



Falsificações por troca de espécies de peixes: uma revisão sistemática das espécies mais comumente substituídas

Fish mislabeling: a systematic review of the most commonly mislabeled species

Carolina Laipelt Matias^{2*} , Andrea Troller Pinto^{1,2} , Juliana Querino Goulart² 

¹ Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

*Autor de correspondência/Corresponding author: nina.laipelt@gmail.com

Recebido/Received: 13.06.2023 – Aceito/Accepted: 12.09.2023

RESUMO

O objetivo deste artigo é determinar quais são as espécies de peixes mais comumente substituídas, relatadas em revisões sobre falsificações por troca de espécies, em artigos científicos publicados entre 2002 e 2022, assim como expor quais são os fatores que levam à ocorrência de casos de falsificação, quais os danos sociais que tal prática ilegal pode gerar e em que tipo de estabelecimentos as falsificações normalmente são detectadas. Assim, por meio de uma revisão sistemática de literatura, foi verificado que as espécies de peixes mais comumente falsificadas foram *Anoplopoma fimbria*, *Gadus morhua*, *Solea solea*, *Thunnus albacares*, *Scomberomorus commerson*, *Lates calcarifer* e *Rastrelliger brachysoma*. As motivações por trás das falsificações intencionais foram predominantemente econômicas, tendo sido observados impactos negativos das falsificações na economia, na saúde pública e no meio ambiente. A maioria das falsificações foi encontrada no final da cadeia produtiva, em locais como varejos, restaurantes e peixarias. Dessa forma, ao saber como as falsificações acontecem e suas razões, torna-se possível saber como minimizar a sua ocorrência.

Palavras-chave. Peixes, Alimentos, Saúde Pública.

ABSTRACT

The aim of this article is to identify the most frequently mislabeled fish species, based on reports and reviews of species mislabeling-related falsifications, in scientific articles published between 2002 and 2022. It also aims to explore the factors contributing these counterfeiting incidents, the social harms associated with this illegal practice and the types of establishments where counterfeits are typically detected. Through a systematic literature review, it was verified that the most commonly mislabeled fish species were *Anoplopoma fimbria*, *Gadus morhua*, *Solea solea*, *Thunnus albacares*, *Scomberomorus commerson*, *Lates calcarifer* and *Rastrelliger brachysoma*. The primary motivations behind intentional counterfeiting were economic in nature, and negative impacts of counterfeiting on the economy, public health and the environment were widely recognized. Most counterfeits were found at the end of the production chain, in places such as retail stores, restaurants and fishmongers' businesses. By understanding the mechanisms and motivations behind counterfeiting, we can effectively minimize its prevalence.

Keywords. Fishes, Food, Public Health.

INTRODUÇÃO

Os peixes se destacam nutricionalmente de outros produtos de origem animal por conter, comparativamente, grandes quantidades de ferro, cobre, selênio, cálcio, fósforo e vitaminas A e D, além de conter todos os aminoácidos essenciais para o ser humano¹. Em contraste com a composição lipídica de mamíferos, os peixes também contêm uma elevada proporção de ácidos graxos poli-insaturados¹. De acordo com a Escola de Saúde Pública de Harvard (*Harvard T.H. Chan School of Public Health*), os benefícios da ingestão de uma ou duas porções de peixe por semana, que contêm cerca de 2 g de ácidos graxos poli-insaturados ômega 3, incluem a redução de acidente vascular cerebral e do risco de morte por doença cardíaca².

Com o aumento do consumo e do comércio mundial de pescado, níveis discrepantes de oferta e demanda de determinadas espécies de peixes levaram a identificação de casos de falsificação por troca de espécies, uma vez que alimentos ricos em proteínas e com alto valor biológico são mais propensos a sofrer fraudes por troca de espécies^{3,4}. O Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) define que as matérias-primas e os produtos que tenham sido elaborados a partir de espécie diferente da declarada no rótulo ou divergente da indicada no registro, são considerados falsificados⁵.

No que tange à prevalência das espécies em casos de falsificação, há algumas espécies mais propensas a serem rotuladas incorretamente do que outras^{6,7}. Além disso, tal rotulagem errônea pode ocorrer de forma intencional ou não, ao longo de toda a cadeia de abastecimento^{7,8}.

Outro fator significativo está na maior conscientização dos consumidores atualmente, no que se refere à importância dos cuidados com a saúde, bem como suas responsabilidades sociais. Assim, buscam se assegurar sobre a origem, a composição e os impactos ambientais causados na produção dos alimentos que consomem⁴. Dessa forma, a designação da espécie é essencial para permitir que os consumidores façam a sua escolha a partir das informações ofertadas a eles, que devem ser corretas e confiáveis⁶.

Sendo assim, por meio de uma revisão sistemática de literatura, objetivou-se determinar quais são as espécies de peixes mais comumente substituídas, presentes em relatos e revisões sobre falsificações por troca de espécies, em artigos científicos publicados entre 2002 e 2022, assim como em que tipo de estabelecimentos as falsificações normalmente foram detectadas. Este trabalho também objetiva relatar quais são os fatores que levam à ocorrência de falsificações, e quais os danos sociais que tal prática ilegal pode gerar.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica em artigos científicos publicados entre os anos de 2002 a 2022. A base de dados utilizada foi a *Web of Science*. Foram usadas as palavras-chave “*fish fraud*”, “*fish mislabeling*” e “*fish species substitution*”, as quais deviam estar inclusas no título das publicações. Os artigos foram selecionados por meio da leitura dos seus resumos e, posteriormente, foi realizada a leitura integral dos artigos para a seleção final. Os critérios de inclusão de documentos para este estudo foram: o artigo deveria apresentar um relato de caso de falsificação, ou uma revisão de falsificações por troca de espécies em peixes, além de relatar os nomes científicos das espécies envolvidas nos casos de falsificação; o artigo deveria ter a sua data de publicação situada entre 2002 e 2022; e o artigo deveria estar publicado na língua inglesa.

RESULTADOS

Após a aplicação dos critérios de inclusão, foram selecionados 23 artigos para dar continuidade ao estudo (**Tabela 1**). Identificou-se que as espécies mais envolvidas em casos de falsificação por denominação falsa nos rótulos dos produtos foram (**Tabela 2**): *Anoplopoma fimbria* (36 amostras), *Gadus morhua* (18 amostras), *Solea solea* (18 amostras), *Thunnus albacares* (15 amostras), *Scomberomorus commerson* (14 amostras), *Lates calcarifer* (12 amostras) e *Rastrelliger brachysoma* (12 amostras).

