente sulfídrico.

Quadro 1 – Escala Torry para avaliação de bacalhau cozido. Fonte: Shewan et al. (1957)

1.3.3 O esquema da União Europeia

É um regulamento próprio para pescado. Este esquema é usado nos primeiros momentos da venda e implica na avaliação de frescor e outros atributos de qualidade. Este regulamento apresenta diferentes esquemas para peixes brancos, azuis, esqualos, cefalópodes e crustáceos. Pode ser usado tanto por especialistas como autoridades sanitárias. Como desvantagem, neste método não há treinamentos, procedimentos e planos de amostragem disponibilizados ao usuário. Além disto, o método utiliza parâmetros gerais para descrever graus de frescor, não considerando as diferentes características sensoriais que se apresentam entre espécies, que por sua vez tem diferentes taxas de deterioração. Este método tem o inconveniente de dar grande importância a atributos de qualidade menos relevantes, além de não ser adequado para estimar vida útil (MARTINSDÓTTIR et al., 2009b).

1.4 Atributos e Descritores Sensoriais

1.4.1 Análises sensoriais

A avaliação sensorial é uma disciplina que implica a mensuração, análise e interpretação de reações humanas às características dos alimentos, que são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (OLAFSDÓTTIR et al., 1997; MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006; MARTINSÓTTIR et al., 2009a). O processo de percepção sensorial pode ser dividido em três partes: a detecção dos estímulos através dos órgãos dos sentidos, a avaliação e interpretação pelo processo mental, e a resposta do avaliador ao estímulo (HYLDIG, 2010b).

A avaliação sensorial é quantitativa, dado que um conjunto de dados numéricos são coletados e indicam a relação entre os atributos dos produtos e a percepção humana. A amostragem, métodos e procedimentos para a avaliação, devem ser bem definidos (MARTINSÓTTIR et al., 2009a). Os testes sensoriais correspondem a uma ciência inexata, e, por isso, as análises têm que ser baseadas no conhecimento dos fatores químicos e físicos inerentes a cada atributo de interesse, assim como o funcionamento dos sentidos e a natureza dos produtos (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006). As análises sensoriais podem ser objetivas ou subjetivas (OLAFSDÓTTIR et al., 1997). Os testes subjetivos podem ser usados para avaliar a atitude e resposta dos consumidores sobre um produto. Nos testes objetivos, uma equipe de provadores treinada descreve de forma objetiva os atributos de um produto usando descritores definidos (HYLDIG, 2010b).

Durante a avaliação sensorial, os atributos são frequentemente percebidos na seguinte ordem: aparência, odor, textura e sabor.

1.4.1.1 Aparência

A aparência é frequentemente o principal atributo usado como referencia no momento de conceituar um produto. Consequentemente, um conjunto de inferências são descritas a partir de pequenos indícios. Assim, o efeito do tamanho, forma, e outros atributos têm que ser eliminados ou controlados no momento da avaliação sensorial (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006). Descritores sensoriais são apresentados na Tabela 1.

1.4.1.2 Odor

Odor é a percepção dos compostos voláteis por parte dos sistema olfativo quando estes entram pela cavidade nasal. Faz-se importante diferenciar dois termos, o aroma que é o odor de um alimento e a fragrância, é o odor de perfumes ou cosméticos. Os aromáticos só podem

ser percebidos pela via retronasal quando a substância se encontra na boca. A quantidade de voláteis que são liberados de um produto é afetada pela temperatura e natureza dos compostos (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006). Descritores sensoriais são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 – Descritores sensoriais para aparência

Descritor	Referência
Acastanhado	WARM et al. (2000)
Acinzentado	BEKAERT (2006)
Amarelado	CYPRIAN et al. (2008)
Opaco	GONÇALVES, DE LIMA e DE PAULA (2015)
Bege	VAZ-PIRES e SEIXAS (2006)
Brilhante	ÖZYURT et al. (2009)
Claro	CARDENAS, SVEINSDOTTIR e MARTINSDOTTIR (2007)
Descoloração	GUILLERM-REGOST et al. (2006)
Esbranquiçado	WARM et al. (2000)
Escuro	CARDENAS, SVEINSDOTTIR e MARTINSDOTTIR (2007)
Fresco	BEKAERT (2006)
Iridescente	BAIXAS-NOGUERAS et al. (2003)
Leitoso	HUIDOBRO, PASTOR e TEJADA (2000)
Marrom	WARM et al. (2000)
Pálido	GUILLERM-REGOST et al. (2006)
Proteína coagulada	WARM et al. (2000)
Rosa	SYKES et al. (2009)
Verde-acinzentado	BOGDANOVIĆ et al. (2012)

1.4.1.3 Textura

A textura é um atributo de produtos sólidos e semissólidos, que é definida como a resposta sensorial da estrutura de um produto a um estresse causado pelos músculos da mão, dedo, mandíbula, língua e lábios (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006). É considerado um atributo complexo de avaliar, dado que é afetado pelas propriedades do alimento e é um sentido dinâmico (TAYLOR e ROBERTS, 2004). Descritores sensoriais são apresentados na Tabela 3.

1.4.1.4 Sabor

De acordo com Taylor e Roberts (2004), o sabor resulta da mistura do gosto (detectados por receptores na língua), aroma (detectado no nariz) e irritação (detectado nas superfícies das mucosas), usualmente chamado de sensação bucal. Para MEILGAARD, CARR e CIVILLE (2006), o sabor é a soma das percepções e estímulos químicos quando o produto se encontra na boca. Esse inclui o gosto que é a percepção gustativa causada pelas substâncias solúveis na boca, os aromáticos que são percebidos pelo olfato quando as substâncias voláteis são liberadas na boca e passam pela via retronasal, e a sensação química que é o resultado do estímulo do nervo trigêmeo no final da cavidade nasal e bucal. Descritores sensoriais são apresentados na Tabela 4.

Tabela 2 – Descritores sensoriais para odor

Descritor	Referência
Azedo	SVEINSDÓTTIR et al. (2009)
Acido láctico	BOGDANOVIĆ et al. (2012)
Algas	SANT'ANA, SOARES e VAZ-PIRES (2011)
Aparas de madeira	ALASALVAR et al. (2001)
Atum enlatado	MORITA, KUBOTA e AISHIMA (2003)
Batata cozida	BOGDANOVIĆ et al. (2012)
Baunilha	CARDENAS, SVEINSDOTTIR e MARTINSDOTTIR (2007)
Caramelo	ALASALVAR et al. (2001)
Carne cozida	SVEINSDÓTTIR et al. (2009)
Frango cozido	CYPRIAN et al. (2013a)
Gramma cortada	BOGDANOVIĆ et al. (2012)
Leite azedo	SANT'ANA, SOARES e VAZ-PIRES (2011)
Leite condensado	ALASALVAR et al. (2001)
Leite fervido	SVEINSDÓTTIR et al. (2009)
Manteiga	CARDENAS, SVEINSDOTTIR e MARTINSDOTTIR (2007)
Mariscos	ALASALVAR et al. (2001)
Metálico	CYPRIAN et al. (2008)
Neutro	SANT'ANA, SOARES e VAZ-PIRES (2011)
Ovo cozido	MORITA, KUBOTA e AISHIMA (2001)
Pepino	CYPRIAN et al. (2008)
Podre	SVEINSDÓTTIR et al. (2009)
Rançoso	CYPRIAN et al. (2013b)
Repolho podre	SVEINSDÓTTIR et al. (2003)
Sulfuroso	SVEINSDÓTTIR et al. (2009)
Terra	CYPRIAN et al. (2013a)

Tabela 3 – Descritores sensoriais para textura

Descritor	Referência
Borracha	CARDENAS, SVEINSDOTTIR e MARTINSDOTTIR (2007)
Elástico	BEKAERT (2006)
Fibroso	ALASALVAR et al. (2001)
Firme	ÖZYURT et al. (2009)
Flácido	BEKAERT (2006)
Flexível	BAIXAS-NOGUERAS et al. (2003)
Frágil	CARDENAS, SVEINSDOTTIR e MARTINSDOTTIR (2007)
<i>In rigor</i>	BEKAERT (2006)
Macio	SVEINSDÓTTIR et al. (2009)
Mole	ÖZYURT et al. (2009)
Rígido	GONÇALVES, DE LIMA e DE PAULA (2015)
Seco	ALASALVAR et al. (2001)
Suculento	SVEINSDÓTTIR et al. (2009)
Tenso	BARBOSA e VAZ-PIRES (2004)

Tabela 4 – Descritores sensoriais para sabor

Descritor	Referência
Amargo	ALASALVAR et al. (2001)
Aquoso	ALASALVAR et al. (2001)
Azedo	CYPRIAN et al. (2013a)
Carne temperada	BOGDANOVIĆ et al. (2012)
Cerveja azeda	BOGDANOVIĆ et al. (2012)
Cremoso	ALASALVAR et al. (2001)
Doce	CARDENAS, SVEINSDOTTIR e MARTINSDOTTIR (2007)
Frango cozido	BOGDANOVIĆ et al. (2012)
Insipido	ALASALVAR et al. (2001)
Leite fervido	CYPRIAN et al. (2013a)
Margarina	CARDENAS, SVEINSDOTTIR e MARTINSDOTTIR (2007)
Metálico	CYPRIAN et al. (2008)
Oleoso	CYPRIAN et al. (2008)
Picante	BOGDANOVIĆ et al. (2012)
Plantas verdes	ALASALVAR et al. (2001)
Podre	CARDENAS, SVEINSDOTTIR e MARTINSDOTTIR (2007)
Pungente	CYPRIAN et al. (2013a)
Pútrido	ALASALVAR et al. (2001)
Ranço	CYPRIAN et al. (2013a)
Terra	CYPRIAN et al. (2013a)

1.4.2 Os sentidos humanos

1.4.2.1 Visão

Na avaliação sensorial, a visão é o primeiro sentido usado pelos julgadores para avaliar atributos de aparência como o tamanho, forma, cor e estrutura superficial. Este sentido pode nos fornecer pistas e boas expectativas do sabor e propriedades de textura do alimento (HYLDIG, 2010b). A visão vai servir para avaliar aparência das guelras, olhos e pele em peixe inteiro cru; no caso de peixe cozido, para avaliar aparência do filé (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a).

1.4.2.2 Olfato

O odor é uma das respostas mais complexas. Este é percebido e identificado pelo olfato, que é composto por milhares de receptores em forma de cílios localizados na parte alta de cavidade nasal. Os odores são detectados quando os voláteis entram diretamente pelo nariz ou indiretamente pela via retronasal. Os receptores olfativos são facilmente saturados, assim como, a insensibilidade a certos odores pode ser comum (HYLDIG, 2010b). O olfato nos serve para avaliar a intensidade dos compostos voláteis associados ao frescor e deterioração do pescado durante o tempo de conservação (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a).

1.4.2.3 Tato

A textura é um atributo percebido pelo sentido do tato. Os estímulos do toque podem ocorrer da manipulação dos alimentos, através das mãos e dedos, assim como através de utensílios como facas ou talheres. O contato oral pode ocorrer através dos lábios, língua, palato e dentes, que podem fornecer informação de textura. Em muitos casos, estímulos visuais geram uma expectativa na propriedades de textura (HYLDIG, 2010b). A superfície sensitiva dos lábios, língua e dedos é maior do que a de outras áreas do corpo, resultando em maior facilidade na detecção de pequenas diferenças nos produtos (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006). O sentido do tato é muito utilizado para avaliar a textura do músculo do pescado por pressão com a ponta do dedo indicador, observando a resistência do músculo (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a), e/ou a velocidade de retorno a posição original.

1.4.2.4 Gosto

O gosto é o sistema sensorial que fornece a capacidade de distinguir estímulos sensoriais e avaliar a qualidade dos alimentos a serem ingeridos (TAYLOR e ROBERTS, 2004). O gosto é percebido pelas papilas gustativas (salgado, doce, ácido e amargo) quando as

substâncias são solubilizadas na boca. Assim como o olfato, o gosto é um sentido químico. Para se aproximar com o olfato, os receptores sensoriais da língua são imersos com a solução teste por alguns segundos, o que constitui um risco de saturação durante contatos longos, e que deve ser evitado com testes mais rápidos. As células do epitélio olfativo e gustativo são renovadas a cada 6 a 8 dias (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006).

No gosto, a saliva tem uma função importante, que é transportar as moléculas sápidas aos receptores e modular os receptores gustativos graças às substâncias que contém (HYLDIG, 2010b).

1.5 Seleção e treinamento de equipe de provadores para avaliação de frescor em pescado

O processo seletivo para a formação de uma equipe de provadores, deve ser baseado principalmente na sensibilidade e habilidade sensorial para descrever percepções, assim como no interesse na avaliação sensorial do pescado (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a). Os provadores deverão estar saudáveis e apresentar sensibilidade normal nos sentidos para avaliar aparência, cor, odor e textura (HYLDIG et al., 2007; HYLDIG et al., 2010). Os julgadores deverão ser capazes de trabalhar em grupo sem perturbar os outros avaliadores com barulho, conversas ou expressões. Além de demonstrar fácil disponibilidade, considerando os seus compromissos pessoais (HARRY e HILDEGARDE, 2010).

1.5.1 Formação de uma equipe de provadores

A formação de uma equipe de provadores deve ser planejada de tal forma que responda às necessidades da pesquisa, tenha a disponibilidade dos candidatos garantida e disponha das condições adequadas da sala de análise sensorial (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006).

Durante a seleção e treinamento da equipe de provadores, as instruções devem ser repassadas de forma clara quanto às necessidades que precisam ser atendidas no projeto; desta forma, é possível manter a equipe motivada para trabalhar pela causa proposta.

1.5.1.1 Pessoal

O número de candidatos para realizar um treinamento dependerá do método sensorial e do treinamento dos julgadores. Para testes descritivos é necessário, no mínimo, de 5 a 8 avaliadores selecionados (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006; MARTINSDÓTTIR et al., 2009a). Uma equipe sensorial qualificada é necessária para realizar a seleção, treinamento

e manutenção da equipe de provadores. Preferivelmente os julgadores devem pertencer à mesma área de trabalho dentro da instituição, assim como o seu local de trabalho ou de estudo deve ser próximo ao de preparação das amostras, o que facilita a realização das sessões de análise sensorial (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006). Provadores externos, podem apresentar uma atitude mais neutra frente às amostras, contrariamente aos julgadores internos que podem ser influenciados pelo conhecimento do produto e do projeto; porém, os provadores internos estão mais disponíveis (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a).

Todos os candidatos e membros da equipe devem ter consciência do tempo requerido para a seleção e treinamento da equipe de provadores. A quantidade de tempo (horas) que serão requeridas deverão ser apresentadas e aceitas antes do processo ser iniciado.

O líder da equipe de provadores trabalha com os integrantes para garantir claro entendimento a respeito dos atributos, descritores e uso das escalas, e deve estimular os membros do equipe durante todo o experimento. Um líder bem sucedido é aquele que conhece muito bem os atributos sensoriais, tem habilidades para dinâmicas de grupo, é paciente, é criativo e tem habilidade para escutar e atender (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006; HARRY e HILDEGARDE, 2010).

1.5.1.2 Instalações

As áreas físicas para seleção, treinamento e andamento do trabalho devem ser definidas antes da formação da equipe de provadores. As áreas de treinamento e de provas deverão ter as condições adequadas e controladas (HARRY e HILDEGARDE, 2010). Instalações ou salas específicas para análises sensoriais devem sempre ser priorizadas, mas nem sempre é possível. Dentro das exigências, as áreas de teste devem manter níveis mínimos de ruído; iluminação da ordem de 600 a 1500 lux/m²; livres de odores externos; não deve ser permitido comer, beber ou fumar nestas áreas; devem ser de fácil limpeza, desinfecção e ter a temperatura controlada (HYLDIG e GREEN-PETERSEN, 2004; HYLDIG, 2010b; a).

1.5.1.3 Recrutamento de provadores

O primeiro passo na formação de uma equipe de provadores é recrutar os mais interessados e potenciais avaliadores. Estes deverão ser informados de alguns detalhes referentes ao estudo e dos benefícios como o fato de adquirir conhecimentos, receber certificados e ganhar experiência (HARRY e HILDEGARDE, 2010).

1.5.1.4 Seleção para testes descritivos

Durante a seleção dos julgadores, o líder da equipe de provadores deverá determinar a aptidão de cada candidato nos três grandes atributos, odor, sabor e textura, conforme a propriedade sensorial em estudo (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006). O julgador deve ter habilidade para identificar diferenças nas características presentes no alimento e sua intensidade; habilidade para descrever as características usando descritores verbais para cada atributo e métodos de escala para os diferentes níveis de intensidade; e capacidade para um raciocínio abstrato, dado que as análises descritivas dependem do uso de referências quando certas características devem ser rapidamente lembradas e seguidamente aplicadas a outros produtos (HARRY e HILDEGARDE, 2010).

1.5.2 Treinamento para testes sensoriais

Um aspecto relevante de um treinamento é fornecer um marco estruturado para aprender, baseado em demonstrações que permitam aos candidatos melhorar suas habilidades e sentir mais confiança (HARRY e HILDEGARDE, 2010). O treinamento deverá começar descrevendo de forma clara os procedimentos das análises sensoriais e o que se espera dos avaliadores, assim como, a natureza e os limites da percepção sensorial (HYLDIG et al., 2007; HYLDIG et al., 2010).

A equipe deverá ser treinada durante 3 a 6 sessões, no mínimo, dependendo da experiência desta em avaliação sensorial (SVEINSDOTTIR et al., 2003; MARTINSDÓTTIR et al., 2009b).

1.5.2.1 Sessão 1. Introdução à análise sensorial

Deverá ser conduzida pelo líder da equipe de provadores ou especialista da equipe de análise sensorial; é a pessoa que apresentará, de forma geral, os fundamentos das análises sensoriais e a função e uso dos sentidos (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a). Deverão ser explicados os atributos e descritores sensoriais frequentemente usados para pescado (HYLDIG, 2010b). Assim como, as vantagens e desvantagens das técnicas de maior importância na avaliação de frescor. Uma coleção de imagens deverá ser exposta, ilustrando os diferentes graus de frescor ou alterações nos atributos de qualidade para diferentes espécies de pescado.

É necessário informar os procedimentos de análises de amostras. Analisar os atributos na ordem: aparência, odor, textura e sabor (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006; HYLDIG et al., 2007). Ensinar que a respiração profunda ajuda a reconhecer mais fácil os

odores durante a avaliação (MARTINSDÓTTIR et al., 2009b; HYLDIG et al., 2010). A contínua avaliação do odor, dará lugar à insensibilidade de odores depois de um tempo, pela saturação do sentido do olfato, sendo necessário respirar ar fresco entre a avaliação das amostras (HYLDIG et al., 2010). Para evitar saturação do sentido do gosto, pequenas amostras deverão ser colocadas na boca e manter por poucos segundos. Entre uma amostra e outra será necessário tomar água e aguardar de 15 a 60 segundos (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006).

1.5.2.2 Sessão 2. Observação e descrição de alterações

Corresponde à primeira sessão prática, quando um conjunto de amostras deverá ser apresentado para se obter um marco de referencia (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006; MARTINSDÓTTIR et al., 2009b). Neste caso, serão peixes de diferentes graus de frescor com tempo de armazenamento em gelo. Os julgadores começam a familiarizar-se com a espécie, alterações e graus de frescor (HYLDIG et al., 2010). Todos os julgadores terão que observar cada amostra e descrever com terminologia própria as alterações associadas ao respectivo tempo de conservação em gelo.

Em cada sessão, no mínimo, deverão ser usados 3 a 4 grupos de peixes com diferentes tempos de conservação dentro da vida útil esperada (MARTINSDÓTTIR et al., 2009b; HYLDIG et al., 2010). Amostras com diferentes características quanto ao grau de frescor, permitem aos provadores perceber que os termos e a escala são efetivos para descrever e discriminar, o que ajuda no fortalecimento da confiança individual e grupal (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006).

No caso do peixe cru, os atributos deverão ser avaliados na seguinte ordem: cor e aparência da pele, forma e aparência dos olhos, firmeza do tecido muscular, aparência do abdômen, aparência e odor da guelras (MARTINSDÓTTIR et al., 2009b; HYLDIG, 2010b). Em amostras cozidas de peixe, frequentemente apresentadas em forma de filé, deverão ser avaliadas na seguinte ordem: odor, cor, sabor e textura (HYLDIG, 2010a).

Ao finalizar a observação das amostras e apresentar a descrição detalhada de alterações percebidas, todos os membros da equipe sob orientação do líder, deverão participar da discussão das observações e começar a trabalhar com uma terminologia comum a todos os julgadores, para passar à seguinte sessão (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006).

1.5.2.3 Sessão 3. Uso de descritores sensoriais e ordenação de frescor

Nesta sessão deverá ser desenvolvida a terminologia a se utilizar nos experimentos. O líder da equipe de provadores junto com a equipe do projeto, devem identificar os atributos mais importantes para apresentar à equipe durante as primeiras fases de treinamento. Nesta fase de treinamento os provadores começarão a entender com maior clareza o uso de um amplo conjunto de descritores, ou termos para explicar alterações nos atributos a estudar (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006).

Todos os julgadores deverão contribuir na geração de uma lista de descritores; seguidamente será reorganizada e reduzida para evitar termos sobrepostos, facilitando sua compreensão e uso na avaliação (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006). O uso de uma terminologia comum diminui o risco de interpretações quantitativas e qualitativas diferentes para cada um dos descritores (HYLDIG et al., 2010). Deve-se escolher as amostras que melhor representam cada termo selecionado para deixar completamente claro cada descritor.

Nesta sessão o líder da equipe pode solicitar aos julgadores que organizem os peixes de acordo com o grau de frescor que apresentam. As amostras deverão ser colocadas em ordem aleatória e identificadas por códigos aleatórios de 3 dígitos (HARRY e HILDEGARDE, 2010). Os julgadores de forma individual darão uma ordem às amostras. No final, toda a equipe deve discutir a ordenação de cada um e conciliar as discrepâncias. Neste ponto começarão a ser evidentes os julgadores que terão maior dificuldade para discriminar amostras, conforme as alterações nos atributos sensoriais (MARTINSDÓTTIR et al., 2009b).

