



Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe

Maria M. C. Feltes¹, João F. G. Correia¹, Luiz H. Beirão², Jane M. Block², Jorge L. Ninow¹ & Valeria R. Spiller²

RESUMO

O setor pesqueiro, em especial a pesca extrativa marinha, é uma atividade de grande importância econômica em diversas localidades do Brasil. A industrialização de peixe gera uma quantidade expressiva de resíduos ricos em proteínas e em ácidos graxos de cadeia longa, entre os quais se destacam os insaturados da série ômega-3. Este trabalho teve como objetivo fazer uma revisão sobre as alternativas tecnológicas disponíveis para aproveitamento de resíduos de peixe, como maneira de se agregar valor a este material, sob o enfoque da tecnologia limpa. Este material pode ser processado para a obtenção de óleo, farinha ou silagem que, por sua vez, podem ser aplicados na alimentação animal. O óleo obtido pode ainda ser estabilizado mediante reações de interesterificação, sendo que os triacilgliceróis estruturados assim obtidos podem ser aplicados em rações, com vantagens nutricionais sobre os óleos originais. Os resíduos de peixe podem ser aplicados como substrato para a produção de proteína texturizada, concentrado protéico, carne mecanicamente separada, surimi, produtos reestruturados ou até mesmo óleo, utilizados na alimentação humana. A conversão do óleo obtido a biodiesel é outra proposta de interesse particular no campo de combustíveis alternativos.

Palavras-chave: pescado, subprodutos, tecnologias limpas

Alternatives for adding value for the fish processing wastes

ABSTRACT

The fish farming industry, especially the marine extractive fishery, is an activity of great economic importance in many parts of Brazil. Industrial fish processing operations generate a significant amount of wastes, which are rich in proteins and long-chain fatty acids, among which the unsaturated omega-3 fatty acids are prominent. The aim of this study is to make a review about the technological alternatives available for the utilization of fish wastes, such as a way for adding value to this material, focusing on green technologies. This material can be processed to obtain oil, meal or silage, that may be applied in livestock feeding. The obtained oil can further be stabilized by means of interesterification reactions, considering that the structured triglycerides thus obtained can be used in animal feeding, with nutritional advantages over original oils. The fish wastes can be applied as a substrate for the production of texturized proteins, protein concentrate, mechanically deboned meat, surimi, restructured products or even oil, used for human feeding. The conversion of the extracted oil into biodiesel is another proposal of particular interest in the field of alternative fuels.

Key words: by-products, fishery, green technologies

¹ EQA/UFSC, Campus Universitário, Trindade, CP 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC. Fone: (48) 3721-9448. E-mail(s): mmanuelafeltes@hotmail.com; correia@enq.ufsc.br; jorge@enq.ufsc.br

² CAL/UFSC, Av. Admar Gonzaga 1346, Itacorubi, CEP 88034-001, Florianópolis, SC. Fone: (48) 3721-5397. E-mail(s): beirao@cca.ufsc.br; jmblock@cca.ufsc.br; valerians@ffclrp.usp.br

INTRODUÇÃO

Em 2006, a produção brasileira de pesca de captura e aquicultura garantiu o montante de mais de um milhão de toneladas de pescado, sendo que o Estado de Santa Catarina é o maior produtor brasileiro da pesca extrativa marinha (IBAMA, 2008).

Neste contexto, o setor pesqueiro deve estar engajado nas propostas de emissão zero de resíduos (ZERI, “Zeri Emission Research Initiative”) (Lee, 1963; Morales-Ulloa & Oetterer, 1995; Seibel & Soares, 2003); deve, ainda, dispor de alternativas para o gerenciamento dos resíduos que venham a ser gerados, o que se torna fator diferencial para as empresas, garantindo a diversificação da linha de produtos, o crescimento sustentável e a responsabilidade sócio-ambiental (Bertoldi, 2003; Pessatti, 2001).