Tabela 1. Seleção final dos artigos para o estudo

Autores	Título
Acutis et al (2019) ⁹	Detection of fish species substitution frauds in Italy: a targeted national monitoring plan
Bénard-Capelle et al (2015) ⁶	Fish mislabelling in France: Substitution rates and retail types
Blanco-Fernandez et al (2021) ¹⁰	Fraud in highly appreciated fish detected from DNA in Europe may undermine the development goal of sustainable fishing in Africa
Cawthorn et al (2012) ¹¹	DNA barcoding reveals a high incidence of fish species misrepresentation and substitution on the South African market
Cawthorn et al (2015) ⁴	Fish species substitution and misnaming in South Africa: an economic, safety and sustainability conundrum revisited
Changizi et al (2013) ¹²	Species identification reveals mislabeling of important fish products in Iran by DNA barcoding
Chen et al (2019) ¹³	DNA barcoding of fish species reveals low rate of package mislabeling in Qatar
Cutarelli et al (2014) ¹⁴	Italian market fish species identification and commercial frauds revealing by DNA sequencing
Deconinck et al (2020) ¹⁵	A high-quality genetic reference database for European commercial fishes reveals substitution fraud of processed Atlantic cod (<i>Gadus morhua</i>) and common sole (<i>Solea solea</i>) at different steps in the Belgian supply chain
Delpiani et al (2020) ¹⁶	Are we sure we eat what we buy? Fish mislabelling in Buenos Aires province, the largest sea food market in Argentina
Do et al (2019) ¹⁷	Assessment of marine fish mislabeling in South Korea's markets by DNA barcoding
Filonzi et al (2010) ¹⁸	Molecular barcoding reveals mislabelling of commercial fish products in Italy
Filonzi et al (2021) ¹⁹	Efficiency of DNA mini-barcoding to assess mislabelling in commercial fish products in Italy: An overview of the last decade
Galal-Khallaf et al (2014) ²⁰	DNA barcoding reveals a high level of mislabeling in Egyptian fish fillets
Gomes et al (2019) ²¹	Forensic analysis reveals fraud in fillets from the “Gurijuba” <i>Sciades parkeri</i> (Ariidae – Siluriformes): a vulnerable fish in Brazilian Coastal Amazon
Helyar et al (2014) ²²	Fish product mislabeling: Failings of traceability in the production chain and implications for Illegal, Unreported and Unregulated (IUU) fishing

Continua na próxima página

Continuação

Autores	Título
Horreo et al (2019) ⁷	Amplification of 16S rDNA reveals important fish mislabeling in Madrid restaurants
Kappel e Schröder (2016) ²³	Substitution of high-priced fish with low-priced species: adulteration of common sole in German restaurants
Muñoz-Colmenero et al (2016) ²⁴	DNA authentication of fish products reveals mislabeling associated with seafood processing
Sameera et al (2021) ²⁵	Species substitutions revealed through genotyping: implications of traceability limitations and unregulated fishing
von der Heyden et al (2010) ²⁶	Misleading the masses: detection of mislabelled and substituted frozen fish products in South Africa
Xiong et al (2016) ²⁷	DNA barcoding reveals substitution of Sablefish (<i>Anoplopoma fimbria</i>) with Patagonian and Antarctic Toothfish (<i>Dissostichus eleginoides</i> and <i>Dissostichus mawsoni</i>) in online market in China: how mislabeling opens door to IUU fishing
Yan et al (2016) ²⁸	DNA barcoding reveals mislabeling of imported fish products in Nansha new port of Guangzhou, Guangdong province, China

Tabela 2. Espécies declaradas no rótulo e espécies reais identificadas

Espécie declarada no rótulo	Espécie real identificada	Número de amostras	Artigo	
<i>Anoplopoma fimbria</i>	<i>Dissostichus eleginoides</i>	32	Xiong et al (2016) ²⁷	
	<i>Dissostichus mawsoni</i>	4	Xiong et al (2016) ²⁷	
	<i>Brama brama</i>	1	Cawthorn et al (2012) ¹¹	
	<i>Gadus chalcogrammus</i>	1	Deconinck et al (2020) ¹⁵	
	<i>Gadus macrocephalus</i>		1	Muñoz-Colmenero et al (2016) ²⁴
			1	Filonzi et al (2010) ¹⁸
<i>Gadus morhua</i>		5	Bénard-Capelle et al (2015) ⁶	
	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>		1	Deconinck et al (2020) ¹⁵
			1	Filonzi et al (2010) ¹⁸
	<i>Molva molva</i>		4	Muñoz-Colmenero et al (2016) ²⁴
			1	Bénard-Capelle et al (2015) ⁶
	<i>Pollachius virens</i>		1	Cutarelli et al (2014) ¹⁴
		1	Deconinck et al (2020) ¹⁵	
	<i>Pristipomoides filamentosus</i>	2	Sameera et al (2021) ²⁵	
<i>Lates calcarifer</i>	<i>Seriola brama</i>	9	Cawthorn et al (2012) ¹¹	
	<i>Thyrsites atun</i>	1	Cawthorn et al (2012) ¹¹	
<i>Rastrelliger brachysoma</i>	<i>Alepes apercna</i>	12	Yan et al (2016) ²⁸	

Continua na próxima página

Continuação

Espécie declarada no rótulo	Espécie real identificada	Número de amostras	Artigo
<i>Scomberomorus commerson</i>	<i>Acanthocybium solandri</i>	3	Sameera et al (2020) ²⁵
	<i>Caranx ignobilis</i>	3	Sameera et al (2020) ²⁵
	<i>Coryphaena hippurus</i>	1	Sameera et al. (2020) ²⁵
	<i>Istiophorous platypterus</i>	3	Sameera et al (2020) ²⁵
	<i>Scomberomorus niphonius</i>	3	Changizi et al (2013) ¹²
	<i>Xiphias gladius</i>	1	Sameera et al (2020) ²⁵
<i>Solea solea</i>	<i>Cynoglossus senegalensis</i>	1	Deconinck et al (2020) ¹⁵
		4	Kappel e Schröder (2016) ²³
	<i>Cynoglossus sp.</i>	1	Deconinck et al (2020) ¹⁵
	<i>Limanda aspera</i>	3	Deconinck et al (2020) ¹⁵
	<i>Microstomus kitt</i>	1	Deconinck et al (2020) ¹⁵
	<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>	1	Deconinck et al (2020) ¹⁵
	<i>Pangasianodon hypophthalmus/ Pangasius sanitwongsei</i>	5	Kappel e Schröder (2016) ²³
	<i>Synaptura lusitanica</i>	2	Kappel e Schröder (2016) ²³
<i>Thunnus albacares</i>	<i>Callorhinchus callorynchus</i>	1	Delpiani et al (2020) ¹⁶
	<i>Galeorhinus galeus</i>	3	Delpiani et al (2020) ¹⁶
	<i>Mustelus schmitti</i>	2	Delpiani et al (2020) ¹⁶
	<i>Squatina guggenheim</i>	1	Delpiani et al (2020) ¹⁶
	<i>Thunnus obesus</i>	6	Acutis et al (2019) ⁹
	<i>Thunnus thynnus</i>	1	Cawthorn et al (2015) ⁴
		1	Acutis et al (2019) ⁹

Foi observado que a falsificação por troca de espécies pode ter sido realizada de forma intencional, para aumentar lucros, evitar tributação, ocultar espécies ilegais ou satisfazer a demanda do mercado^{8,29-31}. As consequências da falsificação são diversas, o que inclui perdas financeiras para os consumidores e para o setor governamental, perda de confiança dos consumidores no comércio de pescado, problemas para a conservação de espécies já ameaçadas e sobre-explotadas, além de eventuais riscos à saúde pública^{26,32}.