1.5.2.4 Sessão 4. Uso de escalas, categorias e pontuação para frescor

Nesta sessão deverá ser feita a introdução do conceito e uso das escalas, categorias e pontuação na avaliação de frescor. Deverão ser apresentadas amostras de referências que representem de 3 a 5 níveis de referência para cada atributo (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006; HYLDIG et al., 2007). Demonstrações de diferentes níveis de intensidade para o *set* de atributos serão necessárias. O uso contínuo de referências de intensidade durante sessões práticas favorece a exatidão na avaliação dos atributos, dado que a equipe poderá relembrar e descrever os processos com termos e números mais adequados.

Depois de fornecidas as escalas de trabalho aos provadores, amostras identificadas com o tempo de armazenamento em gelo, deverão ser organizadas e avaliadas, individualmente, pelos julgadores com ajuda do líder da equipe. As amostras com

características não frequentes, assim como alterações devidas ao manuseio, deverão ser discutidas com toda a equipe.

Depois desta sessão, os provadores terão melhorado suas habilidades e critérios para pontuar e usar escalas na avaliação de frescor. Após esta fase, julgadores com dificuldades para fazer a avaliação deverão ser retreinados. Uma ampla variabilidade nos resultados é produto da falta de habilidade dos avaliadores em treinamento e da falta de experiência prévia em avaliação sensorial (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006). Julgadores que demonstrem falta de disposição ou vontade precisam ser excluídos do programa, pois suas avaliações podem ter sido totalmente erradas, dado que afeta fortemente a avaliação média da equipe.

No final de cada sessão de treinamento toda a equipe deverá discutir os resultados, referências qualitativas e quantitativas, assim como, resolver problemas e controvérsias (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006; HARRY e HILDEGARDE, 2010).

1.5.2.5 Sessão 5. Avaliação final do frescor

Na última prática do treinamento, a equipe deverá avaliar muitas amostras e com grandes diferenças sensoriais (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006). A apresentação das amostras deve ser realizada em ordem aleatória e com códigos aleatórios de 3 dígitos (HARRY e HILDEGARDE, 2010). As amostras deverão ser avaliadas individualmente por cada julgador sem ajuda do líder da equipe. No final da sessão toda a equipe avaliará conjuntamente todas as amostras e serão discutidos os resultados e observações de cada julgador.

1.5.3 Preparação de amostras

1.5.3.1 Peixe inteiro cru

Deverão ser utilizados entre 3 e 5 peixes para cada estado de conservação em gelo, quando for o caso de peixes grandes ou médios. No caso de pequenos, deverão ser utilizados ao menos 10 (HYLDIG et al., 2010). As amostras deverão ser conservadas em gelo, sob refrigeração, entre 2 e 7 °C, e deverão ser apresentadas em um recipiente limpo e com gelo suficiente (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a).

1.5.3.2 Amostras cozidas

A presença ou não da pele nas amostras tem importância para peixes gordos, dado que o músculo escuro, localizado debaixo da pele contém altos teores de lipídeos; o fato de retirar a pele remove parte deste componente influenciando diretamente no sabor associado ao ranço

(MARTINSDÓTTIR et al., 2009a; HYLDIG et al., 2010). Cada amostra deverá conter, no mínimo 40 a 50 g a ser entregue para cada avaliador (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a). Uma quantidade ótima é uma porção entre 30 a 100 g (HYLDIG et al., 2010). As amostras devem ser cozidas ou aquecidas adequadamente, e servidas em temperatura adequada. Tempos e temperaturas de cocção devem ser testados previamente. A cocção em banho-maria deve ocorrer à temperatura entre 70 a 85 °C, até atingir 70 °C no centro da amostra (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a). Amostras de filés podem ser colocadas em embalagens de alumínio e cozidas em forno elétrico pré-aquecido com circulação de ar e vapor a 95–100 °C, por um tempo entre 6 e 7 min (CYPRIAN et al., 2008; CYPRIAN et al., 2013a).

1.5.4 Motivação e desempenho

Uma equipe, da mesma forma que um instrumento de mensuração, deve ser avaliada quanto à qualidade dos seus resultados, e seus membros devem ser monitorados individualmente (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006). Dadas as atividades e responsabilidades de cada julgador, além do programa sensorial, é importante garantir a participação dos mesmos durante todo o estudo, mantendo o interesse e a motivação.

Em uma equipe, é necessário mensurar o desempenho dos avaliadores em termos de validade e reprodutibilidade (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a). Validade é a exatidão nas respostas, que pode ser avaliada comparando os resultados da equipe com dados instrumentais ou variações conhecidas na estimulação dos sentidos. A reprodutibilidade está associada à confiabilidade para reproduzir resultados. Esta pode ser avaliada para cada julgador ou para a equipe inteira por repetição de teste, usando amostras em duplicata ou usando amostras cegas (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006). Procedimentos estatísticos, como a análise da variância, permitem avaliar o desempenho dos julgadores ou a equipe inteira para cada atributo (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a). Treinamentos da equipe devem ser feitos frequentemente, assim como, o monitoramento do desempenho dos julgadores. A repetição de treinamento permite observar a capacidade dos avaliadores. As habilidades podem ser identificadas durante a repetição de avaliações das mesmas amostras (HYLDIG et al., 2010).

Para garantir o melhor desempenho possível, a equipe deverá ser calibrada pelo uso de referências para a escala a ser utilizada. Dois aspectos são importantes para monitorar o desempenho, a exatidão da equipe (desvio) e a precisão (variabilidade). Desvio, é uma medida estatística que indica a diferença entre a pontuação dada por um julgador, a uma intensidade conhecida, de um atributo de uma referência controle. O desvio permite avaliar a habilidade

dos julgadores ou a eficácia da equipe. Variabilidade, é o desvio padrão de todas as pontuações feitas pela equipe, e pode ser calculada depois de muitas avaliações de produtos de referências ou amostras controle e à cega. Baixo desvio e baixa variabilidade são obtidos com bons julgadores. Sempre são desejáveis baixos teores do desvio absoluto. As análises estatísticas permitem identificar os julgadores que necessitam de retreinamento ou calibração (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006).

1.5.5 Fatores que afetam as análises sensoriais

Uma avaliação sensorial correta, requer que se considerem os julgadores como instrumentos de mensuração, que apresentam variações nas suas avaliações por efeito de fatores fisiológicos, psicológicos e condições físicas, as quais têm um efeito na percepção sensorial. Portanto, um controle rigoroso durante as análises sensoriais deve ser realizado (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006).

Dentro dos fatores fisiológicos, encontramos a adaptação, que indica uma diminuição ou mudança na sensibilidade a certos estímulos, como consequência de uma contínua exposição a esses estímulos. Este tipo de efeito é indesejado dado que aumentam a variância dos resultados quando se tem várias amostras com características similares (HARRY e HILDEGARDE, 2010). O realce e a supressão, são produtos da interação de estímulos apresentados simultaneamente, como no caso de misturas. No realce, a presença de uma substância aumenta a intensidade de percepção de outra. Na sinergia, a presença de uma substância aumenta a intensidade de percepção das duas substâncias combinadas. Na supressão, ocorre o oposto ao realce; neste caso, a presença de uma substância diminui a intensidade na percepção de uma mistura de duas ou mais substâncias (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006). Dentro dos fatores psicológicos, encontra-se o erro de expectativa, quando ideias pressupostas podem ser associadas às amostras (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006). Por exemplo, quando os avaliadores são cientes de que um filé ou um peixe permaneceram um tempo adicional em gelo, há uma tendência da equipe detectar com maior intensidade características associados a um produto alterado e apresentar pontuações negativas. É necessário evitar que os julgadores sejam influenciados por informação acerca da amostra. Assim, as amostras devem ser sempre codificadas ignorando o histórico das amostras (MARTINS DÓTTIR et al., 2009a; HYLDIG, 2010b). Erro de estímulo, é provocado quando critérios irrelevantes, como o tipo, aparência ou cor do recipiente no qual são apresentadas as amostras influenciam o julgador. Neste caso, os avaliadores descrevem diferenças que na realidade não existem. Erro lógico, ocorre quando duas ou mais

características estão correlacionadas na mente dos julgadores (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006).

No caso de uma equipe treinada, o líder deve alterar algumas amostras para evitar associações lógicas. Por exemplo, quando um filé de um peixe cujo músculo é escuro recebe uma pontuação negativa, em comparação com um de músculo branco, mesmo que ambos tenham igual grau de frescor (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a). O efeito halo, ocorre quando mais de um atributo de uma amostra são avaliados, a apreciação de um atributo terá influência sobre os demais. Serão obtidos resultados diferentes quando cada atributo for avaliado separadamente (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006).

O ordem de apresentação de amostras pode ter efeitos nas tendências da avaliação. Efeito padrão, os avaliadores utilizam as pistas disponíveis e rapidamente passam a identificar um padrão na ordem de apresentação. Erro de tempo, uma atitude que afeta, de certa forma, uma série de testes, ou seja, quando o julgador sentir fome, estar fatigado ou indisposto durante a avaliação das amostras (MEILGAARD, CARR E CIVILLE, 2006).

Estes efeitos precisam ser cuidadosamente minimizados utilizando uma ordem de apresentação das amostras que seja aleatória e usando códigos. Cada amostra deve aparecer em igual número de vezes em todos os pontos amostrais (HARRY e HILDEGARDE, 2010; HYLDIG, 2010b).

O erro da sugestão mútua ocorre quando a resposta de um julgador é influenciada pela de outro. Deve-se evitar que expressões faciais de um avaliador influenciem a avaliação de outro; assim, as análises devem ser feitas em cabines separadas. Opiniões e discussão sobre as amostras não podem ser permitidas. A área de avaliação também deve estar livre de barulho e fatores que possam distrair e influenciar os julgadores. Evitar a escassez de motivação; o líder da equipe deve cuidar de manter um bom clima, onde os julgadores se sintam cômodos e possam realizar um bom trabalho. Enquanto a equipe estiver mais interessada, a análises será mais eficiente (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006).

O erro de exigência e timidez (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006) pode ter lugar em equipes de provadores novas. Neste caso, encontramos julgadores com tendência a avaliar usando valores extremos da escala, podendo ser chamados de provadores de baixa ou alta exigência. Em caso contrário, os provadores tímidos preferem fazer avaliações no ponto central das escalas, para minimizar diferenças entre amostras. Para evitar estes casos, o líder

da equipe deve monitorar o desempenho de cada um dos julgadores e da equipe inteira. Em casos específicos deverá fazer retreinamento dos julgadores utilizando ilustrações, amostras de referencia e adulteradas

Em caso de julgadores em condições inadequadas de saúde, estes deverão ser dispensados de sessões de avaliação se tiverem sofrido febre ou resfriado durante o dia anterior às análises. É também o caso de provadores que sofreram transtornos ligados ao sistema nervoso e apresentam higiene dental deficiente ou gengivites. Pessoas perturbadas ou estressadas podem perder facilmente a concentração. Fumantes deverão evitar fumar no mínimo uma hora antes das análises sensoriais (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006; HYLDIG et al., 2010). O café forte deve ser evitado, uma vez que insensibiliza o palato até por uma hora. As análises das amostras não deverão ser feitas nas duas horas próximas à principal refeição do dia (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006). A fome ou saciedade podem afetar o desempenho dos avaliadores; um horário ótimo para análises deverá ser combinado com os provadores.

1.6 Método QIM – índice de qualidade para avaliação sensorial de frescor em tilápia

O QIM, “método do índice de qualidade”, se apresenta como um sistema de análise sensorial de frescor que utiliza uma escala de categorias (MARTINS DÓTTIR et al., 2009b; HYLDIG et al., 2010). Constitui, um esquema onde é possível medir a intensidade das alterações ocorridas nos atributos relevantes para uma determinada espécie. A somatória das alterações permite estimar o tempo em que o produto permaneceu armazenado em gelo, assim como, o tempo de conservação residual (HYLDIG e GREEN-PETERSEN, 2004).

Segundo Sveinsdottir et al. (2003), o esquema QIM foi originado no *Tasmanian Food Research Unit* (TFRU) e é um método de referência amplamente aceito na pesquisa. Esquemas QIM têm sido também desenvolvidos para filés de peixe e peixe congelado (HYLDIG et al., 2010).

O princípio do QIM é baseado no fato de que os julgadores não conseguem avaliar um alimento com perfeição mas podem identificar facilmente as alterações. Na avaliação das amostras, os defeitos equivalem a pontos de demérito que quando somados darão uma avaliação geral. Quanto mais sinais de deterioração, maior é a qualificação. Esta ideia está correlacionada com os testes químicos e microbiológicos, visto que quando o produto apresenta o maior grau de frescor, as avaliações se iniciam em zero ou baixos teores, e vão aumentando, conforme a temperatura e o tempo de armazenamento (HYLDIG et al., 2007).

Uma curva ideal teria que se iniciar no zero, quando o produto é o mais fresco possível (MARTINSDÓTTIR et al., 2009b).

O QIM é baseado na avaliação de atributos exteriores, que permitem identificar alterações no peixe cru e que apresentam uma relação direta com o tempo de armazenamento. Cada atributo é avaliado independentemente em uma escala de 0 a 3, e seguidamente procede-se à soma dos atributos que resulta em um total geral ou índice de qualidade (IQ) (HYLDIG et al., 2007). O índice de qualidade cresce linearmente com o tempo de armazenamento em gelo, permitindo estimar o tempo de vida útil residual (Figura 4). O QIM se diferencia do esquema da União Europeia, porque leva em consideração as diferenças entre espécies de peixes, havendo um esquema para cada espécie, distintamente. Cada QIM contém o conjunto dos atributos mais relevantes para avaliar o frescor de uma dada espécie (HYLDIG et al., 2010).

O QIM tem as vantagens de ser um procedimento rápido e confiável para avaliar frescor em peixes (SVEINSDOTTIR et al., 2003). Com este método, é possível a avaliação de 40 peixes em cerca de 20 minutos. Além de prático, é disponibilizado na internet e é um método apropriado para o ensino da avaliação de frescor para painéis novos e inexperientes, assim como, para treinar e monitorar o desempenho dos julgadores (HYLDIG et al., 2010). O esquema QIM foi desenvolvido para várias espécies: *Salmo salar* (SVEINSDOTTIR et al., 2002) (Tabela 5), *Merluccius merluccius* (BAIXAS-NOGUERAS et al., 2003), *Sparus aurata* (HUIDOBRO, PASTOR e TEJADA, 2000), *Octopus vulgaris* (BARBOSA e VAZ-PIRES, 2004), *Chelidonichthys lucernus* (BEKAERT, 2006), *Pagellus bogaraveo* (SANT'ANA, SOARES e VAZ-PIRES, 2011), *Boops boops* (BOGDANOVIĆ et al., 2012), *Oreochromis niloticus* (SOARES, 2012), *Panulirus argus* (GONÇALVES, DE LIMA e DE PAULA, 2015).

O QIM é um método objetivo, fácil de ser trabalhado e pode-se utilizar de material ilustrativo, facilitando o entendimento. Requer treinamento dos avaliadores quanto aos procedimentos sensoriais padronizados, assim como, amostragem, métodos e procedimentos bem definidos (HYLDIG et al., 2007).

Para um estudo utilizando o método QIM, os lotes devem ser homogêneos; deve-se usar uma quantidade representativa e aleatória de amostras, preferivelmente de 3 a 5 peixes para cada dia de análise. Uma equipe de provadores terá que avaliar atributos como aparência, olhos, brânquias e textura, sem determinar qual é o mais importante. Quando um atributo não pode ser avaliado, o peixe deve ser descartado e, em caso de ser frequente, o esquema deverá ser adaptado não incluindo o atributo (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a).

Figura 4 – Estimativa do tempo de armazenamento em gelo e tempo de conservação residual pelo método QIM. Fonte: adaptado de Martinsdóttir et al. (2009b)

1.6.1 Desenvolvendo um QIM

1.6.1.1 Material cru

O peixe deve ser manipulado seguindo as Boas Práticas de Manipulação e mantido resfriado em temperaturas próximas a 0 °C. O peixe inteiro deve ser colocado em caixa com gelo suficiente, que deve ser repostado durante todo o tempo do estudo. Preferivelmente, os peixes devem ser provenientes de um lote homogêneo, com características de captura e condições de armazenamento pré estabelecidas (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a; HYLDIG et al., 2010).

1.6.1.2 Elaboração do esquema QIM e prova do esquema

No desenvolvimento de um esquema QIM é necessário inicialmente elaborar um esquema preliminar. Um primeiro ensaio de observação deve ser realizado para descrever, em detalhes, as alterações dos atributos da espécie em estudo, armazenada em gelo, pelo tempo esperado de vida útil. As observações deverão ser feitas considerando a vida útil esperada, a cada 12–48 h, por uma equipe de avaliadores juntamente com o líder da equipe, fazendo uso da terminologia adequada e os conhecimentos da espécie. No final do primeiro ensaio, o líder da equipe deverá seleccionar os atributos que sofrerem as maiores alterações durante o período de estudo (SVEINSDOTTIR et al., 2003; MARTINSDÓTTIR et al., 2009b).

Tabela 5 – Esquema QIM para Salmão inteiro de cultivo (*Salmo salar*)

Atributos de qualidade		Descritores	Pontos	
Pele	Cor/aparência	Toda a pele brilhante	0	
		A pele é menos brilhante	1	
		O peixe é amarelado, principalmente perto do abdômen	2	
	Muco	Claro, não coagulado	0	
		Leitoso, coagulado	1	
		Amarelo e coagulado	2	
	Odor	Algas marinhas frescas, neutro	0	
		Pepino, metal, feno	1	
		Azedo, panos de prato	2	
		Podre	3	
		Em rigor	0	
		Marca do dedo desaparece rapidamente	1	
	Textura	Marca do dedo por mais de 3 segundos	2	
		Claro e preto, brilhante	0	
		Cinza escuro	1	
Olhos	Pupilas	Cinza mate	2	
		Convexo	0	
		Plano	1	
	Forma	Côncavo	2	
		Vermelha/marrom escuro	0	
		Vermelho claro, rosa	1	
	Cor	Marrom-cinza, marrom, cinza, verde	2	
		transparente	0	
		Leitoso, coagulado	1	
	Brânquias	Muco	Marrom, coagulado	2
Fresco, algas marinhas			0	
Metal, pepino			1	
Odor		Azedo, mofado	2	
		Podre	3	
		Sangue no abdômen	Sangue vermelho / ausente	0
Abdômen		Odor	Sangue mais acastanhada, amarelado neutro	1
			Pepino, melão	0
			Azedo, lembra de fermentação	1
		Podre / couve podre	2	
	Índice de Qualidade: 0–24 Pontos de demérito		3	

Fonte: Sveinsdottir et al. (2002)

Num segundo ensaio, o esquema preliminar deve ser testado pela equipe de provadores treinada que participou na elaboração do mesmo. Durante o tempo de estudo, os intervalos do tempo de análises devem ser fixos. Os julgadores avaliam cada atributo, descrevem o que foi observado e, no final, toda a equipe se reúne para discutir as alterações. Os resultados deverão ser analisados, para selecionar os atributos que melhor descrevem as alterações e que são de fácil avaliação. A análise dos componentes principais (PCA) ou regressões lineares são de grande ajuda para a tomada de decisões (MARTINSDÓTTIR et al., 2009b; HYLDIG et al., 2010).

O fim da vida útil para um peixe inteiro é definido como o número de dias em que o peixe pode ser armazenado em gelo até não estar mais apto para o consumo humano. O fim do tempo de armazenamento é, frequentemente, definido quando uma equipe sensorial treinada detecta sabores associados à deterioração em amostras cozidas do peixe em análise (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a). A escala Torry pode ser usada para se avaliar as alterações no sabor e odor do peixe cozido durante o tempo do estudo (HYLDIG et al., 2007).

Como último ensaio são realizadas as análises seguindo um esquema rigoroso e é gerada a curva de calibração, que é a regressão linear das pontuações dos peixes (Índice de Qualidade), para cada dia de amostragem, durante o tempo de armazenamento; e que permite determinar o número de dias que produto pode ser armazenado em gelo (HYLDIG et al., 2010).

1.7 Métodos Físico-Químicos

1.7.1 Bases nitrogenadas voláteis totais – BNVT

O BNVT é um dos métodos mais tradicionais e populares para avaliar a deterioração do pescado, dada sua simplicidade, baixa exigência de recursos, equipamentos de laboratório e pessoal (HOWGATE, 2009). O termo BNVT inclui a somatória das quantidades de amônia, produzida pela desaminação de aminoácidos e catabólitos de nucleotídeos; trimetilamina-TMA, produzida por atividade bacteriana e dimetilamina- DMA, produzida por enzimas autolíticas durante o armazenamento congelado; além de outros compostos nitrogenados básicos voláteis associados à deterioração do pescado (Figura 5). Este método é efetivo para avaliar estados avançados da deterioração, porém para muitas espécies, durante os primeiros 10 dias de armazenamento refrigerado, os teores de BNVT podem não ser confiáveis. Além disso, deverá ser levado em consideração que os resultados dependem, em grande parte, do método de análise (HUSS, 1995).

Figura 5 – Amônia, dimetilamina (DMA), trimetilamina (TMA) e bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) no músculo do pescado armazenado em gelo. Fonte: adaptado de Howgate (2009)

O método para análise de BNVT consiste, basicamente, em destilar as bases livres presentes em uma suspensão de músculo de peixe em pH alcalino e, a seguir, o destilado é titulado com um ácido ou base padronizada (HOWGATE, 2009).

Teores de BNVT em músculo de peixe acima de 30 mg N/100g tecido (CYPRIAN et al., 2013a), e TMA acima de 5 a 10 mg N/100 g tecido (ERKAN e ÖZDEN, 2008), são considerados como limite de rejeição dos produtos, indicando que este não está apto para o consumo humano.

1.7.2 Sustâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – TBARS

O início da oxidação lipídica é diretamente associada aos ácidos poliinsaturados presentes nos fosfolípidios do músculo do pescado, que são altamente susceptíveis à oxidação, como consequência da alta insaturação; a oxidação também é afetada pelo processamento e condições de armazenamento (KOLAKOWSKA, OLLEY e DUNSTAN, 2002).