Os resíduos sólidos do beneficiamento de peixe são destinados principalmente à alimentação animal mas também podem ser aproveitados para a produção de fertilizantes ou produtos químicos (Cavalcante Júnior et al., 2005; Lee, 1963; Seibel & Soares, 2003), iscas e artesanatos (Banco do Nordeste, 1999). O valor nutricional desses resíduos, ricos em proteínas e em ácidos graxos da série ômega-3, incentiva o desenvolvimento de produtos para a alimentação humana. O uso de tecnologias com esta finalidade aumenta a capacidade da indústria da pesca responder não só à demanda por produtos diferenciados mas também à tendência da busca por alimentos saudáveis e com alto valor nutritivo, suprimindo as necessidades nutricionais – em especial de proteínas animais, dos setores mais carentes da população, por um preço acessível (Jorge, 1997; Miranda et al., 2003).

Neste contexto, esta revisão tem, como objetivo, a caracterização dos resíduos provenientes do beneficiamento de

peixe e o levantamento das alternativas tecnológicas disponíveis para o aproveitamento deste material, de maneira a permitir a diversificação das atividades das indústrias desta área e a obtenção de subprodutos com valor agregado.

INDUSTRIALIZAÇÃO DE PEIXE E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS

O peixe pode ser comercializado in natura ou industrializado, para a obtenção de peixe congelado, enlatado, salgado, semiconservas e outros produtos (Arruda et al., 2006; Nunes, 2001; Oetterer, 2003). A industrialização do peixe envolve, basicamente, a sua obtenção, sua conservação, o seu processamento/elaboração, a embalagem, o transporte e a comercialização (Banco do Nordeste, 1999; Nunes, 2001; Oetterer, 2003). O processamento genérico está apresentado no fluxograma da Figura 1, em que estão indicados os resíduos gerados durante cada etapa.

Inicialmente, no beneficiamento os peixes são selecionados por tamanho, sendo então lavados e submetidos a congelamento, caso não sejam processados imediatamente; podem ser comercializados inteiros, eviscerados com cabeça ou fracionados em filés ou lâminas. A eliminação das vísceras (coração e rins) objetiva a remoção das bactérias e enzimas estomacais responsáveis pela autólise do peixe, responsáveis pela alta perecibilidade de sua carne; as técnicas de conservação envolvem sobretudo o congelamento, a secagem e salga, defumação, fermentação e o enlatamento (Banco do Nordeste, 1999; Nunes, 2001). Os resíduos gerados no beneficiamento do peixe (cabeça, vísceras, nadadeira, cauda, coluna vertebral, barbatana, escamas e restos de carne) podem representar 50% da matéria-prima utili-