Do ponto de vista da localização da falsificação, foi possível observar que estabelecimentos de varejo, restaurantes e peixarias foram os locais mais mencionados. O varejo foi mencionado em sete dos artigos selecionados, enquanto o restaurante e a peixaria foram mencionados em seis artigos.

DISCUSSÃO

A espécie *Anoplopoma fimbria* é denominada comumente no Brasil como Peixe-Carvão-do-Pacífico, ou Gindara³³. É um peixe que é rico em ômega-3 e que apresenta uma carne branca firme, com qualidade e sabor superiores, sendo consumido na Ásia na forma de sushi, sashimi ou marinado³⁴.

O notável valor do *A. fimbria* e a diminuição das suas populações selvagens, podem estimular o desenvolvimento da aquicultura comercial desta espécie³⁴. O Japão é o maior importador e consumidor mundial desse pescado, tendo registrado um consumo médio de 26.900 toneladas métricas por ano, no período de 1987 a 2012, o que corresponde a 88% da produção mundial de *A. fimbria* nesse intervalo de tempo³⁵. No entanto, também houve um aumento na demanda em outros mercados asiáticos, como na Coreia do Sul e em Hong Kong, onde esse peixe é considerado uma iguaria³⁶. Assim, o valor de mercado, o aumento da procura dos consumidores e a diminuição das unidades populacionais tornaram a criação de *A. fimbria* uma importante aquicultura³⁷.

A espécie *Gadus morhua* é denominada comumente no Brasil como Bacalhau, Bacalhau-do-Porto, Bacalhau-do-Atlântico, Cod e Cod-do-Atlântico³³. É uma das espécies de peixe branco mais consumidas em toda a Europa³⁸. O aumento do consumo mundial e os altos níveis de exploração provocaram diminuição dos estoques e limitações de captura³⁹. O declínio dos estoques naturais e o seu alto valor de mercado levaram a um aumento do interesse no cultivo intenso desta espécie⁴⁰. Os mesmos motivos também explicam a razão pela qual o Bacalhau é frequentemente substituído por espécies de menor valor ou tem a sua captura ilegal ocultada pelo uso de nomes de outras espécies²².

A espécie *Solea solea*, em Portugal, é denominada comumente como Linguado Legítimo. O *Solea solea* é um peixe de corpo achatado, de importância comercial na Europa, cuja distribuição se estende da Noruega e do Mar Báltico Ocidental ao Senegal, incluindo o Mar Mediterrâneo⁴¹. Devido ao seu alto valor de mercado, a alta qualidade da carne e a crescente demanda dos consumidores, é muito explorado na maior parte de sua área de distribuição⁴². Acredita-se que o estoque de Linguado Legítimo do Mar do Norte está em risco de exploração insustentável⁴³.

A espécie *Thunnus albacares* é denominada comumente no Brasil como Atum, Albacora-de-Lage ou Atum-Galha-Amarela³³. É um peixe importante na pesca comercial dos oceanos Pacífico, Índico e Atlântico⁴⁴. Indivíduos maduros podem produzir carne de qualidade de sashimi, e os animais mais jovens são, frequentemente, processados como atum enlatado de alta qualidade⁴⁵. Assim como diversas outras espécies, essa está atualmente em sobrepesca e é considerada uma espécie quase ameaçada de extinção⁴⁶.

Os peixes do gênero *Scomberomorus* spp. são denominados comumente, no Brasil, como Cavala³³. A sua popularidade e o seu alto preço de mercado resultam em uma forte exploração dos seus estoques⁴⁷. Devido à alta demanda, a captura anual global desse pescado aumentou, em um ritmo constante, de 70 mil toneladas métricas, na década de 1970, para mais de 220 mil toneladas métricas em 2008¹⁹. Assim, houve um declínio substancial dessa espécie devido à superexploração e as práticas de pesca não regulamentadas¹⁹.

Os peixes do gênero *Lates* spp. são denominados comumente no Brasil como Perca-de-Água-Doce³³. É um dos peixes de aquicultura marinha mais importante na Austrália e nos países asiáticos⁴⁸. A demanda de mercado e o preço desse pescado são altos devido ao seu sabor, textura e aroma apreciados⁴⁹. Além da elevada preferência do consumidor e do preço de mercado competitivo, essa espécie apresenta uma alta taxa de crescimento, além da capacidade de ser cultivada em uma ampla variedade de ambientes, sendo, por esses motivos, cultivada em diversos países⁴⁹.

A espécie *Rastrelliger brachysoma*, em inglês, é denominada “short mackerel”, o que, traduzido para o português, significa “Cavala Curta”⁵⁰. Essa espécie apresenta uma alta preferência entre os consumidores devido ao seu preço acessível e ao fato de ser amplamente disponível durante todo o ano, em muitos países do sudeste asiático, incluindo Tailândia, Malásia, Camboja, Filipinas e Indonésia⁵⁰. A

redução dessa espécie pode estar ocorrendo devido à sobrepesca e à deterioração de seu habitat natural⁵¹. Se a população de *R. brachysoma* continuar a diminuir nesse ritmo, essa espécie será extinta ou irá tornar-se ecologicamente insignificante⁵¹.

Em 2021, o mercado global da aquicultura foi estimado em US\$ 308 bilhões⁵². Em 2018, os peixes representavam 47,40% do total da produção aquícola, totalizando 54 milhões de toneladas⁵². As Carpas e a Tilápia estão entre as espécies de peixes mais cultivadas do mundo, com produções de 29,23 milhões de toneladas e 6,03 milhões de toneladas, respectivamente⁵².

Quando se trata do Brasil, os peixes mais produzidos atualmente são a Tilápia (*Oreochromis* spp.), o Tambaqui (*Colossoma macropomum*), o Pacu (*Piaractus mesopotamicus*), híbridos de Tambaqui e Pacu (Tambacu, Patinga e Tambatinga) e as Carpas⁵³. Em 2018, o país ocupou a quinta posição no ranking global de produção de Tilápias e outros ciclídeos (família de peixes de água doce), com produção de 317 mil toneladas e valor da produção de cerca de mais de dois bilhões de reais⁵². Apesar do grande potencial, o Brasil ainda contribui pouco para a produção mundial de pescado, pois a pesca continental é artesanal e a pesca marinha está estática⁵².