A oxidação lipídica e a hidrólise, são as duas reações lipídicas mais importantes que afetam a qualidade do pescado. Destas, resulta a produção de uma grande quantidade de substâncias que têm sabores e odores desagradáveis (HUSS, 1995), mesmo quando em concentrações baixas (RUSTAD, 2010).

Da oxidação lipídica primária resultam os hidroperóxidos, que podem ser determinados por métodos químicos, devido ao seu alto potencial para oxidar o iodeto a iodo, ou para oxidar o ferro II a ferro III. A concentração de hidroperóxidos é dada como o índice

de peróxidos (PV) que é expressado em miliequivalentes (mEq) de peróxido por kg de óleo extraído do peixe. O uso do PV como índice de qualidade é discutível, considerando que os hidroperóxidos não apresentam sabor nem odor e não podem ser comparados com resultados de análises sensoriais (HUSS, 1995).

Nas últimas fases, produtos de oxidação secundária usualmente estão presentes podendo ser considerados como um índice de autooxidação, dentre os quais encontram-se os aldeídos, cetonas e ácidos graxos de cadeia curta, que apresentam odores e sabores desagradáveis (KOLAKOWSKA, 2002). Alguns dos aldeídos, produtos da oxidação secundária reagem com o ácido tiobarbitúrico formando um produto com uma cor avermelhada que pode ser determinada por espectrofotometria, permitindo a obtenção de uma medida das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (HUSS, 1995; KOLAKOWSKA, 2002).

Os resultados de análises de TBARS são expressos como o micromol (μM) de malonaldeído (MDA) presente em 1 g de óleo. Teores de PV (por titulação iodométrica) não devem ser maiores do que 10–20 mEq/kg de óleo de peixe. Teores de TBARS acima de 1–2 μM MDA/g de óleo ou 10 μM MDA/kg de peixe, indicam sabores associados ao ranço (HUSS, 1995).

1.7.3 pH

O pH do tecido muscular tem sido avaliado em grande parte dos estudos de deterioração do pescado. O pH nos peixes vivos é próximo de 7,0 e sofre alterações como resultado do processo de *rigor mortis* quando o glicogênio é transformado em ácido láctico. O conteúdo de glicogênio varia entre espécies e depende de fatores biológicos como estado nutricional e o nível de atividade (HOWGATE, 2009). Após a resolução do *rigor*, o pH no músculo do peixe apresenta um incremento que vai depender das condições de conservação. Embora o pH apresente uma variabilidade intrínseca entre espécies e peixes do mesmo lote é considerado um bom índice de deterioração (OZOGUL, 2010).

1.7.4 Textura

A textura do músculo dos peixes é um atributo de qualidade importante que depende de muitos parâmetros, tanto intrínsecos como extrínsecos. Entre os fatores que influenciam a textura dos peixes encontramos, a espécie, idade, tamanho e estado nutricional, além das alterações *post-mortem* como a glicólise, pH e *rigor mortis* (HYLDIG e NIELSEN, 2001;

COPPES, PAVLISKO e VECCHI, 2002). Em geral, os peixes provenientes da aquicultura apresentam uma textura mais macia que os peixes selvagens; isto se deve ao estilo sedentário em comparação com os selvagens (COPPES, PAVLISKO e VECCHI, 2002).

A carne dos peixes é constituída por segmentos musculares adjacentes chamados miômeros, separados uns dos outros por lâminas de tecido colagenoso chamadas mioseptos. Estes mioseptos são internamente conectados ao sistema esquelético e a pele (HYLDIG e NIELSEN, 2001).

As propriedades de textura podem ser mensuradas por métodos instrumentais, sensoriais e indiretos (métodos químicos) (COPPES, PAVLISKO e VECCHI, 2002). A textura dos peixes crus é comumente testada, na indústria, pressionando o dedo sobre a pele ou o filé. A firmeza é avaliada como uma combinação da dureza quando o filé é pressionado e fica uma marca ou há perfuração no mesmo. Este método depende grandemente da subjetividade da pessoa que realiza as análises (SIGURGISLADOTTIR et al., 1999). Este método tem uma alta importância na inspeção de peixes e tem sido incorporado como um parâmetro no Método de Índice de Qualidade (SÁNCHEZ-ALONSO, BARROSO e CARECHE, 2010).

Vários estudos das propriedades de textura do músculo de peixe, têm permitido desenvolver instrumentos que registram, com precisão, os movimentos da mastigação e realizar análises instrumentais objetivas (COPPES, PAVLISKO e VECCHI, 2002).

Para a análise do perfil de textura (TPA), o teste é imitativo, onde as amostras são comprimidas duas vezes, simulando a ação da mandíbula. Nesta análise uma curva de força-deformação é construída e analisada para determinar um número de parâmetros de textura, sendo mensurados cinco parâmetros, firmeza, coesividade, elasticidade, adesividade e fraturabilidade, e calculados os parâmetros, a mastigabilidade e a gomosidade. O TPA tem sido muito utilizado em análises de textura dos peixes e produtos de peixes (SÁNCHEZ-ALONSO, BARROSO e CARECHE, 2010).

A reprodutibilidade das mensurações de textura são afetadas pelas técnicas de amostragem, em função da heterogeneidade dos filés, uma vez que é difícil encontrar uma quantidade média representativa (SIGURGISLADOTTIR et al., 1999). A correlação entre as mensurações sensoriais e instrumentais da textura dos peixes permite conferir a eficiência dos dois métodos (COPPES, PAVLISKO e VECCHI, 2002; SÁNCHEZ-ALONSO, BARROSO e CARECHE, 2010).

1.7.5 Cor

De todos os sentidos, a visão é normalmente o primeiro usado para detectar eventos e objetos. A cor percebida de um objeto é afetada pela composição física e química do mesmo, composição espectral da fonte de luz iluminando o objeto e a sensibilidade espectral do olho do avaliador (SCHUBRING, 2010). Nos seres humanos, o apetite é estimulado ou diminuído por efeito da reação à cor dos alimentos. A qualidade inicial dos alimentos é avaliada pelos consumidores por sua cor e aparência que, rapidamente, são associados a determinados sabores. Nos alimentos cozidos, a cor é um indicador de cozimento e de alterações nos sabores e aromas (SCHUBRING, 2009). Os padrões estabelecidos para a coloração da pele no peixe podem ser considerados como um índice do bem-estar animal nas espécies de aquicultura (PAVLIDIS et al., 2006). Além disso, a aparência dos peixes é um fator importante, porque afeta a aceitação dos consumidores (SCHUBRING, 2009; 2010).

De acordo com CIE (1978), a escala de cores é dada por $L^*a^*b^*$, onde L^* indica a luminosidade, que varia em uma escala de 0 a 100, de negro a branco, a^* indica o componente vermelho quando positivo e verde quando negativo, e b^* indica o componente amarelo quando positivo e azul, quando negativo. Nos parâmetros a^* e b^* , quando o valor for zero o componente será cinza.

1.8 Métodos Microbiológicos

A perda de frescor nos peixes é originada inicialmente por atividades autolíticas que não são relacionadas à atividade microbiana. O músculo dos peixes, em vida, e no momento da captura é estéril, até haver o colapso do sistema imunológico, que favorece o crescimento microbiano. O tempo de deterioração depende, principalmente, da temperatura de armazenamento e da espécie do peixe (HUSS, 1995; GRAM e HUSS, 1996).

O estado de deterioração constitui um conjunto de alterações que sofrem os produtos, pelas quais estes são rejeitados do ponto de vista sensorial, por parte dos consumidores (GRAM et al., 2002). A deterioração dos peixes frescos armazenados a temperaturas entre 0 e 15 °C, em condições aeróbicas, resulta na produção de odores e sabores desagradáveis provindos do metabolismo microbiano de espécies como, *Shewanella putrefaciens*, *Pseudomonas* spp., *Moraxella*, *Acinetobacter* e *Vibrionaceae* (HUSS, 1995; GRAM e HUSS, 1996).

As análises microbiológicas têm como objetivo avaliar a qualidade higiênica do pescado e identificar possíveis microrganismos patogênicos. Basicamente consistem na

contagem total de microrganismos aeróbios, bactérias deteriorantes e patogênicas (HUSS, 1995; LYHS, 2009).

O número total de microrganismos ou contagem de microrganismos viáveis totais (TVC) indica o número de bactérias (UFC/g) presentes em um alimento, capaz de produzir colônias visíveis em um meio de cultura, a uma temperatura específica, e não determina a população bacteriana total (HUSS, 1995). A contagem de TVC é frequentemente usada para definir o tempo de vida útil, considerando o limite 10^7 UFC/g para pescado não processado (ICMSF, 1986; STANNARD, 1997).

Espécies psicrótróficos tornam-se dominantes durante o armazenamento dos peixes em gelo (NYCHAS e DROSINOS, 2010). Quando um peixe é rejeitado, com base na avaliação sensorial, a microflora presente é designada de microflora deteriorante, a qual pode ter sido formada por diferentes espécies (HUSS, 1995). No caso dos peixes tropicais de água doce, as *Pseudomonas* são os principais microrganismos psicrótróficos deteriorantes (HUSS, 1995; GRAM e HUSS, 1996).

1.9 Objetivos

Geral

Otimizar e validar um esquema QIM para a avaliação do frescor da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) inteira armazenada em gelo, visando estabelecer a sua vida útil.

Específicos

- Treinar uma equipe de provadores para avaliação sensorial de frescor da tilápia do Nilo inteira cru e seus filés cozidos;
- Otimizar um método de índice de qualidade (QIM) para tilápia do Nilo inteira (com vísceras) armazenada em gelo;
- Realizar um estudo de vida útil de tilápia do Nilo inteira fresca armazenada em gelo, monitorando as alterações sensoriais, físico-químicas e microbiológicas;
- Determinar a vida útil da tilápia do Nilo armazenada em gelo baseado no esquema QIM otimizado.

Referências

- ALASALVAR, C.; TAYLOR, K.D.A.; ÖKSÜZ, A.; GARTHWAITE, T.; ALEXIS, M.N.; GRIGORAKIS, K. Freshness assessment of cultured sea bream (*Sparus aurata*) by chemical, physical and sensory methods. **Food Chemistry**, London, v. 72, n. 1, p. 33-40, 2001.
- BAIXAS-NOGUERAS, S.; BOVER-CID, S.; VECIANA-NOGUÉS, T.; NUNES, M.L.; VIDAL-CAROU, M.C. Development of a Quality Index Method to Evaluate Freshness in Mediterranean Hake (*Merluccius merluccius*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 3, p. 1067-1071, 2003.
- BARBOSA, A.; VAZ-PIRES, P. Quality index method (QIM): development of a sensorial scheme for common octopus (*Octopus vulgaris*). **Food Control**, Guildford, v. 15, n. 3, p. 161-168, 2004.
- BEKAERT, K. Quality seafood: Development of a quality index method scheme to evaluate freshness of tub gurnard (*Chelidonichthys lucernus*). In: LUTEN, J. B.; JACOBSEN, C.; BEKAERT, K.; SAEBØ, A.; OEHLENSCHLÄGER, O. (Ed.). **Seafood Research from Fish to Dish: Quality, Safety and Processing of Wild and Farmed Seafood**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2006. p.289-296.
- BOGDANOVIĆ, T.; ŠIMAT, V.; FRKA-ROIĆ, A.; MARKOVIĆ, K. Development and Application of Quality Index Method Scheme in a Shelf-Life Study of Wild and Fish Farm Affected Bogue (*Boops boops*, L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 77, n. 2, p. 99-106, 2012.
- CARDENAS, A. B.; SVEINSDOTTIR, K.; MARTINSDOTTIR, E. Development of Quality Index Method (QIM) scheme for fresh cod (*Gadus morhua*) fillets and application in shelf life study. **Food Control**, Guildford, v. 18, n. 4, p. 352-358, 2007.
- COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE – CIE. **Recommendations on uniform color spaces, color, difference equations, psychometric color terms**. Paris: International Commission on Illumination, 1978. 21 p. (CIE publication, 15).
- COPPE, Z.; PAVLISKO, A.; VECCHI, S. D. Texture Measurements in Fish and Fish Products. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, London, v. 11, n. 1, p. 89-105, 2002.
- CYPRIAN, O.; LAUZON, H. L.; JÓHANSSON, R.; SVEINSDÓTTIR, K.; ARASON, S.; MARTINSDÓTTIR, E. Shelf life of air and modified atmosphere-packaged fresh tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets stored under chilled and superchilled conditions. **Food Science & Nutrition**, Malden, v. 1, n. 2, p. 130-140, 2013a.
- CYPRIAN, O. O.; SVEINSDÓTTIR, K.; MAGNÚSSON, H.; ARASON, S.; JÓHANSSON, R.; MARTINSDÓTTIR, E. Development of Quality Index Method (QIM) Scheme for Farmed Tilapia Fillets and Its Application in Shelf Life Study. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, London, v. 23, n. 3, p. 278-290, 2013b.
- CYPRIAN, O. O.; SVEINSDÓTTIR, K.; MAGNÚSSON, H.; MARTINSDÓTTIR, E. Application of Quality Index Method (QIM) Scheme and Effects of Short-Time Temperature Abuse in Shelf Life Study of Fresh Water Arctic Char (*Salvelinus alpinus*). **Journal of Aquatic Food Product Technology**, London, v. 17, n. 3, p. 303-321, 2008.

EL-SAYED, A. F. M. **Tilapia culture**. Wallingford: CABI Publishing, 2006. 304 p.

ERKAN, N.; ÖZDEN, Ö. Quality assessment of whole and gutted sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 43, n. 9, p. 1549-1559, 2008.

FAO. Cultured Aquatic Species Information Programme: *Oreochromis niloticus*. Rome, 2014. Disponível em: < http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en-tcNA00EA >. Acesso em: 23 jul. 2014.

GONÇALVES, A. A.; DE LIMA, J. T. A. X.; DE PAULA, F. E. R. Development of Quality Index Method (QIM) scheme for spiny lobster (*Panulirus argus*, Latreille, 1804) stored in ice. **Food Control**, Guildford, v. 47, p. 237-245, 2015.

GRAM, L.; HUSS, H. H. Microbiological spoilage of fish and fish products. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 33, n. 1, p. 121-137, 1996.

GRAM, L.; RAVN, L.; RASCH, M.; BRUHN, J. B.; CHRISTENSEN, A. B.; GIVSKOV, M. Food spoilage—interactions between food spoilage bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 78, n. 1–2, p. 79-97, 2002.

GUILLERM-REGOST, C.; HAUGEN, T.; NORTVEDT, R.; CARLEHÖUG, M.; LUNESTAD, B. T.; KIESSLING, A.; RØRÅR, A. M. B. Quality Characterization of Farmed Atlantic Halibut During Ice Storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, n. 2, p. 83-90, 2006.

HAMADA-SATO, N. USUI, K.; KOBAYASHIA, T.; IMADA, C.; WATANABEA, E. Quality assurance of raw fish based on HACCP concept. **Food Control**, Guilford, v. 16, n. 4, p. 301-307, 2005.

HARRY, T. L.; HILDEGARDE, H. **Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices**. Second. New York: Springer, 2010. 596 p.

HOWGATE, P. Traditional methods. In: REHBEIN, H.; OEHLenschLÄGER, J. R. (Ed.). **Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2009. cap. 2, p. 19-41.

HUIDOBRO, A.; PASTOR, A.; TEJADA, M. Quality Index Method Developed for Raw Gilthead Seabream (*Sparus aurata*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 7, p. 1202-1205, 2000.

HUSS, H. H. **Quality and quality changes in fresh fish**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1995. 195 p. (FAO. Fisheries Technical Paper, 345).

HYLDIG, G. Sensory Aspects of Heat-Treated Seafood. In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRÁ, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010a. cap. 27, p. 499-512.

_____. Sensory Descriptors In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRÁ, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010b. cap. 26, p. 481-497.

HYLDIG, G.; BREMNER, A.; MARTINSDÓTTIR, E.; SCHELVIS, R. Quality Index Methods. In: NOLLET, L. M. L. (Ed.). **Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality**. First Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2007. cap. 41, p. 529-548.

HYLDIG, G.; GREEN-PETERSEN, D. M. Quality Index Method: an objective tool for determination of sensory quality. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, London, v. 13, n. 4, p. 71-80, 2004.

HYLDIG, G.; MARTINSDÓTTIR, E.; SVEINSDÓTTIR, K.; SCHELVIS, R.; BREMMER, A. Quality Index Methods. In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRÁ, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010. cap. 25, p. 463-480.

HYLDIG, G.; NIELSEN, D. A. Review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 32, n. 3, p. 219-242, 2001.

KOLAKOWSKA, A. Lipid Oxidation in Food Systems. In: SIKORSKI, Z. Z.; KOLAKOWSKA, A. (Ed.). **Chemical and functional properties of food lipids**. Boca Raton: CRC Press, 2002. cap. 8, p. 130-163.

KOLAKOWSKA, A.; OLLEY, J.; DUNSTAN, G. A. Fish Lipids In: SIKORSKI, Z. Z. E.; KOLAKOWSKA, A. (Ed.). **Chemical and functional properties of food lipids**. Boca Raton: CRC Press, 2002. cap. 12, p. 218-261.

THE INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS – ICMSF. Sampling plans for fish and shellfish. In: _____. (Ed.). **Microorganisms in foods 2**. 2nd. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 1986. v.2, cap. 17, p. 181-196.

LYHS, U. Microbiological methods. In: REHBEIN, H.; OEHLenschLÄGER, J. R. (Ed.). **Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2009. cap. 15, p. 318-348.

MARTINSDÓTTIR, E.; SCHELVIS, R.; HYLDIG, G.; SVEINSDÓTTIR, K. Sensory evaluation of seafood: general principles and guidelines. In: REHBEIN, H.; OEHLenschLÄGER, J. R. (Ed.). **Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2009a. cap. 19, p. 411-424.

_____. Sensory evaluation of seafood: methods. In: REHBEIN, H.; OEHLenschLÄGER, J. R. (Ed.). **Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity**. Oxford: Blackwell Publishing Ltd 2009b. cap. 20, p. 425-443.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA – MPA. Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011. Disponível em: <
http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20MPA%202011%20FINAL.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2014

_____. Produção da aquicultura no Brasil. Brasília, 2014. Disponível em: <
<http://www.mpa.gov.br/index.php/aquicultura/producao>>. Acesso em: 02 dez. 2014.

MEILGAARD, M. C.; CARR, B. T.; CIVILLE, G. V. **Sensory evaluation techniques**. Boca Raton: CRC press, 2006. 464 p.

MORITA, K.; KUBOTA, K.; AISHIMA, T. Sensory characteristics and volatile components in aromas of boiled prawns prepared according to experimental designs. **Food Research International**, Barking, v. 34, n. 6, p. 473-481, 2001.

_____. Comparison of aroma characteristics of 16 fish species by sensory evaluation and gas chromatographic analysis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 83, n. 4, p. 289-297, 2003.

NYCHAS, G.-J. E.; DROSINOS, E. H. Detection of Fish Spoilage In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRA, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010. cap. 29, p. 537-555.

OEHLENSCHLÄGER, J. R. Seafood Quality Assessment. In: BOZIARIS, I. S. (Ed.). **Seafood Processing: Technology, Quality and Safety** Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2014. cap. 14, p. 361-386.

OEHLENSCHLÄGER, J.; REHBEIN, H. Basic facts and figures. In: REHBEIN, H., OEHLENSCHLÄGER, J. R. (Ed.). **Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2009. cap. 1, p.1-18.

OLAFSDÓTTIR, G.; MARTINSDÓTTIRA, E.; OEHLENSCHLÄGER, J.; DALGAARD, P.; JENSEN, B.; UNDELAND, I.; MACKIEE, I. M.; HENEHANF, G.; NIELSEN, J.; NILSENG, H. Methods to evaluate fish freshness in research and industry. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 8, n. 8, p. 258-265, 1997.

OLIVEIRA, E. G. D.; OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J.; PEREIRA, A. M. L.; LIMA, C. B. Produção de tilápia: mercado, espécie, biologia e recria. **Embrapa Meio-Norte**. Teresina, 12 p., 2007. (Circular Técnica, 45). Disponível em: <
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/69806/1/Circular45.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2014.

OZOGUL, Y. Methods for Freshness Quality and Deterioration In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRA, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010. cap. 13, p. 189-214.

RUSTAD, T. Lipid Oxidation In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRA, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010. cap. 7, p. 87-95.

SANT'ANA, L. S.; SOARES, S.; VAZ-PIRES, P. Development of a quality index method (QIM) sensory scheme and study of shelf-life of ice-stored blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*). **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 44, n. 10, p. 2253-2259, 2011.

SÁNCHEZ-ALONSO, I.; BARROSO, M.; CARECHE, M. Instrumental Texture In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRA, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010. cap. 23, p. 425-437.

SCHUBRING, R. Colour measurement In: REHBEIN, H.; OEHLENSCHLÄGER, J. R. (Ed.). **Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity**. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2009. cap. 7, p. 127-172.

_____. Quality Assessment of Fish and Fishery Products by Color Measurement. In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRA, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010. cap. 22, p. 395-424.

SHEWAN, J. M.; MACINTOSH, R. G.; TUCKER, C. G.; EHRENBERG, A. S. C. The development of a numerical scoring system for the sensory assessment of the spoilage of wet white fish stored in ice. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 4, n. 6, p. 283-298, 1953.

SIGURGISLADOTTIR, S. SIGURGISLADOTTIR, S.; HAFSTEINSSON, H.; JONSSON, A.; LIE, Ø.; NORTVEDT, R.; THOMASSEN, M.; TORRISSEN, O. Textural Properties of Raw Salmon Fillets as Related to Sampling Method. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 1, p. 99-104, 1999.

SOARES, K. M. D. P. **Método do índice de qualidade (MIQ) na estimativa da útil da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), nas formas inteira, eviscerada e em filé, armazenada em gelo**. 2012. 109 p. Dissertação (Mestrado Ciência Animal) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

STANNARD, C. Development and use of microbiological criteria for foods. **Food Science and Technology Today**, London, v. 11, n. 3, p. 137-177, 1997.

SVEINSDOTTIR, K.; HYLDIG, G.; MARTINSDOTTIR, E.; JØRGENSEN, B.; KRISTBERGSSON, K. Quality Index Method (QIM) scheme developed for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Food Quality and Preference**, Barking, v. 14, n. 3, p. 237-245, 2003.