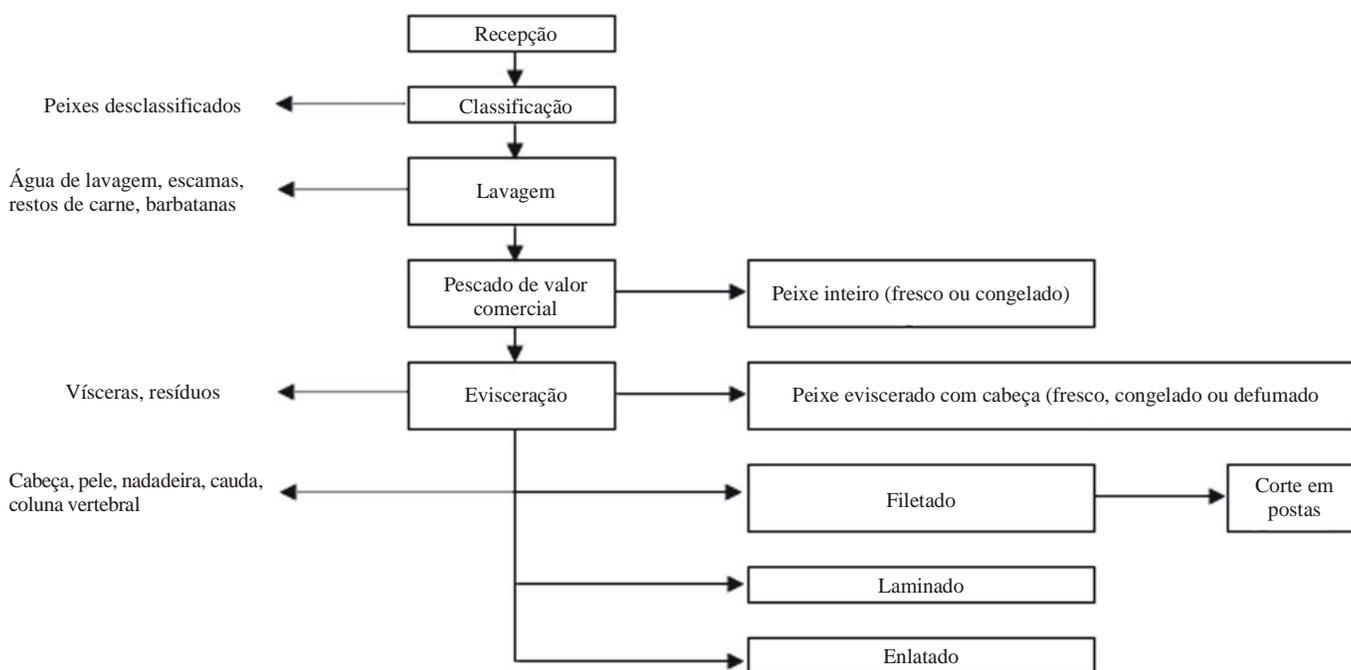


Figura 1. Fluxograma geral de beneficiamento de peixe com a indicação do processamento (setas contínuas) e dos resíduos gerados (setas pontilhadas). Adaptado de Banco do Nordeste (1999), Nunes (2001), Oetterer (2003)

zada, variando conforme as espécies e o processamento (Banco do Nordeste, 1999; Nunes, 2001; Pessatti, 2001).

A sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) é o principal recurso pesqueiro do Brasil, com a produção de mais de cinquenta e quatro mil toneladas em 2006, sendo que o Estado de Santa Catarina foi o principal produtor neste período (IBAMA, 2008). A industrialização desse peixe gera, em média, 35 e 47,8% de resíduos nas linhas de eviscerados e de espalmados, respectivamente (Lee, 1963; Moraes-Ulloa & Oetterer, 1995; Pessatti, 2001; Seibel & Soares, 2003). No enlatamento de atum ocorre a geração de cerca de 60% de resíduos, compostos majoritariamente por cabeça, espinhaço, vísceras, carne escura e uma pequena quantidade de carne branca destinados, em sua quase totalidade, à alimentação animal (Bertoldi, 2003).

Os resíduos da indústria de peixe apresentam uma composição rica em compostos orgânicos e inorgânicos, o que gera preocupação relativa aos potenciais impactos ambientais negativos decorrentes da disposição deste material diretamente no ambiente ou oferecido in natura aos peixes cultivados (Banco do Nordeste, 1999; Silva & Camargo, 2002; Seibel & Soares, 2003). As águas residuárias geradas na industrialização de peixe contêm sólidos suspensos totais, restos de peixe e elevadas demandas química e bioquímica de oxigênio (Arruda et al., 2007; Banco do Nordeste, 1999; Nunes, 2001), motivo pelo qual toda a água gerada no processo deve ser encaminhada para a estação de tratamento de efluentes e recolhida em um tanque de retenção para a separação da fase sólida, a qual pode ser aproveitada posteriormente, sobretudo para ração animal (Islam et al., 2004; Nunes, 2001). A água residual também pode ser associada ao cultivo hidropônico (Cortez et al., 2009). Os resíduos não aproveitados devem ser dispostos adequadamente em aterros sanitários (Banco do Nordeste, 1999).

As rações empregadas na aquicultura e parcialmente digeridas pelos organismos, geram efluentes com considerável carga orgânica e inorgânica (Cavalcante Júnior et al., 2005), podendo conter drogas e produtos químicos utilizados no manejo dos cultivos, organismos produtores de doenças virulentas, parasitas e bactérias resistentes a antibióticos; tais efluentes podem provocar a eutrofização dos corpos d'água (Banco do Nordeste, 1999; Silva & Camargo, 2002).

VALOR NUTRICIONAL DOS RESÍDUOS DE PEIXE

Os alimentos marinhos se constituem em uma rica fonte de micronutrientes, minerais, ácidos graxos essenciais e, em especial, proteínas (FAO, 2007).