Entre 2014 e 2019, as regiões Sul e Sudeste do Brasil detiveram 50% da produção nacional, com 282 mil toneladas⁵². Entretanto, de acordo com Lopes et al⁵³, dentre as cinco macrorregiões do Brasil (Norte, Nordeste, Sul, Sudeste e Centro-Oeste), apenas na região Norte a população demonstra preferência por peixes nas suas refeições. Os resultados da pesquisa de Lopes et al⁵³ apontaram preferência por carne bovina nas outras quatro macrorregiões.

Com relação aos fatores que levam à ocorrência das falsificações, a substituição por troca de espécies pode ser não intencional, sendo ocasionada por simples erros ao longo da cadeia comercial como, por exemplo, quando espécies morfológicamente semelhantes são capturadas juntas^{8,54,55}. A substituição também pode surgir pelo fato de que as espécies podem ter nomes vernaculares diferentes em diferentes regiões, ou compartilharem o mesmo nome vernacular com outra espécie⁵⁶. Outro fator que também pode influenciar na substituição não intencional de espécies é a falta de protocolos eficazes para identificar, rastrear e rotular o pescado⁸.

A substituição por troca de espécies também pode ser realizada de forma intencional, sendo o incentivo financeiro a maior motivação. Como a carne de muitas espécies de peixes é semelhante em aparência, sabor e textura, torna-se relativamente fácil que espécies de alto valor comercial sejam substituídas por espécies de menor valor comercial^{11,57,58}.

Espécies com baixa oferta e alta demanda apresentam taxas mais altas de substituição⁸. Determinadas espécies de pescado podem apresentar maior demanda por causa da sua qualidade, da sua identidade tradicional ou porque se popularizaram comercialmente^{8,59}. O nível de oferta das espécies também varia muito, de forma que certas espécies podem estar disponíveis em grandes ou pequenas quantidades ao longo do ano, seja naturalmente ou devido a outros fatores, como a pesca de captura, a aquicultura ou o fornecimento de importações⁸.

A baixa oferta decorrente da diminuição dos estoques de peixes também é um fator que estimula a ocorrência de falsificações por troca de espécies^{15,60-62}. Em um estudo de duração de quatro anos, realizado em 10 grandes ecossistemas marinhos ao redor do mundo, Worm et al⁶³ relataram que 63% dos estoques de peixes avaliados estavam abaixo dos níveis desejados. Além disso, dados de 2009 da FAO indicam que a sobrepesca generalizada explorou totalmente, sobre-explorou ou esgotou até 75% dos estoques globais de peixes, tendo efeitos deletérios nos ecossistemas aquáticos^{11,60,64}.

Uma grave consequência das falsificações é o uso de espécies da pesca ilegal, não regulamentada e subnotificada para a substituição intencional de outras espécies, a fim de aumentar o lucro do vendedor, o que causa prejuízo ao cliente²². Esse tipo de pesca prejudica significativamente a biodiversidade¹⁷. Além disso, um estudo por estimativa indica que o valor global da pesca ilegal está entre 10 e 23 bilhões de dólares anuais⁶⁵.

A falsificação por troca de espécies impede que os consumidores conheçam a qualidade de seus alimentos⁸. Uma pesquisa realizada por Lima e Mesquita⁶⁶ procurou identificar as falsificações por troca de espécies mais comuns no comércio varejista de pescado do Estado do Rio de Janeiro. Uma delas foi a substituição da espécie Pescada (*Macrodon ancylodon*) pela espécie Abrótea (*Urophycis brasiliensis*)⁶⁶. Nessa substituição, a Abrótea, espécie comercialmente inferior à Pescada, é apresentada em filés, já que são espécies muito diferentes entre si⁶⁶. Um estudo realizado por Anjos e Tomita⁶⁷ relatou que a Pescada possui uma média de teor proteico de 19,20%, enquanto a Abrótea possui uma média de 18,83%, demonstrando que, nos casos de substituição de espécies que envolvem estes dois peixes, o consumidor estará sendo enganado quanto à qualidade e valor nutricional do alimento que irá consumir.

Além disso, essa situação causa perdas financeiras para os consumidores, uma vez que eles pagam por espécies de alta qualidade, mas obtêm espécies substitutas de qualidade inferior^{7,17}. Um exemplo disso é o Linguado, um peixe oneroso que pode ser substituído pelos peixes Alabote ou Panga⁶⁸. Em 2016, o quilo do filé de *Pangasius* custava R\$ 15,00, enquanto o de Linguado era vendido, no mínimo, pelo dobro do preço, ou seja, o consumidor que fosse alvo dessa substituição seria financeiramente prejudicado⁶⁸.

Outra consequência negativa das falsificações por troca de espécies é a ameaça à saúde dos consumidores, o que pode ocorrer quando os peixes substitutos são de espécies tóxicas, de espécies que contenham alérgenos ou de espécies que contenham altos níveis de metais pesados ou de poluentes orgânicos^{58,69,70}. Um exemplo disso foi o caso relatado por Cohen et al⁷¹, no qual, em 2007, dois indivíduos desenvolveram sintomas consistentes com envenenamento por tetrodotoxina após a ingestão de Baiacu comprado em um mercado de Chicago (Estados Unidos). O varejista alegou que o produto vendido era Tamboril, entretanto uma inspeção visual e uma análise genética determinaram que o peixe era, de fato, um Baiacu (família *Tetraodontidae*), além de a tetrodotoxina ter sido detectada em altos níveis nos peixes do lote implicado e nos restos da refeição ingerida.

Em contraste com a falsificação acidental, a falsificação deliberada é mais frequente em produtos irreconhecíveis^{20,72}. Nos produtos reconhecíveis, a cabeça está presente, além de todo o corpo conter características morfológicas que permitem a identificação da espécie, enquanto que, nos produtos irreconhecíveis, como os filés, a espécie não pode ser apurada visualmente¹⁰. Entretanto, os caracteres morfológicos podem ser alterados ou apagados durante a captura, o processamento, o transporte e a embalagem⁷³. Assim, a falsificação por troca de espécies é mais prevalente em produtos processados (fatiados, cortados, amassados ou misturados com outros ingredientes), uma vez que as características morfológicas não estão mais visíveis^{15,24}.