SVEINSDOTTIR, K.; MARTINSDOTTIR, E.; HYLDIG, G.; JØRGENSEN, B.; KRISTBERGSSON, K. Application of Quality Index Method (QIM) Scheme in Shelf-life Study of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 4, p. 1570-1579, 2002.

SVEINSDÓTTIR, K.; MARTINSDÓTTIR, E.; GREEN-PETERSEN, D.; HYLDIG, G.; SCHELVIS, R. DELAHUNTY, C. Sensory characteristics of different cod products related to consumer preferences and attitudes. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 20, n. 2, p. 120-132, 2009.

SYKES, A. V.; OLIVEIRA, A. R.; DOMINGUES, P. M.; CARDOSO, C. M.; ANDRADE, J. P.; NUNES, M. L. Assessment of European cuttlefish (*Sepia officinalis*, L.) nutritional value and freshness under ice storage using a developed Quality Index Method (QIM) and biochemical methods. **LWT-Food science and technology**, London, v. 42, n. 1, p. 424-432, 2009.

TAYLOR, A. J.; ROBERTS, D. D. **Flavor perception**. Oxford: Blackwell Publishing Ltd 2004. 304p.

TEJADA, M. ATP-derived products and K-value determination. In: REHBEIN, H.; OEHLENSCHLÄGER, J. R. (Ed.). **Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2009. cap. 4, p. 68-88.

VAZ-PIRES, P.; SEIXAS, P. Development of new quality index method (QIM) schemes for cuttlefish (*Sepia officinalis*) and broadtail shortfin squid (*Illex coindetii*). **Food Control**, Guildford, v. 17, n. 12, p. 942-949, 2006.

WARM, K.; NELSEN, J.; HYLDIG, G.; MARTENS, M. Sensory quality criteria for five fish species. **Journal of Food Quality**, Wastport, v. 23, n. 6, p. 583-601, 2000.

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**, London, v. 114, n. 2, p. 505-510, 2009.

2 TREINAMENTO DA EQUIPE DE PROVADORES PARA AVALIAÇÃO SENSORIAL DE FRESCOR DA TILÁPIA DO NILO

Resumo

O objetivo desse estudo foi treinar uma equipe de provadores para avaliar o frescor da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) inteira crua e seus filés cozidos pelo Método do Índice de Qualidade – QIM. Uma equipe de sete avaliadores foi treinada durante sete sessões, sendo quatro para avaliação de tilápia inteira e três para filés cozidos, em um total de 18 h. Peixes entre 1 e 18 dias em gelo foram apresentados aos provadores para que estes identificassem e descrevessem as alterações associadas à deterioração durante o tempo de armazenamento em gelo. Um esquema QIM foi otimizado para tilápia inteira e outro foi desenvolvido para filés cozidos, com nove e quatro atributos, respectivamente. A equipe sensorial atingiu um ótimo desempenho para ambas as análises, peixe cru ($R^2 = 0,95$) e filés cozidos ($R^2 = 0,97$). O método QIM mostrou ser uma excelente opção para treinar provadores inexperientes em avaliação de frescor de peixe cru e filés cozidos.

Palavras-chave: QIM; Desempenho; Cru; Cozido

Abstract

The aim of this study was to train a sensory panel to assess the freshness of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) whole raw and their cooked fillets using the Quality Index Method – QIM. A panel of seven assessors was trained during seven sessions, four for evaluation of whole tilapia and three for cooked fillets, in a total of 18 h. Fish between 1 and 18 days stored in ice were showed to panelists to identify and describe the changes associated with the deterioration during the storage time on ice. A QIM scheme was optimized for whole tilapia and another was developed for cooked fillets with nine and four attributes, respectively. Sensory panel achieved a great performance for both analyses, raw fish ($R^2 = 0.95$) and cooked fillets ($R^2 = 0.97$). The QIM method proved to be an excellent option to train inexperienced assessors in evaluating freshness of raw fish and cooked fillets.

Keywords: QIM; Performance; Raw; Cooked

2.1 Introdução

A avaliação sensorial é a disciplina científica que evoca, mede, analisa e interpreta as reações humanas as características dos alimentos e que são percebidas através dos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (OLAFSDÓTTIR et al., 1997; MARTINSDÓTTIR et al., 2009a). O uso de métodos sensoriais permite realizar estudos de vida útil baseado na avaliação de frescor de produtos altamente perecíveis como o pescado (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a). Usualmente, estudos de vida útil são realizados por equipes de provadores treinados em avaliação de frescor do pescado. O processo de percepção sensorial pode ser dividido em três partes: a detecção dos estímulos através dos órgãos dos sentidos, a avaliação

e a interpretação pelo processo mental e a resposta do avaliador ao estímulo (HYLDIG, 2010b). No peixe, as alterações durante a deterioração ocorrem nas características sensoriais de aparência, odor, sabor e textura (OLAFSDOTTIR et al., 1997).

As análises sensoriais podem ser objetivas ou subjetivas (OLAFSDÓTTIR *et al.*, 1997). Os testes subjetivos podem ser utilizados para avaliar a atitude e resposta dos consumidores sobre um produto. Nos testes objetivos, uma equipe treinada descreve de forma objetiva os atributos de um produto usando descritores definidos (HYLDIG, 2010b).

Durante todo o treinamento é necessário fornecer um conjunto estruturado de referências, para que o aprendizado seja baseado em fatos demonstrativos que permitam aos julgadores melhorar suas habilidades (HARRY e HILDEGARDE, 2010). Assim como, permitir a familiarização com a espécie, as alterações e o grau de frescor correspondente (HYLDIG et al., 2010). A equipe deverá ser treinada durante 3 a 6 sessões, no mínimo, dependendo da experiência dos seus componentes em avaliação sensorial (SVEINSDOTTIR et al., 2003; MARTINSDÓTTIR et al., 2009b). É importante que todos os provadores contribuam na geração de uma lista de descritores; que deverá ser reorganizada e reduzida para evitar termos sobrepostos e facilitar a compreensão e uso durante avaliação sensorial (MEILGAARD, CARR e CIVILLE, 2006).

A tilápia é uma espécie de rápido crescimento, com baixas exigências de proteína e apresenta alta resistência ao estresse e doenças e pouca exigência quanto à qualidade da água (El-SAYED, 2006). No Brasil, a tilapicultura é o sistema mais consolidado, sendo a tilápia a espécie de maior produção, 253.824,1 toneladas no ano 2011 (MPA, 2011). Dada a grande importância desta espécie, é necessário estudar as alterações da espécie durante o armazenamento em gelo, como normalmente é mantida. O presente estudo teve como objetivo treinar uma equipe de provadores para a avaliação de frescor da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) inteira crua e seus filés cozidos pelo Método do Índice de Qualidade – QIM.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Matéria prima

Um total de 60 tilápias do Nilo (*O. niloticus*) foram utilizadas neste estudo. Os exemplares pesando $631 \pm 33,8$ g foram fornecidos pela Piscicultura Cristalina, situada em Fartura no interior do Estado de São Paulo, dedicada à produção de tilápias em sistemas de tanques-rede. Após despesca, o abate dos peixes foi feito por hipotermia, colocando estes em tanques com água e gelo na proporção de 2:1. Os peixes foram acomodados em caixas plásticas e cobertos com gelo em escamas. As caixas apresentavam pequenos furos no fundo

para facilitar a drenagem do gelo fundido e, diariamente, foi feita adição de gelo, para repor a quantidade fundida. Para garantir a quantidade necessária de peixes, com diferentes graus de frescor em um mesmo dia de treinamento, as amostras foram coletadas e armazenadas em diferentes dias segundo previamente planejado. Seguidamente, o lote de peixes foi transportado ao Laboratório de Pescado sediado no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ-USP, em caixas de isopor com tampa, e acomodadas em camadas de peixes intercaladas com gelo (0–2 °C). Uma vez no laboratório, os peixes foram armazenados sob refrigeração (0–4 °C) em caixas plásticas com pequenos furos no fundo e cobertos com gelo em escamas.

2.2.2 Observação preliminar das alterações na tilápia do Nilo

Um grupo de 5 peixes foi armazenado em gelo e observado diariamente por dois avaliadores para descrever as alterações que ocorriam durante 18 dias de armazenamento em gelo. As alterações ocorridas na aparência da pele, textura, olhos, parede abdominal e brânquias, ao longo do tempo, foram registradas pelo líder e utilizadas no ajuste do esquema QIM preliminar; desenvolvido no Instituto Português do Mar e da Atmosfera IPMA, em Portugal, no qual o líder recebeu treinamento.

2.2.3 Pré-seleção de provadores

Uma equipe de 7 julgadores na faixa etária entre 18 e 25 anos, foi treinada de acordo com Martinsdóttir et al. (2009b) e Meilgaard, Carr e Civille (2006). A equipe esteve constituída por estudantes de curso de Ciências dos Alimentos da ESALQ-USP, estagiários do GETEP, Grupo de Estudos e Extensão em Inovação Tecnológica e Qualidade do Pescado, no Laboratório de Pescado do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição (LAN) da ESALQ-USP. Esta equipe encontrava-se envolvida em diferentes pesquisas na área do pescado. O interesse e disponibilidade de tempo dos candidatos para realizar a avaliação sensorial de frescor do pescado, assim como o bom estado de saúde foram critérios para a formação da equipe. Porém, foi estipulado como critério de exclusão de sujeitos, a deficiência sensorial para a avaliação efetiva dos atributos em estudo.

O presente estudo contou com a aprovação da Comissão de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, COET/183.

2.2.4 Preparação e apresentação de amostras

As amostras foram preparadas segundo Martinsdóttir et al (2009a), Hyldig et al. (2010) Hyldig (2010a;b) na Planta Piloto do Laboratório de Pescado do LAN-ESALQ-USP.

2.2.4.1 Peixe inteiro cru

Grupos de 4 a 5 peixes para cada estado frescor foram apresentados aos provadores em caixas plásticas com gelo. Cada peixe foi identificado com etiqueta plástica. Aos provadores foi solicitado o preenchimento da ficha de avaliação e estes foram recrutados para a discussão após cada sessão.

2.2.4.2 Amostras cozidas

Os peixes inteiros foram escamados, lavados e filetados. As “espinhas” foram removidas cuidadosamente, e duas amostras foram retiradas de cada filé (Figura 1). Seguidamente, foram embaladas em papel alumínio e cozidas em banho-maria com agitação, durante 45 min a 98 ± 2 °C, e comparadas a uma amostra controle utilizada como referencia do cozimento (no mínimo 72 °C no centro) do lote de amostras. Cada amostra continha entre 30 a 40 g. Todas as amostras foram codificadas com números aleatórios (3 dígitos).

Figura 1 – Ilustração das porções de filés de tilápia para as análises sensoriais da amostra cozida

2.2.5 Treinamento da equipe de provadores

O treinamento consistiu de uma sessão expositiva e 7 sessões práticas; 4 para peixe cru (na Planta piloto do Laboratório de Pescado) (Figura 2) e 3 para filé cozido (na sala de avaliação sensorial) (Figura 3). Em todas as sessões práticas, as amostras foram apresentadas aos avaliadores de maior a menor grau de frescor para evitar a saturação dos sentidos dos julgadores. No total foram completadas 18 horas de treinamento. A parte expositiva, baseou-se em uma apresentação geral sobre os objetivos do projeto de pesquisa, introdução e fundamentos básicos das técnicas sensoriais e a sua importância na avaliação de frescor em pescado, aprofundando nos atributos sensoriais, uso de descritores, o Método do índice de

qualidade – QIM, e apresentação de imagens de tilápia do Nilo inteira com diferentes graus de frescor para que fossem criadas referências visuais.

Em todas as sessões o líder da equipe participou e orientou os julgadores na correta avaliação de cada atributo e no esclarecimento de dúvidas existentes, assim como, no final de cada sessão foi feita uma discussão geral.

Figura 2 – Sessões práticas de treinamento em avaliação sensorial de frescor da tilápia do Nilo armazenada em gelo

Figura 3 – Sessões práticas de treinamento em avaliação de filés cozidos de tilápia do Nilo

2.2.5.1 Sessões práticas com tilápia inteira crua

2.2.5.1.1 Sessão 1 – Observação e descrição de alterações

Essa sessão teve como objetivo colocar a equipe em contato com os peixes para que os julgadores se familiarizassem com a espécie, com os atributos a avaliar, o uso de descritores e pudessem observar em detalhes, as alterações que ocorrem. Seis grupos de peixes inteiros

com diferentes graus de frescor (2, 4, 7, 8, 11 e 15 dias em gelo) foram apresentados aos avaliadores em caixas plásticas brancas com gelo. Os avaliadores observaram as respectivas alterações nos mesmos e fizeram, a pedido do líder, descrições para cada atributo. Nessa fase, todas as amostras foram identificadas com o tempo de armazenamento (dias) para criar pontos de referência aos provadores e assim, melhorar a avaliação sensorial para peixes com diferentes graus de frescor. Foram formados dois grupos de 2 provadores, e um grupo de 3, para facilitar a discussão e ganho de confiança no momento de avaliar. No total, 9 atributos foram avaliados.

2.2.5.1.2 Sessão 2 – Uso de descritores sensoriais e esquema QIM

Essa sessão teve por objetivo aprofundar o uso de descritores para avaliação de atributos, familiarizar a equipe com as alterações inerentes à perda de frescor na tilápia, assim como, no método QIM. Foi entregue uma lista de descritores sensoriais por atributo (Tabela 1) e apresentado um esquema QIM preliminar para tilápia inteira crua (Tabela 2). Baseado neste esquema preliminar, a equipe avaliou 6 grupos de peixes inteiros com diferentes graus de frescor (5, 7, 10, 11, 14 e 18 dias em gelo). Assim, como na sessão 1, foram formados dois grupos de 2 provadores e um grupo de 3, para facilitar a discussão e ganho de confiança no momento de avaliar. No total 9 atributos foram avaliados.

2.2.5.1.3 Sessão 3 – Uso de escalas e ajustes do esquema QIM

Essa sessão teve como objetivo fazer ajustes no esquema QIM, reforçar a identificação das alterações da tilápia armazenada em gelo e aprofundar no uso do método QIM. A equipe contribuiu no ajuste do esquema, sugerindo a adição e remoção de descritores. Foram identificadas habilidades e dificuldades dos julgadores para avaliar atributos, sendo realizado um acompanhamento individual dos julgadores visando superar as dificuldades na avaliação sensorial. Nessa sessão foram avaliados 7 grupos de peixes inteiros com diferentes graus de frescor (1, 2, 5, 8, 9, 14 e 15 dias em gelo).

2.2.5.1.4 Sessão 4 – Avaliação do desempenho da equipe de provadores

Essa sessão teve como objetivo realizar uma avaliação preliminar do desempenho da equipe em análises sensoriais da tilápia crua. Os últimos ajustes no esquema QIM para peixe cru foram realizados, assim como um reforço na identificação de alterações no peixe cru. Essa sessão foi realizada à cega avaliando 6 grupos de peixes inteiros com diferentes graus de frescor (2, 7, 10, 11, 15 e 16 dias em gelo).

Tabela 1 – Descritores sensoriais de tilápia inteira crua

Atributos de qualidade		Descritores
Aparência	Pele	Brilhante, iridescente, acinzentada, pigmentos laranjas, descolorado, opaco, amarelado zona ventral (abdômen)
	Firmeza da carne	Firme, suave, mole, plástica
	Muco	Claro, leitoso, amarelo, coagulado
	Odor	Fresco, algas marinhas, neutro, pepino, metálico, soro de leite, azedo, estragado, pútrido, amoniacal
Olhos	Córnea	Límpida, transparente, opaca, leitosa, translúcida, turva
	Pupila	Preta, circular, brilhante, clara, leitosa, acinzentada, irregular, mate
	Forma	Convexa, plana, côncavo, afundado
Brânquias	Odor	Algas, neutro, metálico, oxidado, azedo, soro de leite, mofado, bolorento, sulfuroso, pútrido, estragado, amoniacal
	Cor	Vermelho brilhante, descolorada, pálida, Marrom, acastanhada, acinzentada, amareladas
	Muco	Ausente, transparente, moderado, viscoso, leitoso, coagulado, marrom
Abdômen	Parede abdominal	Firme, intacta, mole, roturas, marcas, rasgada

2.2.5.2 Sessões praticas com filés de tilápia cozidos

2.2.5.2.1 Sessão 1 – Observação e descrição de alterações

Essa sessão teve por objetivo colocar a equipe em contato com os filés cozidos da tilápia para que os provadores se familiarizassem com amostras de peixe cozido a vapor e sem temperos. Da mesma forma, como feito para os atributos a avaliar no peixe in natura, foi sugerido o uso de descritores e observação em detalhe das diferenças entre amostras com diferentes graus de frescor. Em cabines separadas, as amostras foram apresentadas na embalagem fechada, uma de cada vez. Três grupos de filés cozidos de peixes inteiros que tinham sido armazenados entre 5 e 18 dias em gelo, foram preparados. Durante essa sessão os julgadores avaliaram cheiro, cor, sabor, textura e aspecto geral. No final da sessão os julgadores receberam uma lista de descritores (Tabela 3), para ressaltar os identificados, assinalar os que não foram percebidos, assim como acrescentar alguns outros. Durante e depois da avaliação, foi discutido o uso de descritores e as alterações associadas à perda de frescor.

Tabela 2 – Esquema QIM preliminar para tilápia inteira crua

Atributos de qualidade		Descritores	Pontos de demérito	
Aparência	Pele	Brilhante, acinzentada	0	
		Menos brilhante, ligeiramente descorada	1	
		Descorada, sem brilho	2	
	Firmeza da carne	Firme, elástica	0	
		Menos firme e ainda elástica	1	
		Mole, plástica	2	
	Córnea	Límpida, transparente	0	
		Ligeiramente turva	1	
		Turva	2	
	Olhos	Pupila	Preta, brilhante	0
Ligeiramente acinzentada			1	
Acinzentada			2	
Forma		Convexa	0	
		Plana	1	
		Côncava, afundada	2	
Brânquias		Odor	Algas, fresco	0
			Metálico	1
			cheiros estranhos*: ligeiramente mofo, azedo, oxidado	2
			Azedo, sulfídrico, mofo, pútrido	3
	Cor	Vermelho brilhante	0	
		Ligeiramente descorada	1	
		Descorada, esverdeado, acastanhadas, amareladas	2	
Firme, intacta		0		
Abdômen	Parede abdominal	Menos firme, mas ainda intacta	1	
		Mole, com marcas, rasgado	2	
		Índice de Qualidade (total de pontos de demérito)		0 - 17

* não característico de peixe fresco

Tabela 3 – Descritores sensoriais de filés de tilápia cozidos

Atributos	Descritores
Cor	Claro, branco, bege, creme, acastanhado, acinzentado, amarelado
Odor	Peixe fresco cozido, batata cozida, neutro, terra, leite fervido (quente), cheiros estranhos*, rançoso, deteriorado, mofado, bolorento, azedo, pútrido, amoniacal
Firmeza	Firme, mole, pastoso
Suculência	Suculento, fibroso, seco
Sabor	Peixe fresco, terra, oxidado, ranço, metálico, mofado, bolorento, azedo, picante, soro de leite, soro deteriorado, amargo, sabores estranhos (não característicos), deteriorado, pútrido, sulfídrico

*não característicos de peixe fresco.

2.2.5.2.2 Sessão 2 – Marco de referencias e uso de escala Torry e esquema QIM

Essa sessão teve como objetivo criar marcos de referência para tilápia cozida com diferentes graus de frescor. Ao mesmo tempo foi reforçado o uso de descritores para avaliação de atributos, identificação de características principais por atributos e testar-se a facilidade no uso da escala Torry para peixe magro ajustada (Tabela 4) e um esquema QIM preliminar para filé cozido (Tabela 5).

Tabela 4 – Escala Torry ajustada para filés cozidos de tilápia

Pontos	Odor	Sabor
10	Inicialmente ligeiro odor doce, leite fervido e amido, seguido do aumento na intensidade dos odores.	Aquoso, metálico, amido, inicialmente sem doçura, mas sabor de carne, podendo desenvolver ligeira doçura.
9	Mariscos, algas marinhas, carne cozida, verduras cruas.	Doce, carne, cremoso, planta verde, característico.
8	Perda de odor, odor neutro.	Sabores doces e característicos, mas reduzidos em intensidade.
7	Aparas de madeira, seiva de madeira, vanilina.	Neutro.
6	Leite condensado, caramelo, parecido com caramelo.	Insípido.
5	Odor a leite	Ligeiramente azedo e traços de sabores não característico.
4	Ácido láctico, leite azedo	Ligeiramente amargo, sabor azedo não característico.
3	Ácido acético ou butírico, compostagem, saponáceo, nabo, seboso.	Forte, amargo, ligeiro sulfídrico.

Tabela 5 – Esquema QIM preliminar para filés de tilápia cozida

Atributos de qualidade	Descritores	Pontos de demérito
Odor	Peixe fresco cozido, batata cozida	0
	Neutro, ligeiramente a batata cozida	1
	Ligeiramente azedo, ligeiramente rançoso, cheiros estranhos*	2
	Rançoso, azedo, mofo	3
	Muito firme	0
Firmeza	Firme	1
	Menos firme	2
	Mole	3
Suculência	Suculento	0
	Menos suculento	1
	Ligeiramente fibroso	2
	Fibroso e seco	3
	Peixe fresco, batata cozida	0
Sabor	Ligeiramente peixe fresco, neutro	1
	Ligeiramente amargo, ligeiramente oxidado e estranhos*	2
	Amargo, deteriorado, oxidado	3
	Índice de Qualidade (total de pontos de demérito)	0 – 14

*não característico de peixe fresco

Finalizando essa sessão, foi discutido e escolhido o método mais prático para a equipe proceder à avaliação sensorial dos filés cozidos. Ajustes foram realizados no esquema QIM para a próxima sessão. No total foram avaliados 7 grupos de filés cozidos de peixes inteiros armazenados entre 1 e 15 dias em gelo.

2.2.5.2.3 Sessão 3 – Ajuste de esquema QIM e avaliação do desempenho da equipe

Essa sessão teve como objetivo proceder a uma avaliação preliminar do desempenho da equipe em análises sensoriais de filés cozidos de tilápia. Últimos ajustes no esquema QIM cozido foram realizados, assim como um reforço na identificação das alterações no filés cozidos. Essa sessão foi realizada à cega avaliando 6 grupos de filés cozidos de peixes inteiros entre 2 e 16 dias.