A proteína de peixes, crustáceos e moluscos (excluídos plantas aquáticas e mamíferos marinhos) representa cerca de 20% das fontes alimentares de proteína animal consumidas no mundo (FAO, 2007). As proteínas musculares do peixe possuem elevado valor biológico, com uma composição balanceada em aminoácidos, particularmente aqueles limitantes em proteínas de origem vegetal, como a metionina e a cisteína (Neves et al., 2004). A sardinha apresenta alto teor protéico (16,50-22,40%, b.u.) (IBGE, 1999; USP, 1998).

Em geral, o óleo de peixe é composto de uma variedade de ácidos graxos (saturados, mono e poliinsaturados) e alto teor de vitaminas, em especial a vitamina A (Aro et al., 2000; Lands, 2005; Pacheco & Barrera-Arellano, 1994; Pessatti, 2001; Shahidi & Shukla, 1996; Ward, 1995).

Na carne e no óleo de fígado de peixes, principalmente sardinha, anchova, salmão e fígado de bacalhau (Visentainer et al., 2000; Ward, 1995), os principais ácidos graxos poliinsaturados são o eicosapentaenóico (EPA, C20:5) e o docosahexaenóico (DHA, C22:6) (Gunstone et al., 1994; Lands, 2005; Turon et al., 2005).

Esses ácidos graxos ômega-3 atuam no combate e prevenção de doenças cardiovasculares, distúrbios cerebrais e câncer (Lands, 2005), razão pela qual os peixes são considerados alimentos funcionais (Brasil, 2005; Gunstone et al., 1994; Soccol & Oetterer, 2003).

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA O APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DE PEIXE

Em 2004, a produção mundial de pesca de captura e aquicultura garantiu o montante de cerca de cento quarenta milhões de toneladas de peixe; desse total, aproximadamente 25% foram destinados a fins não alimentícios, principalmente para a elaboração de farinha e de óleo para alimentação animal e, de forma especial, como alimentação direta na aquicultura (FAO, 2007).

A seguir se discutem algumas alternativas tecnológicas para o aproveitamento dos resíduos de peixe, visando à obtenção de produtos de valor agregado e à redução dos resíduos gerados na industrialização deste material.

Aproveitamento para consumo animal

Peixes descartados e resíduos do processamento, em particular oriundos do enlatamento (Lee, 1963), podem ser aproveitados para a produção de óleo de peixe, destinado, em geral, para alimentação animal devido à baixa qualidade desta matéria-prima.

O método convencional para a obtenção industrial de óleo envolve as etapas de cozimento, prensagem e/ou filtração e centrifugação do material. O cozimento da massa é essencial para a liberação da água e do óleo do material durante o tratamento com altas pressões e para evitar a deterioração microbiana do peixe; a prensagem tem a finalidade de remover a porção líquida do material, a qual é submetida a filtração seguida de centrifugação, dando origem a duas porções: à porção líquida e à porção sólida. A porção líquida, recuperada na centrifugação e conhecida como licor de prensagem, é composta de sólidos solúveis e óleo bruto. A porção sólida, conhecida como torta de prensagem, é composta de sólidos úmidos (Lee, 1963).

O óleo obtido deve ser armazenado seco e livre de sólidos (Gunstone et al., 1994) e pode ser utilizado para a produção de tintas, vernizes e acabamento de couro (Pessatti, 2001), ou pode ser totalmente destinado à aquicultura, como ocorre no Brasil (Badolato et al., 1994).

Uma alternativa para melhor aproveitamento metabóli-

co e para a otimização das propriedades físicas, químicas e funcionais do óleo de peixe obtido, é sua utilização como substrato para a síntese de lipídio estruturado; essas substâncias são definidas, por alguns autores (Akoh, 1995; Osborn & Akoh, 2002) como aqueles triacilgliceróis que tenham sido construídos mediante a modificação das posições ou da composição em ácidos graxos (inclusão de ácidos graxos de cadeia média, por exemplo), das moléculas originais; podem ser obtidos mediante reação de interesterificação química ou enzimática (Castro et al., 2004), como no caso da reação entre éster metílico do ácido cáprico e óleo de peixe, catalisada por lipase sn-1,3-específica, conforme já investigado por Feltes et al. (2009), e demonstrado na Figura 2; o produto desta reação poderá ser potencialmente aplicado em dietas animais visando à obtenção de produtos contendo, na mesma molécula de triacilglicerol, ácidos graxos ômega-3 e ácidos graxos de cadeia média. Um triacilglicerol com tal composição garante um aproveitamento metabólico melhor deste nutriente, paralelamente a uma estabilidade oxidativa maior do óleo obtido (Akoh, 1995; Bell & Bradley, 1997; Stein, 1999), com vantagens nutricionais frente aos óleos de peixe submetidos a hidrogenação parcial (Chapman & Regenstein, 1997).