Relatórios têm mostrado um aumento no número de casos de falsificação por troca de espécies em filés de peixe^{23,74,75}. Um dado preocupante, visto que o tipo de pescado processado mais procurado pela população brasileira é o filé⁵³. Como o peixe é um alimento que se decompõe rapidamente, a principal estratégia para prolongar a sua vida útil é processar a sua carne, sendo que a forma mais comum de fazer isso

é a filetagem⁷⁶. O filé é produzido cortando e separando a carne do osso longitudinalmente, paralelamente à espinha dorsal e, assim, muitas estruturas morfológicas são removidas, o que dificulta o reconhecimento da espécie e facilita que falsificações acidentais ou intencionais ocorram^{11,20,76,77}.

Assim, os peixes podem ser alvo de falsificação por troca de espécies ao longo de toda a cadeia de abastecimento, pois sua crescente complexidade dificulta o rastreamento da origem da falsificação^{4,7}. Além disso, o nível de falsificação varia entre os pontos da cadeia produtiva²⁴. A partir disso, estudos sugerem que as falsificações por troca de espécies são mais importantes no final da cadeia de suprimentos, como em restaurantes, e que os esforços de controle devem ser direcionados a esse nível⁶.

Diante desse problema, o Brasil iniciou medidas para reduzir a falsificação por troca de espécies em peixes, como a Instrução Normativa nº 53, de 1º de setembro de 2020, publicada pelo MAPA, que correlaciona os nomes comuns e científicos das principais espécies-alvo do setor pesqueiro brasileiro, apesar de não exigir a inclusão dos nomes científicos nos rótulos das embalagens³³. Além disso, o MAPA também publicou um manual identificando as principais espécies de peixes comerciais colhidas no Brasil, o qual inclui um diagnóstico morfológico das espécies, a fim de evitar a substituição de peixes inteiros e de produtos processados⁷⁸. As principais características externas das espécies que devem ser analisadas a fim de identificar as substituições são: formato do corpo, pele, nadadeiras, pedúnculo caudal e cabeça. Já as características internas dos cortes comerciais que devem ser analisadas são: cor e aspecto da musculatura, septo horizontal, linhas acessórias, perimísio, miômeros e mioseptos⁷⁸.

O MAPA também adotou a metodologia de DNA *barcoding* como um método padronizado para a regulação sistemática de produtos do mar⁷⁹. Atualmente, o uso de técnicas moleculares como o DNA *barcoding* para a detecção das espécies em produtos processados é um dos métodos mais utilizados e eficazes, já que apresenta maior resolução quando comparado com outros métodos²⁰.

Em 2023, o MAPA realizou a 8ª edição da Operação Semana Santa para evitar a substituição por troca de espécies de pescados⁸⁰. A operação abrangeu produtos elaborados em estabelecimentos sob os Serviços de Inspeção Federal (SIF), Serviços de Inspeção Estadual (SIE) e Serviços de Inspeção Municipal (SIM) e produtos importados, e resultou na coleta de 152 amostras de pescados em 23 estados brasileiros e no Distrito Federal⁸⁰. O resultado apontou um índice de 96,1% de conformidade dos produtos analisados⁸⁰. Para os estabelecimentos sob os SIF que apresentaram amostras não conformes (três amostras de 109 amostras coletadas), foram adotadas ações fiscais previstas na legislação brasileira que podem resultar em multa, suspensão da atividade, interdição ou o cancelamento do registro junto ao SIF⁸⁰. Já para os estabelecimentos sob os SIE e sob os SIM que demonstraram amostras não conformes (três das 26 amostras coletadas), foram encaminhadas notificações aos serviços de inspeção competentes para que sejam adotadas ações previstas nas suas legislações⁸⁰. Nos produtos importados, não foi detectada nenhuma amostra não conforme⁸⁰.

CONCLUSÃO

As espécies de peixes mais comumente substituídas em relatos e revisões sobre falsificações por troca de espécies em artigos científicos publicados entre 2002 e 2022 foram: *Anoplopoma fimbria*, *Gadus morhua*, *Solea solea*, *Thunnus albacares*, *Scomberomorus commerson*, *Lates calcarifer* e *Rastrelliger brachysoma*. Tais espécies, como esperado, são de alto valor comercial. Entretanto, também se percebeu

que fatores como o esgotamento dos estoques de peixes e a oferta menor do que a demanda influenciam na ocorrência de falsificações.

Com relação às falsificações intencionais, as motivações eram, predominantemente, econômicas, apesar de “ocultar espécies ilegais” e “satisfazer a demandado mercado” também terem sido fatores que levaram à ocorrência de falsificações. Além disso, foi observado que as falsificações também ocorrem de forma accidental, devido a erros ao longo da cadeia produtiva.

Quanto aos impactos das falsificações, comprovou-se que troca de espécies em peixes impactam negativamente na economia, na saúde pública e no meio ambiente. Já com relação ao tipo de estabelecimento em que as falsificações normalmente são detectadas, constatou-se que a maioria das falsificações foi encontrada no final da cadeia produtiva, em locais como varejos, restaurantes e peixarias.

Portanto, a falsificação por troca de espécies de peixes é um problema internacional e que pode ocasionar diversos riscos à humanidade. Assim, este estudo auxilia na compreensão do cenário mundial desse tema e analisa o porquê das falsificações serem tão recorrentes, em que estabelecimentos elas geralmente são detectadas e quais espécies de peixes são mais propensas a ser alvo das substituições. Dessa forma, a partir de um maior conhecimento das circunstâncias em que normalmente acontecem as falsificações, torna-se possível adotar medidas para minimizar os fatores que levam à sua ocorrência.

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram não existir conflitos de interesse.

FINANCIAMENTO

Não declarado pelos autores.

AGRADECIMENTO

Não declarado pelos autores.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Carolina Laipelt Matias: idealização e redação. Andrea Troller Pinto: orientação, revisão e apoio na pesquisa bibliográfica. Juliana Querino Goulart: orientação e revisão. Todos os autores foram responsáveis pela aprovação do documento final ora apresentado.

NOTA DE APRESENTAÇÃO

Não declarado pelos autores.