2.2.6 Análises estatísticas

As análises foram realizadas usando o *software* livre R (R Core Team, 2014). O fator tempo foi analisado via análises de regressão linear simples, para avaliar o efeito do tempo de armazenamento sobre o índice de qualidade (IQ). O coeficiente de determinação (R^2) foi usado como indicador do desempenho da equipe para avaliar cada sessão de treinamento.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Treinamento para avaliação da tilápia inteira crua

2.3.1.1 Sessão 1

Nesta sessão, os 7 avaliadores descreveram as alterações de 6 grupos de peixes em diferentes estados de deterioração usando terminologia própria. No quadro 1 pode ser observado o conjunto de termos e/ou vocabulários utilizados. Foi clara a sobreposição de termos para explicar as alterações dos 9 atributos avaliados nos peixes, assim como, também foram nomeados termos frequentes e de pouco uso, além de sinônimos para explicar intensidades diferentes. Foi evidente a dificuldade para avaliar a córnea dos peixes, tendo sido feito um esclarecimento na sessão seguinte.

2.3.1.2 Sessão 2

A equipe começou a se familiarizar com as alterações e identificar sinais de deterioração dos peixes inteiros entre 5 e 18 dias de armazenamento em gelo. Um conjunto de termos padronizados foi levantado, considerando os descritores utilizados pelos avaliadores e a terminologia encontrada na bibliografia. A equipe de provadores apresentou boa aceitação e fácil entendimento do uso do esquema QIM. Alterações de descritores por atributo foram realizados para se obter um esquema mais ajustado para a sessão seguinte. Os resultados obtidos usando o esquema QIM podem ser observados na Figura 4. Uma alta correlação entre a média do IQ e dias em gelo foi obtida ($R^2 = 0,82$), indicando que a equipe teve um claro reconhecimento das alterações nos peixes com diferentes estados de deterioração.

Figura 4 – Índice de qualidade médio e desvio padrão conforme equipe de provadores na sessão 2, para cada grupo de peixes, com diferentes tempos de armazenamento em gelo

Aparência – pele			
Escura	Preta	Verde-claro	Esverdeada-amarelada
Acinzentado	Opaca/cinza	Verde-escuro	Verde claro dégradé
Sem brilho	Brilhante	Esverdeado	Verde escuro dégradé
Azulado	Dourado	Furta cor escura	Esverdeado-acinzentado
Cor clara	Furta-cor	Amarelado	Manchas-vermelhas
Cor viva	Faixas pretas	Cabeça rosada	Pontos-avermelhados
Sem muco	Descamação	Cabeça avermelhada	Escamação aderente
Presença de muco		Escamas soltas	Perda de escamas
Pouca descamação		Pele se desmanchado	
Aparência – firmeza da carne			
Muito firme	Firme	Ligeiramente mole	Mole
Alta	Consistente	Pouco consistente	Pouco mole
Dura	Média	Muito mole	
Olhos – córnea			
Dourada	Clara	Avermelhada	Manchas vermelhas
Amarelo claro	Alaranjada	Amarelo escuro	Pouco avermelhada
Límpida	Amarelada	Extremamente escura	Levemente escura
Olhos – pupila			
Pretas	Escura	Ligeiramente leitosa	Levemente esbranquiçada
Leitoso	Desbotado	Esbranquiçada	Muito esbranquiçada
Branca	Cinza	Bem contornado	Pouco esbranquiçada
Acinzentada	Dilatada	Cinza escura	Pouquíssimo leitoso
Olhos – forma			
Convexa	Côncava	Plano	Ligeiramente côncava
Flácida	Irregular	Afundado	

Quadro 1 – Termos apresentados pelos provadores durante a primeira sessão de treinamento com peixe cru para descrever alterações dos atributos em amostras com diferentes graus de frescor

(continua)

Brânquias – odor			
Fraco	Ausente	Repugnante	Forte
Metálico	Leve	Sulfuroso	Quase-ausente
Ferrugem	Água suja	Água parada	Peixe velho
Aroma suave	Sulfuroso	Forte a sangue	Característico a peixe
Cheiro suave	Médio	Fraco de sangue	Lembra o odor de ferro
Bem suave	Intenso	Menos intenso	Ligeiramente intenso
Mais intenso	Pútrido	Pouco intenso	Ovo podre
Sangue	Azedo	Sem odor	Pouco odor de sangue
Brânquias – cor			
Vinho	Vermelho	Vermelho intenso	Não homogêneo
Vinho tinto	Homogêneo	Vinho intenso	Pouco vermelho
Rosado	marrom	Vermelho-escuro	Pouco esbranquiçado
Manchas claras		Vermelho-claro	Vermelho desbotado
Vermelho pouco intenso		Vermelho vivo	Pontas pouco rosadas
Manchas claras		Rosa avermelhado	
Brânquias – muco			
Branco	Pouco	Transparente	Viscoso
Abundante	Presente	Ausente	Pouco presente
Sem muco	Presença	Muito muco	Pouco viscoso
Bastante	Muito viscoso	Rosa	Vermelho
Abdome – parede abdominal			
Firme	Bem firme	Mais firme	Muito consistente
Menos firme	Mole	Bem mole	Levemente mole
Flácida	Muito mole	Pouco mole	Levemente consistente
Avermelhada	Rosada	Pouco rosada	Pouco consistente

Quadro 1 – Termos apresentados pelos provadores durante a primeira sessão de treinamento com peixe cru para descrever alterações dos atributos em amostras com diferentes graus de frescor

(conclusão)

2.3.1.3 Sessão 3

A equipe de provadores com o esquema QIM ajustado, avaliou o grau de frescor de 7 grupos de peixes entre 1 e 15 dias armazenados em gelo. A figura 5 mostra a pontuação média e o desvio padrão para cada grupo de peixes avaliados nessa sessão. Um alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,95$) foi obtido, mostrando um amplo domínio da equipe, de forma geral, na avaliação de frescor pelo método QIM. Sveinsdottir et al. (2003) obtiveram um coeficiente muito próximo ($R^2 = 0,97$) desenvolvendo o QIM para *Salmo salar*, com uma equipe de 9 provadores, em 6 sessões de treinamento. Sveinsdottir et al. (2002) obtiveram $R^2 = 0,96$ com uma equipe de 12 provadores e 2 sessões de treinamento, Sykes et al. (2009), $R^2 = 0,98$ com 5 provadores, Pons-Sánchez-Cascado et al. (2006), $R^2 = 0,99$ com 8 julgadores, Lyhs e Schelvis-Smit (2005), $R^2 = 0,91$ com 5 provadores e Vaz-Pires e Seixas (2006), $R^2 = 0,99$ com 3 provadores. Na Figura 6 é apresentada a avaliação individual dos provadores nessa sessão. Uma baixa variação é observada entre avaliadores para cada dia, exceto o provador 5 no dia 8, que teve uma média acima dos demais, que reflete um maior grau de exigência do provador em relação à equipe.

Figura 5 – Índice de qualidade médio e desvio padrão conforme a equipe de provadores na sessão 3, para cada grupo de peixes, com diferentes tempos de armazenamento em gelo

Figura 6 – Índice de qualidade médio conforme cada provador na sessão 3, para cada grupo de peixes, com diferentes tempos de armazenamento em gelo

2.3.1.4 Sessão 4

A equipe com o esquema QIM ajustado avaliou o grau de frescor de 6 grupos de peixes entre 2 e 16 dias de armazenamentos em gelo. A Figura 7 mostra a pontuação média e o desvio padrão para cada grupo de peixes avaliado. Nessa sessão foi atingido um alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,95$) comparável com os obtidos por Sveinsdottir et al. (2002) ($R^2 = 0,95$) e Sveinsdottir et al. (2003) ($R^2 = 0,96$) usando painéis de 9 e 12 avaliadores respectivamente, e acima do obtido por Baixas-Nogueras et al. (2003) ($R^2 = 0,92$), com uma equipe de 8 provadores. Conclui-se que a equipe esteve bem treinada e especializada para realizar a avaliação do frescor da tilápia do Nilo em gelo. Embora, em se tratando de uma equipe nova de provadores, esta apresentou um alto desempenho, comparável com as equipes dos principais institutos de pesquisa de frescor em pescado na Europa. Na Figura 8 é apresentada a avaliação individual dos provadores nessa sessão. Há uma evidente proximidade nas avaliações médias entre os julgadores, refletindo o bom desempenho prévio às análises de vida útil da tilápia do Nilo.

Figura 7 – Índice de qualidade médio e desvio padrão conforme a equipe de provadores na sessão 4, para cada grupo de peixes, com diferentes tempos de armazenamento em gelo

Figura 8 – Índice de qualidade médio conforme cada provador na sessão 4, para cada grupo de peixes, com diferentes tempos de armazenamento em gelo

2.3.2 Treinamento para avaliação de tilápia cozida

2.3.2.1 Sessão 1

A equipe teve a sua primeira experiência em avaliação sensorial de peixe cozido sem temperos. Nessa sessão foi possível criar marcos de referências de filés cozidos de tilápia com diferentes graus de frescor. Foram analisados, cuidadosamente, odor, cor, sabor, suculência e firmeza, sendo o odor e sabor os atributos mais difíceis de avaliar pela pouca memória olfativa e gustativa da equipe com relação ao peixe cozido. Hyldig (2010b) indica que a avaliação do odor é uma das mais complexas, dado que os receptores são facilmente saturados e uma anosmia (insensibilidade a odores específicos) pode ser comum, afetando diretamente na percepção do sabor. Não sendo estranho que isso aconteça com painéis pouco experientes.

2.3.2.2 Sessão 2

Levando em consideração as dificuldades observadas na sessão 1, a equipe realizou avaliação por um esquema QIM e uma escala Torry ajustada para peixe cozido. Os provadores adquiriram maior confiança e facilidade para avaliar o peixe cozido usando o esquema QIM. Ao contrário, a escala Torry demanda uma ampla e experiente memória olfativa e gustativa dos provadores difícil de ser encontrada nos avaliadores em painéis novos e inexperientes.

No total, foram avaliados 4 grupos de amostras de peixes com diferentes graus de frescor, entre 2 e 16 dias armazenados em gelo. Na Figura 9 é mostrada a pontuação média e desvio padrão obtidos para cada grupo de amostras avaliadas nessa sessão. O alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,88$) indica uma forte correlação entre o índice de qualidade e os dias em gelo, o que reflete um importante domínio do método QIM para realizar a avaliação de filé cozido. Na Figura 10 pode ser observada a avaliação individual dos provadores nessa sessão, sendo evidente a ampla variação nas pontuações médias entre julgadores para o mesmo grupo de amostras. Isto deve-se à ampla variabilidade nos atributos de qualidade próprios das amostras cozidas, mesmo pertencendo a peixes com o mesmo tempo em gelo. Porém, há uma clara tendência de incremento do índice de qualidade em função do tempo de armazenamento em gelo.

Figura 9 – Índice de qualidade médio e desvio padrão conforme equipe de provadores na sessão 2, para cada grupo de filés cozidos de tilápia, nos diferentes tempo de armazenamento

Figura 10 – Índice de qualidade médio conforme cada provador na sessão 2 para cada grupo de filés cozidos de tilápia nos diferentes tempo de armazenamento

2.3.2.3 Sessão 3

O método QIM foi escolhido para realizar a avaliação da tilápia cozida, baseado no desenvolvimento da equipe, assim como pela conveniência para ser usado por julgadores novos e com pouca experiência em avaliação sensorial de peixe cozido. Além disto, a equipe mostrou um importante desempenho na sessão 2. No total, foram avaliadas 3 grupos de amostras de peixes com diferente grau de frescor, entre 2 e 15 dias em gelo. Na Figura 11 é apresentada a pontuação média e desvio padrão para cada grupo de amostras avaliadas nessa sessão. Pode ser observado o grande avanço da equipe para avaliação de tilápia cozida, passando de $R^2 = 0,88$, na sessão 2 para $R^2 = 0,97$ na sessão 3. A equipe de provadores, após finalizar a fase de treinamento obteve um excelente desempenho que evidencia o alto de grau de confiabilidade para realizar a avaliação de tilápia cozida em um estudo de vida útil.

Na Figura 12 pode ser observada a avaliação individual dos provadores nessa sessão, e a variação nas pontuações medias entre julgadores para o mesmo grupo de amostras. Essa variação esta associada à variabilidade nos atributos de qualidade próprios das amostras cozidas.

Figura 11 – Índice de qualidade médio e desvio padrão conforme a equipe de provadores na sessão 3, para cada grupo de filés cozidos de tilápia, nos diferentes tempo de armazenamento

Figura 12 – Índice de qualidade médio conforme cada provador na sessão 3, para cada grupo de filés cozidos de tilápia, nos diferentes tempo de armazenamento

2.4 Conclusões

O método QIM pode ser considerado uma excelente opção para treinar provadores inexperientes em avaliação sensorial de peixe cru. Um total de 4 sessões práticas foi suficiente para a equipe atingir um bom nível de identificação e descrição de alterações associadas à perda de frescor. Este fato se reflete no alto desempenho avaliado utilizando o coeficiente de determinação da regressão $R^2 = 0,95$ que indicou uma alta correlação entre o IQ médio e o tempo em gelo na curva de calibração da ultima sessão de treinamento.

Como visto para o peixe cru, o método QIM também se adequa para equipes de provadores inexperientes avaliarem o peixe cozido, diferentemente da escala Torry, que exige elevada memória olfativa e gustativa, normalmente difícil de encontrar em provadores novos.

O treinamento de provadores para análises sensoriais de tilápia cozida foi mais complexo do que o treinamento com peixe cru, pela baixa memória olfativa e gustativa que afeta a identificação e descrição de atributos de qualidade, e que muitas vezes está associada ao baixo consumo de peixe, assim como à complexidade dos sentidos envolvidos (gosto e olfato). No entanto, a equipe atingiu um desempenho $R^2 = 0,97$, que comprova o alto grau de confiabilidade para avaliar atributos de qualidade da tilápia cozida pelo método QIM. Usando-se uma equipe de provadores inexperiente, é sugerido realizar o maior número de sessões de treinamento possível, até atingir um alto grau de confiança e de reconhecimento das alterações nas amostras cozidas. A baixa oferta real de peixe fresco no mercado gera modelos de referência equivocados sobre o que verdadeiramente é um peixe fresco cru e cozido, o que foi evidenciado no início das sessões de treinamento com todos os provadores.

A criação de duplas de provadores durante o treinamento foi importante para gerar discussão das alterações entre eles e fortalecer a autoconfiança na avaliação sensorial. Não é sugerido criar grupos de 3 ou mais provadores, porque há uma tendência de se cometer o erro de sugestão mútua, onde todos os provadores dão a mesma pontuação que o líder do grupo para todos os exemplares, dificultando assim a avaliação do desempenho real de cada provador.

O acompanhamento de todos os avaliadores pelo líder da equipe, em cada uma das sessões, é importante para identificar casos como a baixa motivação ou o pouco entendimento do método, e assim, trabalhar rapidamente nisto e garantir um treinamento bem sucedido. No caso de um provador requerer ajuda, este deverá ser acompanhado diretamente nas próximas sessões e orientado tanto quanto for necessário.

Referências

- BAIXAS-NOGUERAS, S.; BOVER-CID, S.; VECIANA-NOGUÉS, T.; NUNES, M.L.; VIDAL-CAROU, M.C. Development of a Quality Index Method to Evaluate Freshness in Mediterranean Hake (*Merluccius merluccius*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 3, p. 1067-1071, 2003.
- EL-SAYED, A. F. M. **Tilapia culture**. Wallingford: CABI Publishing, 2006. 304 p.
- HARRY, T. L.; HILDEGARDE, H. **Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices**. Second. New York: Springer, 2010. 596 p.
- HYLDIG, G. Sensory Aspects of Heat-Treated Seafood. In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRÁ, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010a. cap. 27, p. 499-512.
- _____. Sensory Descriptors In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRÁ, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010b. cap. 26, p. 481-497.
- HYLDIG, G.; MARTINSDÓTTIR, E.; SVEINSDÓTTIR, K.; SCHELVIS, R.; BREMMER, A. Quality Index Methods. In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRÁ, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010. cap. 25, p. 463-480.
- LYHS, U.; SCHELVIS-SMIT, R. Development of a Quality Index Method (QIM) for Maatjes Herring Stored in Air and Under Modified Atmosphere. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, London, v. 14, n. 2, p. 63-76, 2005.
- MARTINSDÓTTIR, E.; SCHELVIS, R.; HYLDIG, G.; SVEINSDÓTTIR, K. Sensory evaluation of seafood: general principles and guidelines. In: REHBEIN, H.; OEHLenschläGER, J. R. (Ed.). **Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity**. Oxford: Blackwell Publishing Ltd 2009a. cap. 19, p. 411-424.
- _____. Sensory evaluation of seafood: methods. In: REHBEIN, H.; OEHLenschläGER, J. R. (Ed.). **Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity**. Oxford: Blackwell Publishing Ltd 2009b. cap. 20, p. 425-443.
- MEILGAARD, M. C.; CARR, B. T.; CIVILLE, G. V. **Sensory evaluation techniques**. Boca Raton: CRC press, 2006. 464 p.
- MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA – MPA. Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011. Disponível em: <
http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20MPA%202011%20FINAL.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2014
- OLAFSDÓTTIR, G.; MARTINSDÓTTIR, E.; OEHLenschläGER, J.; DALGAARD, P.; JENSEN, B.; UNDELAND, I.; MACKIEE, I. M.; HENEHANF, G.; NIELSEN, J.; NILSENG, H. Methods to evaluate fish freshness in research and industry. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 8, n. 8, p. 258-265, 1997.
- PONS-SÁNCHEZ-CASCADO, S. VIDAL-CAROU, M. C.; NUNES, M. L.; VECIANA-NOGUÉS, M.T. Sensory analysis to assess the freshness of Mediterranean anchovies (*Engraulis encrasicolus*) stored in ice. **Food Control**, Guildford, v. 17, 564-569, 2006.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014.

SVEINSDOTTIR, K. ; HYLDIG, G.; MARTINSDOTTIR, E.; JØRGENSEN, B.; KRISTBERGSSON, K. Quality Index Method (QIM) scheme developed for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Food Quality and Preference**, Barking, v. 14, n. 3, p. 237-245, 2003.

SVEINSDOTTIR, K.; MARTINSDOTTIR, E.; HYLDIG, G.; JØRGENSEN, B.; KRISTBERGSSON, K. Application of Quality Index Method (QIM) Scheme in Shelf-life Study of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 4, p. 1570-1579, 2002.

SYKES, A. V.; OLIVEIRA, A. R.; DOMINGUES, P. M.; CARDOSO, C. M.; ANDRADE, J. P.; NUNES, M. L. Assessment of European cuttlefish (*Sepia officinalis*, L.) nutritional value and freshness under ice storage using a developed Quality Index Method (QIM) and biochemical methods. **LWT-Food science and technology**, London, v. 42, n. 1, p. 424-432, 2009.

VAZ-PIRES, P.; SEIXAS, P. Development of new quality index method (QIM) schemes for cuttlefish (*Sepia officinalis*) and broadtail shortfin squid (*Illex coindetii*). **Food Control**, Guildford, v. 17, n. 12, p. 942-949, 2006.

3 OTIMIZAÇÃO DO ESQUEMA QIM – MÉTODO DO ÍNDICE DE QUALIDADE PARA TILÁPIA DO NILO INTEIRA ARMAZENADA EM GELO

Resumo

O objetivo desse estudo foi otimizar um esquema QIM – Método do Índice de Qualidade para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) inteira, armazenada em gelo, e avaliar a sua vida útil. Os exemplares foram armazenados durante 13 dias em gelo e observadas as alterações dos atributos de qualidade (aparência, brânquias, olhos, parede abdominal) após 1, 3, 6, 8, 10 e 13 dias. Três lotes de tilápia foram usados e a vida útil da tilápia do Nilo armazenada em gelo foi determinada em oito dias, com base no critério sensorial dos filés cozidos, e pode ser usada como referência para prever o tempo de conservação residual. O índice de qualidade apresentou uma alta correlação linear com o tempo em gelo ($IQ = 1,3865 \times \text{dias} + 0.7922$, $R^2 = 0,96$), assim como, todos os atributos de qualidade. As análises sensoriais mostraram ser adequadas e confiáveis para avaliar o grau de frescor da tilápia, porém é recomendado usar, no mínimo, 4 peixes e mais do que um avaliador.

Palavras-chave: Vida útil; Frescor; Sensorial; Inteira.

Abstract

The aim of this study was to optimize a QIM (Quality Index Method) scheme for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) whole, stored on ice, and evaluate its shelf-life. The samples were stored on ice for 13 days and observed changes in quality attributes (appearance, gills, eyes, abdomen) after 1, 3, 6, 8, 10 and 13 days. Three batches of tilapia were used and the shelf-life of Nile tilapia stored on ice was determined in eight days, based on sensory analysis of cooked fillets, and can be used as references for predicting the remaining shelf life. The quality score had a high linear correlation with time on ice ($QI = 1.3865 \times \text{days} + 0.7922$, $R^2 = 0.96$), as well as all quality attributes. Sensory analysis showed to be adequate and reliable for assessing the degree of freshness of tilapia, but it is recommended to use at least 4 fish and more than one assessors.

Keywords: Shelf-life; Freshness; Sensory; Whole

3.1 Introdução

O Método do Índice de Qualidade (QIM) é uma análise sensorial que utiliza uma escala categórica, onde o esquema mede o grau e a taxa das alterações em atributos importantes; a somatória das alterações pode ser interpretada como o tempo equivalente de armazenamento e tempo de vida útil residual (HYLDIG et al., 2010). Cada atributo é avaliado, independentemente, em uma escala de 0 a 3; quanto mais sinais de deterioração, maior é a quantificação (HYLDIG et al., 2007). Esta idéia está correlacionada com o fato de que nos testes químicos e microbiológicos, quando o produto apresenta o maior grau de frescor as avaliações se iniciam em zero ou baixos teores, e vão aumentando, conforme a temperatura e

o tempo de armazenamento (HYLDIG et al., 2007). No caso de um produto ser muito fresco a curva ideal teria que se iniciar no valor zero (MARTINSDÓTTIR et al., 2009b).

O QIM tem as vantagens de ser um procedimento rápido e confiável para avaliar frescor em peixes (SVEINSDOTTIR et al., 2003). Esquemas QIM tem sido desenvolvidos para várias espécies: *Salmo salar* (SVEINSDOTTIR et al., 2002), *Merluccius merluccius* (BAIXAS-NOGUERAS et al., 2003), *Sparus aurata* (HUIDOBRO, PASTOR e TEJADA, 2000), *Octopus vulgaris* (BARBOSA e VAZ-PIRES, 2004), *Chelidonichthys lucernus* (BEKAERT, 2006), *Pagellus bogaraveo* (SANT'ANA, SOARES e VAZ-PIRES, 2011), *Boops boops* (BOGDANOVIĆ et al., 2012), *Oreochromis niloticus* (SOARES, 2012), *Panulirus argus* (GONÇALVES, DE LIMA e DE PAULA, 2015).

O esquema QIM para peixe inteiro pode ser usado em estudos de vida útil para prever o tempo de armazenamento em gelo e a vida útil residual. O final da vida útil é definido quando a equipe sensorial treinada identifica sabores associados à deterioração em amostras cozidas do peixe em estudo (MARTINSDÓTTIR et al., 2009a).

A tilápia é caracterizada por ser uma espécie de alta resistência ao estresse e doenças, adaptar-se a baixa qualidade da água e ser de rápido crescimento com baixas exigências de proteína (EL-SAYED, 2006). A tilápia é a espécie de maior produção no Brasil, com 253.824,1 toneladas no ano 2011, bem como a tilapicultura é o sistema mais consolidado (MPA, 2011). Diversos estudos tem sido realizados para avaliar a qualidade da tilápia do Nilo por métodos sensoriais (RODRIGUES, 2008; SOARES, 2012; SANTOS, 2013). Porém, os estudos sensoriais não estão sendo validados ao utilizar o método QIM para determinar a vida útil da tilápia do Nilo inteira em gelo. O objetivo desse estudo foi otimizar um esquema QIM para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) inteira e avaliar a sua vida útil armazenada em gelo.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Matéria prima

Um total de 138 tilápias do Nilo (*O. niloticus*) foram utilizadas neste estudo. Os exemplares com peso de $652 \pm 23,6$ g, foram fornecidos pela Piscicultura Cristalina, situada em Fartura no interior do Estado de São Paulo, dedicada à produção de tilápia em sistemas de tanques-rede. Após despesca, o abate dos peixes foi feito por hipotermia, colocando estes em tanques com água e gelo na proporção de 2:1. Seguidamente, o lote de peixes foi transportado ao Laboratório de Pescado sediado no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ-USP, em caixas de isopor com tampa, acomodados em camadas de peixes

intercaladas com gelo (0–2 °C). Uma vez no laboratório, os peixes foram armazenados sob refrigeração (0–4 °C) em caixas plásticas com fundo perfurado e cobertos com gelo em escamas (Figura 1).

Figura 1 – Acondicionamento dos peixes com gelo em caixas plásticas de fundo perfurado

3.2.2 Procedimentos de avaliação da vida útil da tilápia pelo método QIM

A vida útil da tilápia do Nilo foi avaliada usando um esquema QIM para peixe cru (Tabela 1) e outro para filés cozidos (Tabela 2) que foi desenvolvido e ajustado durante a fase de treinamento (capítulo 1). O estudo foi realizado em três lotes (3 repetições), com 12 sessões de avaliação (6 para peixe cru e 6 para filés cozidos) com duração de 30 a 45 min cada. Uma equipe de 7 provadores com faixa etária entre os 18 e 25 anos, treinados previamente, de acordo a Martinsdóttir et al. (2009b) e Meilgaard, Carr e Civille (2006), avaliou um total de 9 atributos de qualidade no peixe cru e 4 nos filés cozidos.

3.2.3 Preparação e apresentação de amostras

As amostras foram preparadas segundo Martinsdóttir et al (2009a), Hyldig et al. (2010) Hyldig (2010a;b) na Planta Piloto do Laboratório de Pescado do LAN-ESALQ-USP.

3.2.3.1 Peixe inteiro cru

Um total de 5 peixes foram usados para cada sessão de avaliação, dos quais 4 peixes foram avaliados por cada provador. Um peixe em caixa plástica, tipo PVC com suficiente gelo foi apresentado em cada cabine (Figura 2). Cada peixe foi identificado com etiqueta de plástico de codificação aleatória de 6 dígitos, usando só os 3 últimos para se referir mais facilmente na ficha de avaliação.

Tabela 1 – Esquema QIM para avaliação sensorial da tilápia do Nilo inteira crua

Atributos		Descritores	Pontos de demérito	
Aparência	Pele	Brilhante, esverdeada	0	
		Pouco brilhante, ligeiramente descorada	1	
		Opaca, descorada	2	
	Firmeza da carne	Muito firme, elástica	0	
		Firme e ainda elástica	1	
		Ligeiramente mole	2	
	Córnea	Límpida, transparente	0	
		Ligeiramente turva	1	
		Turva	2	
Olhos	Pupila	Preta, brilhante	0	
		Ligeiramente leitosa, opaca	1	
		Branca-acinzentada	2	
	Forma	Convexa	0	
		Plana	1	
		Côncava	2	
	Brânquias	Odor	Algas, fresco, neutro	0
			Ligeiramente metálico	1
			Ferrugem	2
		Sulfídrico, azedo	3	
		Vermelho brilhante, vermelho violeta	0	
		Ligeiramente escurecida	1	
Cor		Escurecida	2	
		Ligeiro e transparente	0	
		Muco	Ligeiramente viscoso e leitoso	1
Viscoso e leitoso	2			
Abdômen	Parede abdominal		Firme	0
	Ligeiramente mole	1		
	Mole	2		
Índice de Qualidade (total de pontos de demérito)			0 – 19

Figura 2 – Apresentação das amostras de peixes crus em gelo e identificadas

3.2.3.2 Amostras cozidas

Os peixes inteiros foram descamados, lavados e filetados. As “espinhas” foram removidas cuidadosamente e duas amostras foram retiradas de cada filé. Seguidamente, foram embaladas em papel alumínio, e cozidas em banho-maria, com agitação (Figura 3), durante 45 min a 98 ± 2 °C, em paralelo com uma amostra controle usada como referência do cozimento (no mínimo 72 °C no centro). Cada embalagem apresentava 30 a 40 g. Todas as amostras foram codificadas com números aleatórios de 3 dígitos. No total, foram preparadas 14 amostras de tilápia cozida, sendo avaliadas em duplicata, de forma individual por provador e em cada cabine (Figura 4).

Tabela 2 – Esquema QIM para avaliação sensorial dos filés cozidos de tilápia do Nilo

Atributos	Descritores	Pontos de demérito
Odor	Peixe fresco cozido, amido	0
	Ligeiramente a peito de franco cozido	1
	Neutro*	2
	Ligeiramente estranho**	3
Firmeza	Muito firme	0
	Firme	1
	Menos firme	2
	Mole, pastosa	3
Suculência	Suculento	0
	Menos suculento	1
	Ligeiramente fibroso	2
	Fibroso e seco	3
Sabor	Característico da tilápia	0
	Ligeiro a tilápia	1
	Insipido*	2
	Ligeiramente estranho**	3
Índice de Qualidade (total de pontos de demérito)		0 – 12

*Indica a transição de características positivas a negativas

**não característicos de tilápia fresca cozida

3.2.4 Análises estatísticas

Os dados foram apresentados como média $\pm$ desvio padrão e submetidos à análise de variância (ANOVA). O teste de Tukey foi aplicado para comparar as pontuações médias entre lotes e dias analisados. O fator tempo foi analisado via regressão linear, para avaliar o efeito do tempo de armazenamento nos atributos mesurados. O coeficiente de determinação (R^2) foi usado como indicador de ajuste do modelo de regressão dos lotes estudados. Análise multivariada por componentes principais (PCA) foi aplicada para analisar simultaneamente

todos os atributos e avaliar a importância de cada um dos atributos no esquema QIM. Todas as inferências foram feitas a um nível de 5% de significância. As análises foram realizadas usando o software livre R (R Core Team, 2014).

Figura 3 – Preparação das amostras para avaliação sensorial de filés cozidos. a – descamação; b – filetagem; c – corte; d – amostras embaladas em papel alumínio; e – cozimento das amostras em banho-maria

Figura 4 – Apresentação ao provador das amostras de filé cozido para avaliação sensorial

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Método do Índice de Qualidade (QIM) para tilápia inteira crua

O esquema QIM otimizado para tilápia do Nilo armazenada em gelo, apresentou-se, com 19 pontos de deméritos e a descrição de 9 atributos de qualidade para aparência, olhos, brânquias e abdômen. O esquema otimizado permitiu a obtenção de uma descrição detalhada

das alterações ocorridas na tilápia do Nilo. O índice de qualidade (IQ) apresentou uma alta correlação linear ($R^2 = 0,96$) com o tempo de armazenamento em gelo (Figura 5). Essa evolução pode ser expressada pela equação $IQ = 1,3865 \times \text{dias} + 0,7922$. Esse QIM otimizado é mais simples e fácil do que o desenvolvido por Soares (2012) para a mesma espécie usando 32 pontos de demérito e 15 atributos de qualidade com uma equipe de 3 provadores.

Figura 5 – Evolução do IQ médio da tilápia do Nilo durante o tempo de armazenamento em gelo. Cada ponto representa o valor médio do IQ de 12 peixes (4 peixes por lote) avaliados por 7 provadores para cada dia de estudo

Houve diferença estatística significativa ($P < 0,05$) nas médias do IQ entre lotes para a maioria dos dias analisados (Tabela 3), o que indica que os lotes tiveram taxas de deterioração diferentes durante o tempo de armazenamento em gelo. Os 3 lotes apresentaram uma tendência linear crescente com alta correlação: $R^2 = 0,98$, $0,94$ e $0,98$. A Figura 6 mostra a evolução de cada lote estudado. Resultados similares foram obtidos por Gonçalves, Antas e Nunes (2007) estudando as alterações sensoriais da “Senegalese sole” (*Solea senegalensis*) de cultivo em três épocas diferentes. A variação entre o valor médio de IQ para cada dia entre lotes, pode ser atribuído às variações biológicas entre indivíduos, o que foi concluído também por Sveinsdottir et al. (2003) e Martinsdottir et al. (2009b).

A avaliação individual é apresentada na Figura 7, onde é observada uma grande proximidade entre as avaliações de cada um dos avaliadores para cada dia de estudo. O provador 4 apresenta valores médios ligeiramente acima do resto dos provadores, fato que se deve a um maior grau de exigência na avaliação. Sveinsdottir et al. (2002; 2003) obtiveram variações no IQ, durante todo o tempo de estudo, encontrando pontuações acima e abaixo do geral em cada um dos dias de amostragem.

Tabela 3 – IQ médio para cada lote e dia avaliado com o esquema QIM (cru) para tilápia do Nilo armazenada em gelo (teores médios)

Dia	Lote 1	Lote 2	Lote 3
1	$1,08 \pm 0,83^{Aa}$	$1,00 \pm 1,17^{Aa}$	$1,35 \pm 0,97^{Aa}$
3	$3,64 \pm 1,43^{Ba}$	$5,26 \pm 2,21^{Bbc}$	$4,39 \pm 2,48^{Bac}$
6	$8,87 \pm 2,27^{Ca}$	$11,80 \pm 1,55^{Cb}$	$11,10 \pm 1,81^{Cb}$
8	$11,18 \pm 2,27^{Da}$	$14,05 \pm 1,95^{Db}$	$13,03 \pm 1,54^{Db}$
10	$14,25 \pm 1,79^{Ea}$	$16,89 \pm 1,35^{Eb}$	$15,60 \pm 1,82^{Eab}$
13	$16,25 \pm 1,25^{Fa}$	$17,87 \pm 0,94^{Eb}$	$17,20 \pm 1,50^{Eab}$

Médias com letra maiúscula diferente indicam diferença significativa do IQ entre dias em gelo dentro do mesmo lote ($P < 0,05$). Médias com letra minúscula diferente indicam diferença significativa do IQ entre lotes para o mesmo dia ($P < 0,05$).

Figura 6 – Evolução do IQ médio da tilápia do Nilo durante o tempo de armazenamento em gelo para cada lote. Cada ponto representa o valor médio do IQ dado pelos 7 provadores para cada dia de estudo

Figura 7 – Evolução do IQ médio da tilápia do Nilo durante o tempo de armazenamento em gelo por avaliador. Cada ponto representa o valor médio do IQ dado por cada avaliador para cada dia de estudo

3.3.2 Alterações nos atributos de qualidade da tilápia do Nilo em gelo

No método QIM o índice de qualidade total corresponde à somatória da pontuação de cada atributo avaliado para cada dia de armazenamento em gelo (Tabela 4, Figura 8). Pode ser observado que cada atributo tem uma taxa de deterioração específica, enquanto alguns atributos apresentam sinais rápidos de deterioração, como os observados na parede abdominal e na pupila, outros apresentam alterações mais lentas como a transparência da córnea e a cor das brânquias.

A tilápia do Nilo, fresca, apresenta cor de pele esverdeada, brilhante e iridescente (Figura 9); a camada de muco e a cabeça pode ter um ligeira cor rosa, que chega até as barbatanas pectorais e pélvicas e vai se perdendo conforme aumenta o tempo em gelo. A textura é muito firme, devido à influência das escamas que promovem a rigidez que é sentida na avaliação com o dedo. O olho tem forma côncava e apresenta a córnea límpida e transparente e a pupila preta e brilhante (Figura 10). As brânquias podem ter um cheiro a algas ou neutro, podem ser de cor vermelho brilhante ou também vermelho violeta, apresentando uma camada de muco transparente (Figura 11). A parede abdominal é firme, mas não pode ser comparada com o grau de firmeza da parte dorsal do peixe.

A tilápia do Nilo depois de 13 dias em gelo apresenta a pele sem brilho, com perda total da cor esverdeada e iridescência. A camada de muco é totalmente ausente por efeito da lavagem com o gelo fundido. A cabeça apresenta uma cor rosa vivo. A textura pode ser considerada como ligeiramente mole mas não totalmente mole, em função das escamas que conferem uma rigidez aparente. O olho é totalmente afundado e pode apresentar a córnea ligeiramente turva e a pupila branca-acinzentada. As brânquias podem apresentar cheiros fortes a azedo, de ferrugem ou sulfídricos; a cor se apresenta escurecida na parte final dos filamentos branquiais, mas também há casos de estarem mais claras; o muco apresenta cor leitosa, amarelada e é muito viscoso. A parede abdominal é muito mole.

A análise de componentes principais indica que todos os atributos avaliados apresentaram uma alta correlação com o tempo de armazenamento em gelo (Tabela 4, Figura 12). Os resultados mostram que o primeiro componente explica grande parte da variância dos dados (74,8%), e o segundo 5,4%.

Tabela 4 – Atributos avaliados usando o esquema QIM (cru) para tilápia do Nilo em gelo e a correlação com o tempo de armazenamento em dias (valores médios)

Atributos	Dias em gelo						Correlação (<i>r</i>)
	1	3	6	8	10	13	
Cor da pele	0,05	0,33	1,23	1,58	1,82	1,89	0,95
Firmeza	0,07	0,25	0,95	1,28	1,44	1,73	0,98
Olhos-córnea	0,02	0,54	0,9	1,09	1,40	1,23	0,91
Olhos-pupila	0,10	0,78	1,21	1,55	1,72	1,94	0,96
Olhos-forma	0,10	0,45	1,48	1,56	1,67	1,86	0,93
Brânquias-odor	0,04	0,40	1,28	1,71	2,31	2,71	0,99
Brânquias-cor	0,29	0,37	0,84	1,11	1,63	1,88	0,98
Brânquias-muco	0,18	0,58	1,13	1,26	1,66	1,87	0,98
Abdômen	0,26	0,69	1,52	1,66	1,79	1,95	0,94

Figura 8 – Evolução das alterações nos atributos de qualidade da tilápia do Nilo armazenada em gelo. Cada ponto representa o valor médio do IQ dado pelos 7 provadores para cada dia de estudo

3.3.3 Método do Índice de Qualidade (QIM) para filés cozidos de tilápia

Um esquema QIM foi desenvolvido para filés cozidos de tilápia do Nilo, obtendo-se um esquema com 12 pontos de deméritos e descrevendo 4 atributos de qualidade: odor, firmeza, suculência e sabor. O novo esquema QIM faz uma boa descrição das alterações nos filés cozidos de tilápia. O índice de qualidade (IQ) teve um incremento significativo durante o tempo de armazenamento e ao mesmo tempo, uma alta correlação linear ($R^2 = 0,98$) (Figura 13); resultados similares foram obtidos por Mendes, Pestana e Gonçalves (2008), desenvolvendo um esquema QIM para filés de sardinha (*Sardina pilchardus*).

A vida útil das amostras foi estimada entre 7 e 8 dias, usando um índice de qualidade igual a 7 como limite de aceitação pela equipe de provadores, sendo menor que a determinada por Soares (2012) para a tilápia inteira (9 dias). Isto pode ocorrer porque, usualmente, o final da vida útil é determinado quando uma equipe de provadores treinada detecta cheiros desagradáveis em amostras cozidas (MARTINS DÓTTIR et al., 2009a).

A evolução de cada lote estudado pode ser observada na Figura 14. Os 3 lotes apresentaram uma tendência linear crescente com alta correlação ($R^2 = 0,96; 0,95; 0,98$). Não houve diferença estatística significativa ($P < 0,05$) nas médias do IQ entre lotes em cada dia analisado (Tabela 5), e também não entre dias consecutivos (como por exemplo, 1 e 3; 3 e 6). Isto reflete que os filés cozidos apresentam uma ampla variação nos atributos de qualidade que dificulta determinar com clareza as diferenças entre um dia e outro, assim como, entre lotes no mesmo dia de armazenamento. Essa ampla variação está associada às diferentes taxas de deterioração de cada exemplar durante o tempo de conservação em gelo. Mesmo que os espécimes sejam provenientes da aquicultura, onde muitas das condições são controladas. Os peixes podem apresentar variações na composição química devido a fatores como o estresse, condições de cultivo e despesca (HYLDIG, 2010a), que vão influenciar na velocidade de deterioração dos mesmos de forma diferenciada.

Na Figura 15 é apresentada a avaliação individual; a variação entre os provadores é associada à variação nas características sensoriais para filés cozidos que não apresentam um padrão de qualidade idêntico para amostras do mesmo dia e lote, assim como, também é afetada pelo grau de sensibilidade de cada um dos provadores na avaliação dos atributos de qualidade. Porém, é observada uma proximidade entre as avaliações para cada dia de estudo e uma clara tendência de incremento do IQ no tempo. O provador 2 registrou valores médios ligeiramente acima do restante dos provadores para os dias 3 e 6, e o provador 4, para os dias 8 e 10, fato que demonstra que esses avaliadores têm um maior grau de exigência nas avaliações.

Figura 9 – Aparência da tilápia do Nilo inteira armazenada em gelo durante: 1 dia (a); 8 dias (b); 13 dias (c)

Figura 10 – Aparência dos olhos (córnea, pupila e forma) da tilápia do Nilo inteira armazenada em gelo durante: 1 dia (a); 8 dias (b); 13 dias (c) de armazenamento em gelo

Figura 11 – Aparência das brânquias (cor e muco) da tilápia do Nilo inteira armazenada em gelo durante: 1 dia (a); 8 dias (b); 13 dias (c) de armazenamento em gelo

Figura 12 – Análises de componente principais de todos atributos de qualidade avaliados pelo esquema QIM cru para tilápia do Nilo em gelo. Pl – cor da pele; Tx – textura; Pp – olhos-pupila; Cn – olhos-córnea; Fm – olhos-forma; Od – brânquias-odor; Co – brânquias-cor; Mu – brânquias-muco; Ab – abdômen; Dia – dias em gelo

Figura 13 – Evolução do IQ médio para filés cozidos de tilápia do Nilo durante o tempo de armazenamento em gelo. Cada ponto representa o valor médio do IQ dado pelos 7 provadores para cada dia de estudo

Tabela 5 – IQ para cada lote e dia avaliado com o esquema QIM (cozido) para tilápia do Nilo armazenada em gelo (valores médios)

Dia	Lote 1	Lote 2	Lote 3
1	2,57 ± 2,62 ^{Aa}	2,71 ± 1,32 ^{Aa}	1,07 ± 0,67 ^{Aa}
3	3,35 ± 1,97 ^{ABa}	2,35 ± 1,20 ^{Aa}	2,53 ± 1,63 ^{Aa}
6	4,96 ± 1,84 ^{BCa}	6,12 ± 1,15 ^{Ba}	4,67 ± 1,70 ^{ABa}
8	6,29 ± 2,14 ^{CDa}	6,46 ± 2,15 ^{BCa}	6,75 ± 1,49 ^{BCa}
10	7,71 ± 1,88 ^{Da}	7,83 ± 1,46 ^{BCDa}	7,12 ± 1,35 ^{Ca}
13	7,78 ± 2,48 ^{Da}	9,28 ± 1,18 ^{Da}	8,80 ± 0,63 ^{Ca}

Médias com letra maiúscula diferente indicam diferença significativa do IQ entre dias em gelo dentro do mesmo lote ($P < 0,05$). Médias com letra minúscula diferente indicam diferença significativa do IQ entre lotes para o mesmo dia ($P < 0,05$).

Figura 14 – Evolução do IQ médio para filés cozidos de tilápia do Nilo durante o tempo de armazenamento em gelo para cada lote. Cada ponto representa o valor médio do IQ para cada lote dado pelos 7 provadores para cada dia de estudo

Figura 15 – Evolução do IQ médio para filés de tilápia do Nilo durante o tempo de armazenamento em gelo por avaliador. Cada ponto representa o valor médio do IQ dado por cada avaliador para cada dia de estudo

3.3.4 Alterações nos atributos de qualidade dos filés cozidos de tilápia

A pontuação média dos provadores para os atributos de qualidade avaliados pelo método QIM para filés cozidos para cada dia de armazenamento em gelo, podem ser observados na Tabela 6 e Figura 16. Embora cada atributo tenha uma taxa de deterioração específica, os 4 atributos estudados, odor, sabor, suculência e firmeza apresentaram graus de deterioração similares e alta correlação com o tempo em gelo.