REFERÊNCIAS

1. Sartori AGO, Amancio RD. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. Seg Alim Nutr. 2012;19(2):83-93.
<https://doi.org/10.20396/san.v19i2.8634613>

2. Harvard TH Chan, School of Public Health. Omega-3 fatty acids: an essential contribution. Boston (MA): University of Harvard, School of Public Health; 2023. Disponível em: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/what-should-you-eat/fats-and-cholesterol/types-of-fat/omega-3-fats/#:~:text=The%20human%20body%20can%20make,must%20get%20them%20from%20food>
3. Carrera E, Terni M, Montero A, Garcia T, Gonzalez I, Martin R. ELISA-based detection of mislabeled albacore (*Thunnus alalunga*) fresh and frozen fish fillets. Food Agric Immunol. 2014;25(4):569-77. <https://doi.org/10.1080/09540105.2013.858310>
4. Cawthorn DM, Duncan J, Kastern C, Francis J, Hoffman LC. Fish species substitution and misnaming in South Africa: an economic, safety and sustainability conundrum revisited. Food Chem. 2015;185:165-81. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.113>
5. Atos do Poder Executivo (BR). Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020. Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 19 ago 2020. Seção 1(159):5-14.
6. Bénard-Capelle J, Guillonnet V, Nouvian C, Fournier N, Le Loët K, Dettai A. Fish mislabelling in France: substitution rates and retail types. Peer J. 2015;2:e714. <https://doi.org/10.7717/peerj.714>
7. Horreo JL, Fitze PS, Jiménez-Valverde A, Noriega JA, Pelaez ML. Amplification of 16S rDNA reveals important fish mislabeling in Madrid restaurants. Food Control. 2019;96:146-50. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.09.020>
8. Munguia-Vega A, Weaver AH, Dominguez-Contreras JF, Peckham H. Multiple drivers behind mislabeling of fish from artisanal fisheries in La Paz, Mexico. Peer J. 2021;9:e10750. <https://doi.org/10.7717/peerj.10750>
9. Acutis PL, Cambiotti V, Riina MV, Meistro S, Maurella C, Massaro M et al. Detection of fish species substitution frauds in Italy: a targeted national monitoring plan. Food Control. 2019;101:151-5. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.02.020>
10. Blanco-Fernandez C, Ardura A, Masiá P, Rodriguez N, Voces L, Fernandez-Raigoso M et al. Fraud in highly appreciated fish detected from DNA in Europe may undermine the development goal of sustainable fishing in Africa. Sci Rep. 2021;11(1):11423. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91020-w>

11. Cawthorn DM, Steinman HA, Witthuhn RC. DNA barcoding reveals a high incidence of fish species misrepresentation and substitution on the South African market. *Food Res Int.* 2012;46(1):30-40.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.11.011>
12. Changizi R, Farahmand H, Soltani M, Asareh R, Ghiasvand Z. Species identification reveals mislabeling of important fish products in Iran by DNA barcoding. *Iran J Fish Sci.* 2013;12(4):783-91. Disponível em:
<https://aquadocs.org/handle/1834/11666>
13. Chen KC, Zakaria D, Altarawneh H, Andrews GN, Ganesan GS, John KM et al. DNA barcoding of fish species reveals low rate of package mislabeling in Qatar. *Genome.* 2019;62(2):69-76.
<https://doi.org/10.1139/gen-2018-0101>
14. Cutarelli A, Amoroso MG, Roma A, Girardi S, Galiero G, Guarino A et al. Italian market fish species identification and commercial frauds revealing by DNA sequencing. *Food Control.* 2014;37:46-50.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.08.009>
15. Deconinck D, Volckaert FAM, Hostens K, Panicz R, Eljasik P, Faria M et al. A high-quality genetic reference database for European commercial fishes reveals substitution fraud of processed Atlantic cod (*Gadus morhua*) and common sole (*Solea solea*) at different steps in the Belgian supply chain. *Food Chem Toxicol.* 2020;141:111417.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111417>
16. Delpiani G, Delpiani SM, Antoni MYD, Ale MC, Fischer L, Lucifora LO et al. Are we sure we eat what we buy? Fish mislabelling in Buenos Aires province, the largest sea food market in Argentina. *Fisheries Research.* 2020;221:105373.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105373>
17. Do TD, Choi TJ, Kim J, An HE, Park YJ, Karagozlu MZ et al. Assessment of marine fish mislabeling in South Korea's markets by DNA barcoding. *Food Control.* 2019;100:53-7.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.01.002>
18. Filonzi L, Chiesa S, Vaghi M, Marzano FN. Molecular barcoding reveals mislabelling of commercial fish products in Italy. *Food Research International.* 2010;43(5):1383-8.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.016>
19. Filonzi L, Vaghi M, Ardenghi A, Rontani PM, Voccia A, Marzano FN. Efficiency of DNA mini-barcoding to assess mislabeling in commercial fish products in Italy: an overview of the last decade. *Foods.* 2021;10(7):1449.
<https://doi.org/10.3390/foods10071449>

20. Galal-Khallaf A, Ardura A, Mohammed-Geba K, Borrell YJ, Garcia-Vazquez E. DNA barcoding reveals a high level of mislabeling in Egyptian fish fillets. *Food Control*. 2014;46:441-5.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.06.016>
21. Gomes G, Correa R, Veneza I, Silva R, Silva D, Miranda J et al. Forensic analysis reveals fraud in fillets from the “Gurijuba” *Sciades parkeri* (Ariidae – Siluriformes): a vulnerable fish in Brazilian Coastal Amazon. *Mitochondrial DNA Part A*. 2019;30(5):721-9.
<https://doi.org/10.1080/24701394.2019.1622694>
22. Helyar SJ, Lloyd HD, Bruyn M, Leake J, Bennett N, Carvalho GR. Fish product mislabelling: failings of traceability in the production chain and implications for illegal, unreported and unregulated (IUU) fishing. *PLoS One*. 2014;9(6):e98691.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098691>
23. Kappel K, Schröder U. Substitution of high-priced fish with low-priced species: adulteration of common sole in German restaurants. *Food Control*. 2016;59:478-86.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.06.024>
24. Muñoz-Colmenero M, Blanco O, Arias V, Martinez JL, Garcia-Vazquez E. DNA authentication of fish products reveals mislabeling associated with seafood processing. *Fisheries*. 2016;41(3):128-38.
<https://doi.org/10.1080/03632415.2015.1132706>
25. Sameera S, Jose D, Harikrishnan M, Ramachandran A. Species substitutions revealed through genotyping: implications of traceability limitations and unregulated fishing. *Food Control*. 2021;123:107779.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107779>
26. von der Heyden S, Barendse J, Seebregts AJ, Matthee CA. Misleading the masses: detection of mislabelled and substituted frozen fish products in South Africa. *ICES J Mar Sci*. 2010;67(1):176-85.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp222>
27. Xiong X, Guardone L, Cornax MJ, Tinacci L, Guidi A, Gianfaldoni D et al. DNA barcoding reveals substitution of Sablefish (*Anoplopoma fimbria*) with Patagonian and Antarctic Toothfish (*Dissostichus eleginoides* and *Dissostichus mawsoni*) in online market in China: how mislabeling opens door to IUU fishing. *Food Control*. 2016;70:380-91.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.010>
28. Yan S, Lai G, Li L, Xiao H, Zhao M, Wang M. DNA barcoding reveals mislabeling of imported fish products in Nansha new port of Guangzhou, Guangdong province, China. *Food Chemistry*. 2016;202:116-9.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.133>