Tabela 6 – Atributos avaliados usando o esquema QIM (cozido) para tilápia do Nilo em gelo e a correlação com o tempo de armazenamento em dias (valores médios)

Atributos	Dias em gelo						Correlação (<i>r</i>)
	1	3	6	8	10	13	
Odor	0,40	0,71	1,36	1,78	2,18	2,38	0,98
Suculência	0,65	0,90	1,53	2,00	2,11	2,50	0,98
Sabor	0,28	0,53	1,35	1,71	2,23	2,47	0,98
Firmeza	0,58	1,02	1,66	2,05	2,34	2,57	0,98

Figura 16 – Evolução nas alterações dos atributos de qualidade dos filés cozidos de tilápia do Nilo armazenada em gelo. Cada ponto representa o valor médio do IQ dado pelos 7 provadores para cada dia de estudo

Os filés cozidos de tilápia originalmente muito frescas, apresentam um odor característico de peixe muito fresco, com notas aromáticas de amido. Geralmente, são brancos, embora possam apresentar uma coloração entre branco e ligeiramente bege. Têm textura firme, são suculentos e apresentam um sabor que lembra a batata cozida. Essa última característica foi identificada também por Cyprian et al. (2013), estudando a vida útil de filés de tilápia.

Os filés cozidos de tilápia do Nilo, depois de 13 dias em gelo apresentam, geralmente, cor ligeiramente bege, podendo-se encontrar também filés brancos e outros de cor bege. O odor é forte e pouco agradável, ligeiramente a ranço, lembrando, porém, que a tilápia é uma espécie magra. Os filés apresentam textura pastosa ou mole, são fibrosos e lembram a peito de frango cozido. Também são secos devido à perda de água durante a cocção. O sabor pode ser descrito como insípido ou ligeiramente estranho, mas sempre não característico de peixe fresco.

A análise de componentes principais indica que todos os atributos avaliados nos filés cozidos de tilápia apresentaram uma alta correlação com o tempo de armazenamento em gelo (Tabela 6, Figura 17). Os resultados mostram que o primeiro componente explica grande parte da variância dos dados (79%), e o segundo, 7,8% da variância.

Figura 17 – Análises dos componente principais de todos atributos de qualidade avaliados pelo esquema QIM para filés cozidos de tilápia do Nilo em gelo. Od – odor; Sc – suculência; Sb – sabor; Fz – firmeza; Dia – dias em gelo

3.4 Conclusões

O método QIM demonstrou ser uma ferramenta prática, rápida e confiável para a avaliação de frescor da tilápia do Nilo de cultivo; sendo fácil e adequado para se trabalhar com pessoal de pouca experiência na avaliação de frescor em pescado.

Nesse estudo o índice de qualidade total teve uma alta correlação linear com o tempo de armazenamento em gelo. A vida útil da tilápia do Nilo inteira foi determinada em 8 dias,

utilizado 7 pontos de demérito como limite de aceitação pela equipe de provadores no esquema QIM de files cozidos, que equivale a 12 pontos de demérito no esquema QIM de peixe cru.

O uso de lotes diferentes permitiu obter um esquema QIM otimizado e validado para a tilápia do Nilo armazenada em gelo, considerando que os três lotes foram obtidos de diferentes contextos, ou seja, tanques-rede, data de coleta e linhas genéticas (fornecedores).

O tempo de conservação residual da vida útil pode ser predito pelo esquema QIM otimizado, porem é recomendado usar no mínimo 4 peixes e mais do que um avaliador, para considerar a variabilidade nas taxas de deterioração de cada exemplar.

Referências

- BAIXAS-NOGUERAS, S.; BOVER-CID, S.; VECIANA-NOGUÉS, T.; NUNES, M.L.; VIDAL-CAROU, M.C. Development of a Quality Index Method to Evaluate Freshness in Mediterranean Hake (*Merluccius merluccius*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 3, p. 1067-1071, 2003.
- BARBOSA, A.; VAZ-PIRES, P. Quality index method (QIM): development of a sensorial scheme for common octopus (*Octopus vulgaris*). **Food Control**, Guildford, v. 15, n. 3, p. 161-168, 2004.
- BEKAERT, K. Quality seafood: Development of a quality index method scheme to evaluate freshness of tub gurnard (*Chelidonichthys lucernus*). In: LUTEN, J. B.; JACOBSEN, C.; BEKAERT, K.; SAEBØ, A.; OEHLenschläGER, O. (Ed.). **Seafood Research from Fish to Dish: Quality, Safety and Processing of Wild and Farmed Seafood**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2006. p.289-296.
- BOGDANOVIĆ, T.; ŠIMAT, V.; FRKA-ROIĆ, A.; MARKOVIĆ, K. Development and Application of Quality Index Method Scheme in a Shelf-Life Study of Wild and Fish Farm Affected Bogue (*Boops boops*, L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 77, n. 2, p. 99-106, 2012.
- CYPRIAN, O.; LAUZON, H. L.; JÓHANNSSON, R.; SVEINSDÓTTIR, K.; ARASON, S.; MARTINSDÓTTIR, E. Shelf life of air and modified atmosphere-packaged fresh tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets stored under chilled and superchilled conditions. **Food Science & Nutrition**, Malden, v. 1, n. 2, p. 130-140, 2013a.
- EL-SAYED, A. F. M. **Tilapia culture**. Wallingford: CABI Publishing, 2006. 304 p.
- GONÇALVES, A. A.; DE LIMA, J. T. A. X.; DE PAULA, F. E. R. Development of Quality Index Method (QIM) scheme for spiny lobster (*Panulirus argus*, Latreille, 1804) stored in ice. **Food Control**, Guildford, v. 47, n. 0, p. 237-245, 2015.
- GONÇALVES, A. C.; ANTAS S. E.; NUNES, M. L. Freshness and Quality Criteria of Iced Farmed Senegalese Sole (*Solea senegalensis*). **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Easton, v. 55, p. 3452-3461. 2007.

HUIDOBRO, A.; PASTOR, A.; TEJADA, M. Quality Index Method Developed for Raw Gilthead Seabream (*Sparus aurata*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 7, p. 1202-1205, 2000.

HYLDIG, G. Sensory Aspects of Heat-Treated Seafood. In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRA, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010a. cap. 27, p. 499-512.

_____. Sensory Descriptors In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRA, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010b. cap. 26, p. 481-497.

HYLDIG, G.; BREMNER, A.; MARTINSDÓTTIR, E.; SCHELVIS, R. Quality Index Methods. In: NOLLET, L. M. L. (Ed.). **Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality**. First Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2007. cap. 41, p. 529-548.

HYLDIG, G.; MARTINSDÓTTIR, E.; SVEINSDÓTTIR, K.; SCHELVIS, R.; BREMMER, A. Quality Index Methods. In: NOLLET, L. M. L. ; TOLDRA, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010. cap. 25, p. 463-480.

MARTINSDÓTTIR, E.; SCHELVIS, R.; HYLDIG, G.; SVEINSDÓTTIR, K. Sensory evaluation of seafood: general principles and guidelines. In: REHBEIN, H.; OEHLenschlÄGER, J. R. (Ed.). **Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity**. Oxford: Blackwell Publishing Ltd 2009a. cap. 19, p. 411-424.

_____. Sensory evaluation of seafood: methods. In: REHBEIN, H.; OEHLenschlÄGER, J. R. (Ed.). **Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity**. Oxford: Blackwell Publishing Ltd 2009b. cap. 20, p. 425-443.

MEILGAARD, M. C.; CARR, B. T.; CIVILLE, G. V. **Sensory evaluation techniques**. Fourth. Boca Raton: CRC press, 2006. 464 p.

MENDES, R.; PESTANA, C.; GONÇALVES, A. The effects of soluble gas stabilisation on the quality of packed sardine fillets (*Sardina pilchardus*) stored in air, VP and MAP. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 43, n. 11, p. 2000-2009, 2008.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA – MPA. Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011. Disponível em: <
http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20MPA%202011%20FINAL.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2014

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014.

RODRIGUES, T. P. **Estudo de critérios para avaliação da qualidade da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivada; eviscerada e estocada em gelo**. 2008. 116 p. Teses (Doutorado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

SANT'ANA, L. S.; SOARES, S.; VAZ-PIRES, P. Development of a quality index method (QIM) sensory scheme and study of shelf-life of ice-stored blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*). **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 44, n. 10, p. 2253-2259, 2011.

SANTOS, E. C. B. **Métodos de abate e qualidade da tilápia do nilo**. 2013. 100 p. Teses (Doutorado em Aquicultura). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

SOARES, K. M. D. P. **Método do índice de qualidade (MIQ) na estimativa da útil da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), nas formas inteira, eviscerada e em filé, armazenada em gelo**. 2012. 109 p. Dissertação (Mestrado Ciência Animal). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

SVEINSDOTTIR, K. ; HYLDIG, G.; MARTINSDOTTIR, E.; JØRGENSEN, B.; KRISTBERGSSON, K. Quality Index Method (QIM) scheme developed for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Food Quality and Preference**, Barking, v. 14, n. 3, p. 237-245, 2003.

SVEINSDOTTIR, K.; MARTINSDOTTIR, E.; HYLDIG, G.; JØRGENSEN, B.; KRISTBERGSSON, K. Application of Quality Index Method (QIM) Scheme in Shelf-life Study of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 4, p. 1570-1579, 2002.

4 ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA TILÁPIA DO NILO INTEIRA ARMAZENADA EM GELO

Resumo

O objetivo desse estudo foi avaliar a aplicação das análises físico-químicas e microbiológicas como índice de alterações na qualidade da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) inteira armazenada em gelo. Os exemplares foram armazenados durante 13 dias em gelo e foram avaliadas as alterações das bases nitrogenadas voláteis totais – BNVT, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – TBARS, pH, cor, textura, micro-organismos mesófilos e psicrótróficos. Exceto para a firmeza, que diminuiu durante o tempo de conservação em gelo ($r = -0,73$), há uma pobre correlação dos índices físico-químicos e microbiológicos com o tempo em gelo e portanto, não são considerados parâmetros confiáveis para avaliação das alterações na qualidade da tilápia do Nilo. Porém, peixes com até 13 dias não representam risco para o consumidor, considerando que não foram ultrapassados os teores limites de BNVT ($< 30 \text{ mg N}/100 \text{ g}$) nem de micro-organismos mesófilos viáveis ($< 10^7 \text{ UFC/g}$).

Palavras-chave: Qualidade; Frescor; Índices; Vida útil

Abstract

The aim of this study was to evaluate the application of physical, chemical and microbiological analysis as change index in the quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) whole stored in ice. The samples were stored on ice during 13 days and the changes in total volatile base nitrogen – TVB-N, thiobarbituric acid-reactive substances – TBARS, pH, color, texture, mesophilic microorganisms and psychrotrophic were evaluated. Except for the firm, which decreased during the time stored in ice ($r = -0.73$), there is a poor correlation of physical, chemical and microbiological indices with time on ice and therefore they're not considered reliable parameters for evaluation of changes in the quality of Nile tilapia. However, fish up to 13 days did not represent a risk for the consumer, considering that they were not exceeded limits TVB-N levels ($< 30 \text{ mg N}/100 \text{ g}$) and also not the viable mesophilic microorganisms ($< 10^7 \text{ CFU/g}$).

Keywords: Quality; Freshness; Index; Shelf life

4.1 Introdução

Os métodos químicos tradicionais não medem diretamente a segurança dos produtos pesqueiros, embora em certos casos a deterioração dos produtos pode estar associada aos riscos à saúde do consumidor (HOWGATE, 2009). Entre esses métodos encontramos as determinações das bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT), substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e pH. As BNVT têm sido até agora o índice químico de deterioração mais usado para um amplo grupo de peixes (HOWGATE, 2009). Porém, este método é efetivo para avaliar estados de deterioração avançados durante os primeiros 10 dias de armazenamento refrigerado; os teores de BNVT podem não ser confiáveis. Além disso,

deverá ser levado em consideração que os resultados dependem, em grande parte, do método de análise (HUSS, 1995). Teores de BNVT em músculo de peixe acima de 30 mg N/100 g tecido (CYPRIAN et al., 2013) são considerados como limite de rejeição dos produtos, indicando que este não está apto para o consumo humano.

A oxidação lipídica é usualmente avaliada com base no método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS); a oxidação lipídica juntamente com a hidrólise, são as duas reações lipídicas mais importantes que podem afetar a qualidade do pescado, resultando na produção de grande quantidade de substâncias que têm sabores e odores desagradáveis (HUSS, 1995), mesmo quando em concentrações baixas (RUSTAD, 2010).

O pH do tecido muscular é avaliado, geralmente, nos estudos de deterioração do pescado, e sofre alterações como resultado do processo de *rigor mortis*, quando o glicogênio é transformado em ácido láctico (HOWGATE, 2009) e após a resolução do *rigor*, pela formação de bases voláteis nitrogenadas.

A textura do músculo dos peixes é um atributo de qualidade que varia de acordo com a espécie, idade, tamanho e estado nutricional, bem como, pelas das alterações *post-mortem* como a glicólise, pH, e *rigor mortis* (HYLDIG e NIELSEN, 2001; COPPES, PAVLISKO e VECCHI, 2002). As propriedades de textura podem ser mensuradas por métodos instrumentais, sensoriais e indiretos (métodos químicos) (COPPES, PAVLISKO e VECCHI, 2002). O parâmetro textura tem uma alta importância na inspeção de peixes e tem sido incorporado como um parâmetro no Método de Índice de Qualidade (SÁNCHEZ-ALONSO, BARROSO e CARECHE, 2010).

A atividade de micro-organismos é o principal fator limitante da vida útil do peixe fresco e a contagem de bactérias viáveis totais é usada como índice de aceitabilidade (OLAFSDOTTIR et al., 1997).

A tilápia é uma espécie de rápido crescimento com baixas exigências de proteína e apresenta alta resistência ao estresse e doenças e se adapta à baixa qualidade da água (EL-SAYED, 2006). No Brasil, a tilapicultura é o sistema mais consolidado de produção, sendo a tilápia a espécie mais produzida, com 253.824,1 toneladas no ano 2011 (MPA, 2011). Pela grande importância desta espécie, é necessário estudar as alterações durante o armazenamento em gelo, como usualmente é conservada. O objetivo desse estudo foi avaliar a aplicação das análises físico-químicas e microbiológicas como índices de alterações na qualidade da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) inteira armazenada em gelo.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Matéria prima

Um total de 42 tilápias do Nilo (*O. niloticus*) foram usadas neste estudo. Os exemplares com peso de $652 \pm 23,6$ g foram fornecidos pela Piscicultura Cristalina, situada em Fartura no interior do Estado de São Paulo, dedicada à produção de tilápia em sistemas de tanques-rede. Após a despesca, o abate dos peixes foi feito por hipotermia, imergindo estes em tanques com água e gelo na proporção de 2:1. Seguidamente, o lote de peixes foi transportado ao Laboratório de Pescado, sediado no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ-USP, em caixas de isopor com tampa e acomodados em camadas de peixes intercaladas com gelo (0–2 °C). Uma vez no laboratório, os peixes foram armazenados sob refrigeração (0–4 °C) em caixas plásticas com furos no fundo e cobertos com gelo em escamas.

A cada dia de amostragem (1, 3, 6, 8, 10 e 13), dois peixes foram filetados e divididos, conforme apresentado na Figura 1, para serem utilizados nas diferentes análises físico-químicas e microbiológicas. No primeiro dia, cada lote de 2 peixes foi filetado e seguiram para a análise de composição centesimal.

Figura 1 – Filé de tilápia para as análises físico-químicas e microbiológicas: a) Microbiológica; b) Textura; c) BNVt; d) pH; e) TBARS

4.2.2 Composição centesimal

A análise da composição centesimal foi determinada de acordo com o recomendado pela AOAC (1995). Foi homogeneizada a carne de 4 filés (2 peixes) de cada lote previamente às análises. Para a análise de proteína, foi utilizado o método de Kjeldahl considerando o fator 6,25, de conversão de nitrogênio a proteína; lipídeos por extração pelo método de Soxhlet, utilizando hexano como solvente; umidade por secagem até temperatura constante, a 105 °C; e a fração cinza por incineração até peso constante a 550 °C, em forno tipo mufla. Os resultados foram expressos em gramas por 100 g de peso úmido.

4.2.3 Análises físico-químicas

4.2.3.1 Análises de cor instrumental

A mensuração da cor, foi realizada usando um colorímetro Kônica Minolta (CR-400, Osaka, Japan). Foi mensurada a luminosidade (L^*) e os dois parâmetros de cromaticidade (a^* , b^*). A cor da pele de cada peixe ($n = 4$) foi aferida em cada ponto amostral. Foram realizadas 8 mensurações para cada peixe; duas dorsais e duas ventrais, em cada lado, nos espaços entre as listras (Figura 2).

Figura 2 – Pontos de mensuração das características de cor (L^* , a^* , b^*) usando um colorímetro digital. D1 – primeiro ponto dorsal; D2 – segundo ponto dorsal; V1 – primeiro ponto ventral; V2 – segundo ponto ventral

4.2.3.2 Mensuração de pH

O pH foi mensurado de acordo com o recomendado por Pregnotatto e Pregnotatto (1985) utilizando um pHmetro digital TECNAL (TEC-2, Piracicaba, Brasil). Uma amostra de 10 g foi homogeneizada com 100 mL de água destilada no Ultra-Turrax (IKA T18 Basic, Staufen, Alemanha) durante 2 min. As determinações foram feitas em triplicata para cada dia de amostragem durante todos os pontos amostrais do experimento.

4.2.3.3 Análises de textura instrumental

A análise de tesxtura instrumental foi realizada usando um texturômetro TA-XTplus (Stable Micro Systems, Surrey, England) equipado com uma célula de carga de 50 kg e um probe redondo e plano de alumínio (P/35). As amostras foram cortadas em forma de paralelepípedo (3,5 x 3,5 cm) e na altura original da amostra (Figura 3). A velocidade de aproximação do probe à amostra foi igual a 2 mm/seg, aplicando uma compressão do 40% da altura do filé. A firmeza foi obtida por análises da curva de força em função do tempo. A variável firmeza, expressa em Newton (N), foi registrada para cada dia de análises.

Figura 3 – Local da toma de amostras no filé da tilápia para análises de textura (área assinalada pelo quadrado)

4.2.3.4 Determinação de Bases Nitrogenadas Voláteis Totais – BNVT

As BNVT foram determinadas segundo o método modificado por Savay-da-Silva et al. (2008). Para BNVT, uma amostra (50 g) foi homogeneizada com ácido tricloroacético 5% (150 mL), durante 1 min em Ultra-Turrax (IKA T18 Basic, Staufen, Alemanha). O homogeneizado foi filtrado através de papel de filtro (Porosidade de 3 micras). O filtrado foi alcalinizado com óxido de magnésio antes da destilação. O filtrado foi destilado em equipamento destilador TECNAL (TE-036E, Piracicaba, Brasil). O destilado foi recebido em solução de ácido bórico (4%) e titulado com solução de ácido sulfúrico 0,01 N, padronizado em presença de indicador misto (solução com 0,132 g de vermelho de metila e 0,066 g de verde de bromocresol, dissolvidos em 200 mL de álcool etílico 70%). Os resultados da análise de BNVT foram expressos em mg de N/100g de amostra.

4.2.3.5 Determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – TBARS

Os teores de ácido tiobarbitúrico foram determinados por espectrofotometria segundo uma adaptação do método de Vincke (1970). Amostras de 5 g foram homogeneizadas com 25 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 7,5% durante 2 min, em Ultra-Turrax. O homogeneizado foi filtrado através de papel de filtro (Porosidade de 3 micras). Uma quantidade de 4 mL do filtrado foi colocada em um tubo de ensaio, contendo 5mL de reagente TBA (0,02 M de solução de ácido 2-tiobarbitúrico) e 1 mL de TCA a 7,5%. Os tubos foram tampados e homogeneizados em um agitador tipo vortex; em seguida foram colocados em banho-maria por 40 min a 98 °C, e resfriados em água corrente. A absorbância foi mensurada a 538 nm contra um branco de água em um espectrofotômetro (Femto 600 plus, São Paulo, Brasil). A concentração de malonaldeído foi calculada utilizando uma curva de calibração padrão de 6 pontos usando 1,1,3,3-tetraetoxi-propano (TEP) como composto padrão. Os resultados da análise de TBA foram expressos como mg de MDA/kg de amostra.

4.2.4 Análise microbiológica

4.2.4.1 Preparação de amostras e meio de cultura

Para as análises de bactérias mesófilas e psicrotróficas, uma amostra de 25 g foi homogeneizada em 225 mL de água peptonada (Peptone a 0,1%, Difco 211677, contendo 0,85% de cloreto de sódio, Synth 1060.01) em *stomacher* (ITR MC1204, Esteio, Brasil) durante 2 min (450 golpes/min). Desta diluição (10^{-1}), foram preparadas as demais diluições decimais (até 10^{-6}). Condições de assepsia foram garantidas durante a preparação de amostras, meios e plaqueamento.

Foi preparado o meio de cultura *plate count agar* (PCA, Neogen 7157A), e em seguida, esterilizado por 15 min a 121 °C.

4.2.4.2 Bactérias mesófilas

Placas 3M™ Petrifilm™ *Aerobic Count Plate 6400*, foram utilizadas. 1 mL de cada diluição decimal foi inoculado em duplicata, seguidas de incubação a 30 °C por 72 h e, posteriormente, foi efetuada a contagem dos microrganismos mesófilos viáveis totais.

4.2.4.3 Bactérias psicrotróficas

Nas placas de Petri descartáveis, contendo meio *plate count agar*, foi adicionado 1 mL de cada diluição decimal, inoculadas em duplicata, seguido de incubação a 7 °C por 10 dias e, posteriormente, efetuada a contagem dos microrganismos psicrotróficos viáveis totais.