29. Feitosa LM, Martins APB, Giarrizzo T, Macedo W, Monteiro IL, Gemaque R et al. DNA-based identification reveals illegal trade of threatened shark species in a global elasmobranch conservation hotspot. Sci Rep. 2018;8:3347.
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-21683-5>
30. Fox M, Mitchell M, Dean M, Elliott C, Campbell K. The seafood supply chain from a fraudulent perspective. Food Secur. 2018;10(4):939-63.
<https://doi.org/10.1007/s12571-018-0826-z>
31. Calosso MC, Claydon JAB, Mariani S, Cawthorn DM. Global footprint of mislabelled seafood on a small island nation. Biol Conserv. 2020;245:108557.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108557>
32. Jacquet JL, Pauly D. Trade secrets: renaming and mislabeling of seafood. Mar Policy. 2008;32(3):309-18.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2007.06.007>
33. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BR). Instrução Normativa nº 53, de 1º de Setembro de 2020. Define o nome comum e respectivos nomes científicos para as principais espécies de peixes de interesse comercial destinados ao comércio nacional. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 04 set 2020. Seção 1(171):2-5.
34. Goetz FW, Anulacion BF, Arkoosh MR, Cook MA, Dickhoff WW, Dietrich JP et al. Status of sablefish, *Anoplopoma fimbria*, aquaculture. J World Aquac Soc. 2021;52(3):607-46.
<https://doi.org/10.1111/jwas.12769>
35. Head MA, Keller AA, Bradburn M. Maturity and growth of sablefish, *Anoplopoma fimbria*, along the U.S. West Coast. Fish Res. 2014;159:56-67.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.05.007>
36. Friesen EN, Balfry SK, Skura BJ, Ikonomou MG, Higgs DA. Evaluation of cold-pressed flaxseed oil as an alternative dietary lipid source for juvenile sablefish (*Anoplopoma fimbria*). Aquac Res. 2011;44(2):182-99.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.03022.x>
37. Vasquez I, Cao T, Hossain A, Valderrama K, Gnanagobal H, Dang M et al. *Aeromonas salmonicida* infection kinetics and protective immune response to vaccination in sablefish (*Anoplopoma fimbria*). Fish Shellfish Immunol. 2020;104:557-66.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.06.005>
38. Rose GA. Reconciling overfishing and climate change with stock dynamics of Atlantic cod (*Gadus morhua*) over 500 years. Can J Fish Aquat Sci. 2004;61(9):1553-7.
<https://doi.org/10.1139/f04-173>

39. Herrero B, Madriñán M, Vieites JM, Espiñeira M. Authentication of Atlantic cod (*Gadus morhua*) using real time PCR. J Agric Food Chem. 2010;58(8):4794-9.
<https://doi.org/10.1021/jf904018h>
40. Norberg B, Brown CL, Halldorsson O, Stensland K, Bjornsson BT. Photoperiod regulates the timing of sexual maturation, spawning, sex steroid and thyroid hormone profiles in the Atlantic cod (*Gadus morhua*). Aquaculture. 2004;229(1-4):451-67.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00393-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00393-4)
41. Tanner SE, Vasconcelos RP, Reis-Santos P, Cabral HN, Thorrold SR. Spatial and ontogenetic variability in the chemical composition of juvenile common sole (*Solea solea*) otoliths. Estuar Coast Shelf Sci. 2011;91(1):150-7.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.10.008>
42. Parma L, Bonaldo A, Massi P, Yúfera M, Martínez-Rodríguez G, Gatta PP. Different early weaning protocols in common sole (*Solea solea* L.) larvae: implications on the performances and molecular ontogeny of digestive enzyme precursors. Aquaculture. 2013;414-415:26-35.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.07.043>
43. Lacroix G, Maes GE, Bolle LJ, Volckaert FAM. Modelling dispersal dynamics of the early life stages of a marine flatfish (*Solea solea* L.). J Sea Res. 2013;84:13-25.
<https://doi.org/10.1016/j.seares.2012.07.010>
44. Li W, Chen X, Xu Q, Zhu J, Dai X, Xu L. Genetic population structure of *Thunnus albacares* in the Central Pacific Ocean based on mtDNA COI gene sequences. Biochem Genet. 2015;53(1-3):8-22.
<https://doi.org/10.1007/s10528-015-9666-0>
45. Anderson G, Lal M, Hampton J, Smith N, Rico C. Close kin proximity in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) as a driver of population genetic structure in the Tropical Western and Central Pacific Ocean. Front Mar Sci. 2019;6:341.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00341>
46. Collette BB, Carpenter KE, Polidoro BA, Juan-Jordá MJ, Boustany A, Die DJ et al. High value and long life: double jeopardy for tunas and billfishes. Science. 2011;333(6040):291-2.
<https://doi.org/10.1126/science.1208730>
47. Al-Hosni AHS, Siddeek SM. Growth and mortality of the narrowbarred Spanish Mackerel, *Scomberomorus commerson* (Lacepède), in Omani waters. Fish Manag Ecol. 1999;6(2):145-60.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2400.1999.00134.x>

48. Yang R, Han M, Fu Z, Wang Y, Zhao W, Yu G et al. Immune responses of Asian seabass *Lates calcarifer* to dietary *Glycyrrhiza uralensis*. Animals. 2020;10(9):1629.
<https://doi.org/10.3390/ani10091629>
49. Banerjee I, Sadhu T, Mukherjee R, Bhattacharjee A, Chakrabarty J. Nutritional consequences of sun-drying, freezing, and frying of *Lates calcarifer* on human health. J Indian Chem Soc. 2021;98(10):100158.
<https://doi.org/10.1016/j.jics.2021.100158>
50. Tan CW, Malcolm TTH, Kuan CH, Thung TY, Chang WS, Loo YY et al. Prevalence and antimicrobial susceptibility of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from short mackerels (*Rastrelliger brachysoma*) in Malaysia. Front Microbiol. 2017;8:1087.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01087>
51. Senarat S, Kettratad J, Jiraungkoorskul W, Kangwanrangsan N, Amano M, Shimizu A et al. Distribution and changes in the sbGnRH system in *Rastrelliger brachysoma* males during the breeding season. Sci Mar. 2021;85(3):187-95.
<https://doi.org/10.3989/scimar.05023.017>
52. Ximenes LF. Produção de pescado no Brasil e no nordeste brasileiro. Cad Set ETENE. 2021;5(150). [acesso 2023 Jun 05]. Disponível em:
https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/649/1/2021_CDS_150.pdf
53. Lopes IG, Oliveira RG, Ramos FM. Perfil do consumo de peixes pela população brasileira. Biota Amazônia. 2016;6(2):62-5.
<http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n2p62-65>
54. Marko PB, Lee SC, Rice AM, Gramling JM, Fitzhenry TM, McAlister JS et al. Mislabelling of a depleted reef fish. Nature. 2004;430(6997):309-10.
<https://doi.org/10.1038/430309b>
55. Gold JR, Voelker G, Renshaw MA. Phylogenetic relationships of tropical western Atlantic snappers in subfamily Lutjaninae (Lutjanidae: Perciformes) inferred from mitochondrial DNA sequences. Biol J Linn Soc Lond. 2011;102(4):915-29.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2011.01621.x>
56. Pinto A, Marchetti P, Mottola A, Bozzo G, Bonerba E, Ceci E et al. Species identification in fish fillet products using DNA barcoding. Fish Res. 2015;170:9-13.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.05.006>
57. Cline E. Marketplace substitution of Atlantic salmon for Pacific salmon in Washington State detected by DNA barcoding. Food Res Int. 2012;45(1):388-93.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.10.043>