4.2.5 Análises estatísticas

Os dados são apresentados como média $\pm$ desvio padrão e foram submetidos à análise de variância (ANOVA). No caso da textura, o fator tempo foi analisado via regressão linear, para avaliar o efeito do tempo de armazenamento. Análise multivariada por componentes principais (PCA) foi aplicada para analisar simultaneamente todos os parâmetros e avaliar a correlação das alterações com o tempo de armazenamento em gelo. Todas as inferências foram feitas em nível de 5% de significância. As análises foram realizadas usando o *software* livre R (R Core Team, 2014).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Análise centesimal

A composição centesimal da tilápia do Nilo corresponde a $77,56 \pm 0,78$ g/100 g de umidade, $16,4 \pm 0,85$ g/100 g de proteína, $3,25 \pm 0,32$ g/100 g de lipídeos e $0,97 \pm 0,06$ g/100 g de cinza. Resultados similares foram obtidos por Savay-da-Silva (2009).

4.3.2 Análises físico-químicas

4.3.2.1 Cor instrumental

Os valores de a^* , b^* e L^* apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) entre a região dorsal e ventral, mas não entre os lados do peixe ($P > 0,05$). Resultados similares foram obtidos por Pavlidis, Papandroulakis e Divanach (2006) em *Pagrus pagrus*. Os teores dos parâmetros cromáticos são apresentados na Tabela 1 e Figura 4. Analisando o componente a^* , na região ventral houve uma diminuição do dia 1 para o 3, seguida de um leve aumento. A região dorsal apresentou oscilação durante todo o período de armazenamento. No caso do componente b^* , os teores para cada região apresentam uma clara diminuição em relação ao tempo em gelo; ao tempo em que a região ventral apresenta teores acima do que a região dorsal. A luminosidade (L^*) nas duas regiões teve um aumento do dia 1 para o dia 3, mantendo em seguida, uma leve oscilação até o dia 13. A região ventral apresentou maior luminosidade do que a região dorsal (Figura 5).

Tabela 1 – Luminosidade (L^*) e os componentes a^* e b^* , para cada dia analisado (teores médios e desvio padrão)

Dia	L^*		a^*		b^*	
	Dorsal	Ventral	Dorsal	Ventral	Dorsal	Ventral
1	$31,56 \pm 5,37$	$43,95 \pm 6,71$	$-0,44 \pm 0,92$	$1,19 \pm 1,29$	$4,31 \pm 2,16$	$5,78 \pm 1,69$
3	$33,86 \pm 7,11$	$49,41 \pm 8,36$	$-1,12 \pm 0,87$	$-0,08 \pm 0,97$	$4,41 \pm 2,42$	$5,71 \pm 1,90$
6	$34,48 \pm 5,56$	$48,04 \pm 6,47$	$-1,04 \pm 0,93$	$-0,26 \pm 0,95$	$3,07 \pm 2,07$	$4,98 \pm 1,50$
8	$32,94 \pm 5,22$	$45,96 \pm 6,25$	$-0,87 \pm 0,95$	$0,15 \pm 0,79$	$3,33 \pm 2,18$	$5,02 \pm 2,07$
10	$33,21 \pm 4,61$	$46,43 \pm 5,76$	$-0,38 \pm 0,71$	$0,30 \pm 0,80$	$3,23 \pm 2,18$	$4,49 \pm 2,00$
13	$33,16 \pm 5,16$	$45,32 \pm 6,45$	$-0,06 \pm 0,78$	$0,23 \pm 0,67$	$2,48 \pm 1,99$	$4,02 \pm 1,94$

Cada dado foi obtido a partir da aferição dos parâmetros cromáticos de 12 peixes

Figura 4 – Componentes a^* e b^* da tilápia do Nilo armazenada em gelo durante o tempo de estudo, considerando todos os lotes (valores médios).

Figura 5 – Luminosidade (L^*) da tilápia do Nilo armazenada em gelo durante o tempo de estudo considerando todos os lotes (valores médios)

4.3.2.2 pH

O pH do músculo da tilápia do Nilo apresentou um leve aumento, durante o tempo de armazenamento em gelo (Tabela 2, Figura 6), iniciando (dia 1), em média, com 6,07 e atingindo 6,27 no ponto final (dia 13). Resultado similar obteve Rodrigues (2008), que determinou os teores de pH entre 5,9 no primeiro dia e 6,4 no décimo quinto. Porém, Soares (2012), encontrou que o pH iniciava (dia 0) próximo a 6,0 e no final (dia 12) atingia teores ao redor de 7,2.

A alteração do pH em cada um dos lotes durante o tempo de estudo é mostrada na Figura 7, onde pode ser observada uma maior variação entre o primeiro dia e o oitavo, seguida de uma grande proximidade nos teores entre lotes para cada dos dias.

Tabela 2 – Valor do pH para cada dia analisado por lote (teores médios)

Dia	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Geral
1	6,20	6,00	6,01	$6,07 \pm 0,09$
3	6,21	6,18	5,98	$6,12 \pm 0,12$
6	6,28	6,44	6,17	$6,30 \pm 0,13$
8	6,28	6,24	6,31	$6,28 \pm 0,03$
10	6,30	6,23	6,25	$6,26 \pm 0,03$
13	6,33	6,23	6,27	$6,27 \pm 0,05$

Cada dado foi obtido a partir de uma amostra composta com tecido de 4 filés

Figura 6 – Valor do pH da tilápia do Nilo armazenada em gelo por dia durante o tempo de estudo. Os valores inclui todos os lotes (valores médios)

Figura 7 – Valor do pH da tilápia do Nilo armazenada em gelo por lote e dia durante o tempo de estudo (valores médios)

4.3.2.3 Textura instrumental

A firmeza de amostras de filés de tilápia do Nilo diminuiu diretamente com o tempo de armazenamento (Tabela 3). Na figura 8, pode ser observada a evolução da firmeza dos filés considerando todos os lotes. Uma forte correlação ($R^2 = 0,80$) entre a firmeza e o tempo em gelo, reflete um amaciamento da carne da tilápia durante o tempo de armazenamento. Resultados similares foram também encontrados por Sveinsdottir et al. (2002), para *Salmo salar*, e por Jain, Pathare e Manikantan (2007) para *Labeo rohita*.

Tabela 3 – Firmeza para cada dia analisado por lote (teores médios)

Dia	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Geral
1	82,32	101,7	64,49	82,85 ± 18,63
3	81,76	82,21	54,25	72,74 ± 16,01
6	54,45	54,45	50,36	53,09 ± 2,36
8	63,45	50,70	39,04	51,06 ± 12,21
10	44,46	47,92	47,15	46,51 ± 1,81
13	45,81	57,33	44,59	49,24 ± 7,03

Cada dado foi obtido a partir de 4 amostras de filé com pele.

Na figura 9 são apresentadas as análises de cada lote separadamente, onde pode-se observar forte correlação ($R^2 = 0,82$), para o lote 1 e correlações moderadas para os lotes 2 e 3 ($R^2 = 0,67$ e $0,64$). A firmeza é um parâmetro complexo para se avaliar e descrever (COPPES, PAVLISKO e VECCHI, 2002) e é afetada por fatores intrínsecos e extrínsecos (HYLDIG e NIELSEN, 2001) o que se reflete na alta variabilidade entre lotes e até entre peixes do mesmo lote.

Figura 8 – Correlação linear para firmeza (N) instrumental média de filés de tilápia do Nilo com o tempo de armazenamento em gelo. Cada ponto representa o valor médio de firmeza de 12 amostras de filés diferentes (4 amostras por lote)

Figura 9 – Correlação linear da firmeza (N) instrumental média de filés de tilápia do Nilo com o tempo de armazenamento em gelo para cada lote estudado. Cada ponto representa o valor médio de firmeza de 4 amostras

4.3.2.4 Bases nitrogenadas voláteis totais – BNVT

Na Tabela 4 são apresentados os teores de BNVT. Esse método não permitiu identificar uma tendência clara de formação de BNVT durante o tempo de armazenamento, em gelo, da tilápia do Nilo (Figura 10). No início (dia 1) foram obtidos valores entre 12 e 5,56 mg de N/100 g, enquanto que no final (dia 13) foram obtidos valores entre 10,42 e 5,21 mg de N/100 g. Em todos os casos os teores se encontraram abaixo do limite de 30 mg de N/100 g (MAPA, 2001). Soccol et al. (2005) não encontraram variação significativa no teor de BNVT em filés de tilápia refrigerados por 13 dias. Contrário a isto Rodrigues (2008), com tilápia do Nilo eviscerada, determinou que o teor de BNVT teve aumento durante o tempo de armazenamento, passando de 7,38 mg de N/100 g no primeiro dia a 22,36 no dia décimo quinto.

Tabela 4 – BNVT (mg N/100 g amostra) para cada dia analisado por lote (teores médios)

Dia	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Geral
1	1,04	5,56	4,69	3,64 ± 0,61
3	1,82	7,82	7,03	4,62 ± 0,55
6	8,34	4,17	6,25	6,25 ± 1,47
8	5,73	4,95	2,60	4,56 ± 1,65
10	5,73	7,55	9,64	8,02 ± 1,47
13	10,42	5,21	5,73	6,77 ± 0,36

Cada dado foi obtido a partir de uma amostra composta com tecido de 4 filés

Resultados semelhantes foram obtidos por Mendes e Gonçalves (2008), que verificaram que o BNVT não foi um bom indicador de alterações na qualidade de *Sparus aurata* inteira e filés durante 15 dias refrigerados, dado que as BNVT não aumentaram durante o tempo de armazenamento como normalmente é esperado. Segundo Huss (1995), este método é efetivo para avaliar estados de deterioração avançados, não sendo confiável durante os primeiros 10 dias de armazenamento refrigerado para muitas espécies.

Figura 10 – Alterações nos teores médios de BNVT da tilápia do Nilo armazenada em gelo durante o tempo de estudo para cada lote analisado. Cada ponto representa o valor médio de 3 amostras compostas

4.3.2.5 Sustâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – TBARS

O índice químico de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico entre dias e lotes teve uma grande variabilidade, e não apresentou tendência clara de aumento com o tempo (Tabela 5, Figura 11). A oxidação lipídica foi baixa considerando o limite de 3 mg de malonoaldeído/kg (SAVAY-DA-SILVA, 2008), o que deve-se ao baixo teor de lipídeos na carne (3,25%). O parâmetro TBARS não é um dos melhores indicadores de deterioração para a tilápia do Nilo por não apresentar uma alteração notável com o tempo de armazenamento. Resultado similar foi obtido por Mendes e Gonçalves (2008), que determinaram que o TBA não foi um bom indicador de alterações na qualidade de *Sparus aurata* inteira e filés durante 15 dias refrigerados.

Tabela 5 – TBARS (MDA/kg amostra) para cada dia analisado por lote (teores médios)

Dia	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Geral
1	0,10	0,10	0,07	$0,27 \pm 0,01$
3	0,05	0,08	0,08	$0,21 \pm 0,01$
6	0,06	0,08	0,10	$0,25 \pm 0,01$
8	0,08	0,06	0,05	$0,20 \pm 0,01$
10	0,13	0,11	0,08	$0,32 \pm 0,02$
13	0,12	0,05	0,07	$0,24 \pm 0,03$

Cada dado foi obtido a partir de uma amostra composta com tecido de 4 filês

Figura 11 – Alterações nos teores médios de TBA da tilápia do Nilo armazenada em gelo durante o tempo de estudo para cada lote. Cada ponto representa o valor médio de 3 amostras compostas

4.3.3 Contagem microbiológica

4.3.3.1 Micro-organismos mesófilos

A contagem de micro-organismos mesófilos teve um incremento com o tempo de armazenamento no caso dos lotes 1 e 2; já no lote 3, o crescimento microbiano não mostrou uma tendência (Tabela 6, Figura 12). Porém, em nenhum dos lotes foi ultrapassado o limite de 10^7 UFC/g (ICMSF, 1986; STANNARD, 1997) nos 13 dias de estudo, o que significa que o produto do ponto de vista microbiológico não tem restrição para o consumo humano, o que também foi determinado por Soares (2012) e Rodrigues (2008).

Tabela 6 – Micro-organismos mesófilos na tilápia do Nilo inteira e armazenada em gelo

Dia	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Media geral	Media Lote 1 e Lote 2
1	$4,18 \times 10^2$	$1,52 \times 10^3$	$4,35 \times 10^4$	$9,48 \times 10^3$	$7,81 \times 10^2$
3	$1,12 \times 10^3$	$1,40 \times 10^3$	$9,30 \times 10^2$	$1,15 \times 10^3$	$1,95 \times 10^2$
6	$1,92 \times 10^3$	$4,90 \times 10^3$	$3,88 \times 10^3$	$3,30 \times 10^3$	$2,11 \times 10^3$
8	$6,45 \times 10^3$	$1,75 \times 10^3$	$5,00 \times 10^1$	$2,61 \times 10^3$	$3,32 \times 10^3$
10	$1,54 \times 10^4$	$6,60 \times 10^3$	$4,25 \times 10^2$	$8,89 \times 10^3$	$6,22 \times 10^3$
13	$1,11 \times 10^5$	$2,22 \times 10^4$	$1,92 \times 10^3$	$2,68 \times 10^4$	$6,25 \times 10^4$

A contagem para cada dia por lote, foi obtida a partir de uma amostra composta com tecido de 4 filés

Figura 12 – Micro-organismos mesófilos para tilápia do Nilo armazenada em gelo durante o tempo de estudo para cada lote. Os valores proveem de uma amostra composta (n = 4)

4.3.3.2 Micro-organismos psicrotróficos

A contagem de micro-organismos psicrotróficos, assim como, no caso dos mesófilos, apresentou um incremento com o tempo de armazenamento nos lotes 1 e 2; no lote 3 a contagem foi estável (Tabela 7, Figura 13). Contagem abaixo de 10^7 UFC/g foi encontrada também por Soares (2012) e Rodrigues (2008).

Tabela 7 – Micro-organismos psicrotróficos na tilápia do Nilo inteira e armazenada em gelo

Dia	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Media geral
1	$6,10 \times 10^2$	$6,35 \times 10^2$	$2,25 \times 10^2$	$4,66 \times 10^2$
3	$5,50 \times 10^2$	$1,17 \times 10^3$	$4,78 \times 10^2$	$6,31 \times 10^2$
6	$1,85 \times 10^3$	$8,60 \times 10^2$	$2,01 \times 10^3$	$1,76 \times 10^3$
8	$9,25 \times 10^2$	$1,05 \times 10^4$	$2,28 \times 10^2$	$4,49 \times 10^3$
10	$1,35 \times 10^4$	$2,03 \times 10^4$	$2,11 \times 10^3$	$1,32 \times 10^4$
13	$2,99 \times 10^4$	$4,73 \times 10^4$	$8,30 \times 10^2$	$3,08 \times 10^4$

A contagem para cada dia por lote, foi obtida a partir de uma amostra composta com tecido de 4 filés

Figura 13 – Micro-organismos psicrotróficos na tilápia do Nilo armazenada em gelo durante o tempo de estudo para cada lote. Os teores proveem de uma amostra composta

4.3.4 Análise de componentes principais – PCA

As análises de correlação e PCA das variáveis físico-químicas e microbiológicas indicam que as variáveis apresentaram uma pobre correlação com o tempo de armazenamento em gelo (Tabela 8, Figura 14), excetuando a firmeza ($|r| > 0,70$). Contrário a isto, as análises sensoriais (resumidas no índice de qualidade para a tilápia crua e filés cozidos) apresentaram altas correlações ($r > 0,96$) com o tempo em gelo, o que mostra que são análises mais precisas e confiáveis.

Tabela 8 – Correlação de todas as variáveis analisadas com o tempo de armazenamento. O índice de qualidade (IQ) é apresentado como referência dada a alta correlação

Variável	dia
IQ1	0,96726240
IQ2	0,96928648
BNVT	0,42168671
TBARS	0,09513005
pH	0,60720407
<i>L*</i> dorsal	0,07573595
<i>L*</i> ventral	-0,06377546
<i>a*</i> dorsal	0,34861033
<i>a*</i> ventral	-0,26081031
<i>b*</i> dorsal	-0,50092330
<i>b*</i> ventral	-0,51709013
Firmeza	-0,73323567
Mesófilos	0,32827685
Psicrotróficos	0,63871570

IQ1 – índice de qualidade do QIM para tilápia crua;

IQ2 – índice de qualidade do QIM para filés cozidos de tilápia

Figura 14 – Análises dos componentes principais de todas as variáveis físico-químicas, microbiológicas e tempo de armazenamento em gelo. BV – BNVT; TB – TBARS; PH – pH; DL – L^* dorsal; VL – L^* ventral; DA – a^* dorsal; VA – a^* ventral; DB – b^* dorsal; VD – b^* ventral; FZ – firmeza; MS – mesófilos; PS – psicotróficos; IQ1 – índice de qualidade da tilápia crua; IQ2 – índice de qualidade de filés cozidos; D – dias em gelo. Comp. 1 (36%), comp. 2 (25%)

4.4 Conclusões

Em geral há uma pobre correlação das análises físico-químicas e microbiológicas com o tempo de armazenamento em gelo para a tilápia do Nilo, excetuando a firmeza que poderia ser considerada como índice de frescor sob as condições estudadas. Assim, é sugerido o uso das análises sensoriais como ferramenta confiável e rápida para a avaliação de frescor da tilápia do Nilo.

Embora o critério sensorial tenha permitido estabelecer uma vida útil de 8 dias em gelo para a tilápia do Nilo, peixes com até 13 dias não representam um risco para o consumidor, considerando que não foram ultrapassados os teores limites de BVNT nem de micro-organismos mesófilos viáveis totais.

Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington, 1995. 2v.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal – RIISPOA**. Pescado e derivados, cap. 7, seção 1. Brasília, 2001. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/MercadoInterno/Requisitos/RegulamentoInspecaoIndustrial.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2014
- COPPES, Z.; PAVLISKO, A.; VECCHI, S. D. Texture Measurements in Fish and Fish Products. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, London, v. 11, n. 1, p. 89-105, 2002.
- CYPRIAN, O.; LAUZON, H. L.; JÓHANNSSON, R.; SVEINSDÓTTIR, K.; ARASON, S.; MARTINSDÓTTIR, E. Shelf life of air and modified atmosphere-packaged fresh tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets stored under chilled and superchilled conditions. **Food Science & Nutrition**, Malden, v. 1, n. 2, p. 130-140, 2013.
- EL-SAYED, A. F. M. **Tilapia culture**. Wallingford: CABI Publishing, 2006. 304 p.
- HOWGATE, P. Traditional methods. In: REHBEIN, H.; OEHLenschLÄGER, J. R. (Ed.). **Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2009. cap. 2, p. 19-41.
- HUSS, H. H. **Quality and quality changes in fresh fish**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1995. 195 p. (FAO. Fisheries Technical Paper, 345).
- HYLDIG, G.; NIELSEN, D. A. Review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 32, n. 3, p. 219-242, 2001.
- JAIN, D.; PATHARE, P. B.; MANIKANTAN, M. R. Evaluation of texture parameters of Rohu fish (*Labeo rohita*) during iced storage. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 81, n. 2, p. 336–340, 2007.
- THE INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS – ICMSF. Sampling plans for fish and shellfish. In: _____. (Ed.). **Microorganisms in foods 2**. 2nd. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 1986. v. 2, cap. 17, p. 181-196.
- MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA – MPA. Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20MPA%202011FINAL.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2014
- MENDES, R.; GONÇALVES, A. Effect of soluble CO₂ stabilisation and vacuum packaging in the shelf life of farmed sea bream and sea bass fillets. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 43, n. 9, p. 1678–1687, 2008.

OLAFSDÓTTIR, G.; MARTINSDÓTTIR, E.; OEHLenschläGER, J.; DALGAARD, P.; JENSEN, B.; UNDELAND, I.; MACKIEE, I. M.; HENEHANF, G.; NIELSEN, J.; NILSENG, H. Methods to evaluate fish freshness in research and industry. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 8, n. 8, p. 258-265, 1997.

PAVLIDIS, M.; PAPANDROULAKIS, N.; DIVANACH, P. A method for the comparison of chromaticity parameters in fish skin: Preliminary data on the coloration pattern of red skin Sparidae. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 258, n.1, p. 211–219, 2006.

PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N.P. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 533 p.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, R Foundation for Statistical Computing, 2014.

RODRIGUES, T. P. **Estudo de critérios para avaliação da qualidade da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivada; eviscerada e estocada em gelo**. 2008. 116 p. Teses (Doutorado em Medicina Veterinária). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

RUSTAD, T. Lipid Oxidation In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRÁ, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010. cap. 7, p.87-95.

SÁNCHEZ-ALONSO, I.; BARROSO, M.; CARECHE, M. Instrumental Texture In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRÁ, F. (Ed.). **Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2010. cap. 23, p.425-437.

SAVAY-DA-SILVA, L.K.; RIGGO, R.; MARTINS, P.E.; GALVÃO, J.A.; OETTERER, M. Otimização e padronização do uso da metodologia para determinação de bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) em camarões *Xyphopenaeus kroyeri*. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 20, p. 138–44, 2008.

SAVAY-DA-SILVA, L. K. **Desenvolvimento do produto de conveniência: tilápia (*Oreochromis niloticus*) refrigerada minimamente processada embalada a vácuo – padronização para a rastreabilidade**. 2009. 324 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”–Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SOARES, K. M. D. P. **Método do índice de qualidade (MIQ) na estimativa da útil da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), nas formas inteira, eviscerada e em filé, armazenada em gelo**. 2012. 109 p. Dissertação (Mestrado Ciência Animal) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

SOCOL, M. C. H.; OETTERER, M.; GALLO, C. R.; SPOTO, M. H. F.; BIATO, D. O. Effects of modified atmosphere and vacuum on the shelf life of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 7-15, 2005.

STANNARD, C. Development and use of microbiological criteria for foods. **Food Science and Technology Today**, London, v. 11, n. 3, p. 137-177, 1997.

SVEINSDOTTIR, K.; MARTINSDOTTIR, E.; HYLDIG, G.; JØRGENSEN, B.; KRISTBERGSSON, K. Application of Quality Index Method (QIM) Scheme in Shelf-life Study of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 4, p. 1570-1579, 2002.

VYNCKE, W. Direct Determination of the Thiobarbituric Acid Value in Trichloroacetic Acid Extracts of Fish as a Measure of Oxidative Rancidity. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 72, n. 12, p. 1084–1087, 1970.