58. Xiong X, Yao L, Ying X, Lu L, Guardone L, Armani A et al. Multiple fish species identified from China's roasted Xue Yu fillet products using DNA and mini-DNA barcoding: implications on human health and marine sustainability. *Food Control*. 2018;88:123-30.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.12.035>
59. Miller DD, Clarke M, Mariani S. Mismatch between fish landings and market trends: a western European case study. *Fish Res*. 2012;121-122:104-14.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.01.016>
60. Worm B, Barbier EB, Beaumont N, Duffy JE, Folke C, Halpern BS et al. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*. 2006;314(5800):787-90.
<https://doi.org/10.1126/science.1132294>
61. Cheung WWL, Watson R, Pauly D. Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature*. 2013;497(7449):365-8.
<https://doi.org/10.1038/nature12156>
62. Bryndum-Buchholz A, Tittensor DP, Blanchard JL, Cheung WWL, Coll M, Galbraith ED et al. Twenty-first-century climate change impacts on marine animal biomass and ecosystem structure across ocean basins. *Glob Chang Biol*. 2018;25(2):459-72.
<https://doi.org/10.1111/gcb.14512>
63. Worm B, Hilborn R, Baum JK, Branch TA, Collie JS, Costello C et al. Rebuilding global fisheries. *Science*. 2009;325(5940):578-85.
<https://doi.org/10.1126/science.1173146>
64. Pauly D, Watson R, Alder J. Global trends in world fisheries: impacts on marine ecosystems and food security. *Phil Trans R Soc B*. 2005;360(1453):5-12.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1574>
65. Martinsohn JT, Raymond P, Knott T, Glover KA, Nielsen EE, Eriksen LB et al. DNA-analysis to monitor fisheries and aquaculture: too costly? *Fish and Fisheries*. 2019;20(2):391-401.
<https://doi.org/10.1111/faf.12343>
66. Lima FC, Mesquita EFM. Fraudes detectadas na comercialização de pescado no município de Niterói, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Rev Bras Cienc Vet*. 1996;3(2):39-43.
<https://doi.org/10.4322/rbcv.2015.042>
67. Anjos NF, Tomita RY. Estudo do valor nutricional do pescado visando agregação de valor e estímulo ao seu consumo. VII Simpósio de Controle de Qualidade do Pescado; outubro de 2016; São Paulo: Universidade Católica de Santos. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/311793865_Estudo_do_Valor_Nutricional_do_Pescado_Visando_Agregacao_de_Valor_e_Estimulo_ao_seu_Consumo

68. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Manual identifica espécies de peixes para ajudar no combate à fraude. Brasília. 2016 [acesso 2023 Jun 05]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/manual-identifica-especies-de-peixes-para-ajudar-no-combate-a-fraude>
69. Focardi S. Levels of mercury and polychlorobiphenyls in commercial food in Siena Province (Tuscany, Italy) in the period 2001-2010. Microchem J. 2012;105:60-4. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2012.01.013>
70. Giusti A, Castigliero L, Rubino R, Gianfaldoni D, Guidi A, Armani A. A conventional multiplex PCR assay for the detection of toxic gemfish species (*Ruvettus pretiosus* and *Lepidocybium flavobrunneum*): a simple method to combat health frauds. J Agric Food Chem. 2016;64(4):960-8. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04899>
71. Cohen NJ, Deeds JR, Wong ES, Hanner RH, Yancy HF, White KD et al. Public health response to puffer fish (tetrodotoxin) poisoning from mislabeled product. J Food Prot. 2009;72(4):810-7. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.4.810>
72. Garcia-Vazquez E, Machado-Schiaffino G, Campo D, Juanes F. Species misidentification in mixed hake fisheries may lead to overexploitation and population bottlenecks. Fish Res. 2012;114:52-5. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.05.012>
73. Nedunoori A, Turanov SV, Kartavtev YP. Fish product mislabeling identified in the Russian far east using DNA barcoding. Gene Rep. 2017;8:144-9. <https://doi.org/10.1016/j.genrep.2017.07.006>
74. Brito MA, Schneider H, Sampaio I, Santos S. DNA barcoding reveals high substitution rate and mislabeling in croaker fillets (Sciaenidae) marketed in Brazil: the case of “pescada branca” (*Cynoscion leiarchus* and *Plagioscion squamosissimus*). Food Res Int. 2015;70:40-6. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.031>
75. Veneza I, Silva R, Freitas L, Silva S, Martins K, Sampaio I et al. Molecular authentication of Pargo fillets *Lutjanus purpureus* (Perciformes: Lutjanidae) by DNA barcoding reveals commercial fraud. Neotrop Ichthyol. 2018;16(1):e170068. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170068>
76. Staffen CF, Staffen MD, Becker ML, Lofgren SE, Muniz YCN, Freitas RHA et al. DNA barcoding reveals the mislabeling of fish in a popular tourist destination in Brazil. Peer J. 2017;5:e4006. <https://doi.org/10.7717/peerj.4006>

77. Galimberti A, Mattia F, Losa A, Bruni I, Federici S, Casiraghi M et al. DNA barcoding as a new tool for food traceability. Food Res Int. 2013;50(1):55-63.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.036>
78. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Manual de inspeção para identificação de espécies de peixes e valores indicativos de substituições em produtos da pesca e aquicultura. Brasília. 2022 [acesso 2023 Jun 05]. Disponível em:
<https://wikisda.agricultura.gov.br/pt-br/Inspe%C3%A7%C3%A3o-Animal/Manual-de-procedimentos-de-inspecao-e-fiscalizacao-de-pescado-e-derivados-em-estabelecimentos-sob-inspecao-federal>
79. Carvalho DC, Guedes D, Trindade MG, Coelho RMS, Araujo PHL. Nationwide Brazilian governmental forensic programme reveals seafood mislabelling trends and rates using DNA barcoding. Fish Res. 2017;191:30-5.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.02.021>
80. Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA. Operação Semana Santa fiscaliza qualidade do pescado em 23 estados e no DF. Brasília. 2023 [acesso 2023 Jun 05]. Disponível em:
<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/operacao-semana-santa-fiscaliza-qualidade-do-pescado-em-23-estados-e-no-df>