A crescente produção de peixes tem proporcionado a procura por fontes protéicas alternativas, preferencialmente baratas, para a suplementação de dietas de peixe (Vendruscolo et al., 2009). O alto teor protéico encontrado em peixes faz com que o principal destino dos resíduos do beneficiamento seja para a produção de farinha de peixe, para alimentação animal, produto que apresenta cerca de 70% de proteína com a vantagem do baixo custo (Arruda et al., 2006; Seibel & Soares, 2003).

Em 2005, a produção de farinha de peixe nos cinco maiores países exportadores atingiu a quantidade de 3,5 milhões de toneladas (FAO, 2007). A porção sólida, recuperada após a filtração e centrifugação para recuperação do óleo, é composta de sólidos úmidos, submetidos a secagem para a obtenção da farinha (Guerard et al., 2002; Gunstone et al., 1994; Lee, 1963). Estima-se que uma tonelada de matéria-prima forneça cerca de 200 quilos de farinha (Pessatti, 2001).

Devido ao seu alto valor biológico, equilíbrio em aminoácidos e ácidos graxos, altos teores de sais minerais (cálcio e fósforo), presença de vitaminas lipo e hidrossolúveis (B2 e B12), a farinha de peixe é considerada a principal fonte

de proteína dietética em rações para peixes, atuando também como palatabilizante; constitui-se na fonte protéica de origem animal mais abundante para a manufatura de rações para animais domésticos (Arruda et al., 2006; Pessatti, 2001).

Apesar de ser amplamente produzida a partir de resíduos de peixe, a farinha obtida pelo método tradicional geralmente apresenta baixa qualidade. A comercialização da farinha proporciona um retorno econômico relativamente baixo para a indústria, levando-se em conta principalmente que a linha de produção deste subproduto exige grande investimento, equipamentos especiais e alto consumo energético. Além disso, a linha de produção de farinha apresenta capacidade ociosa em algumas épocas do ano, o que implica em uma elevação no preço do produto. Devido a essas desvantagens apresentadas na linha de produção de farinha de pescado, há o interesse em pesquisar outras alternativas economicamente mais vantajosas, entre as quais se destaca a produção de silagem (Arruda et al., 2007; Pessatti, 2001).

Os resíduos do beneficiamento de peixe podem ser valorizados mediante a hidrólise da biomassa para a obtenção de silagem de peixe (Arruda et al., 2006; Guerard et al., 2002; Morales-Ulloa & Oetterer, 1997; Seibel & Soares, 2003), com grande potencial para utilização como fonte protéica em rações (Borghesi et al., 2007; Fernandes et al., 2007; Oliveira et al., 2006; Yamamoto et al., 2007). A silagem é um produto com consistência semipastosa, quase líquida, produzido a partir do peixe inteiro ou de partes dele, conservado pela ação de ácidos (silagem química) ou por fermentação microbiana induzida por carboidratos (silagem biológica). A liquefação da biomassa é promovida pela atividade de enzimas proteolíticas naturalmente presentes nos peixes ou adicionadas (silagem enzimática) (Arruda et al., 2007; Morales-Ulloa & Oetterer, 1997; Pessatti, 2001).

Neste processo, a redução do pH para valores inferiores a 4,0 inibe o crescimento de micro-organismos deteriorantes e patogênicos e previne a oxidação da matéria-prima; observa-se, durante a ensilagem, redução no teor de proteína bruta e aumento no teor de nitrogênio solúvel (não protéico), acompanhado de um aumento no teor de aminoácidos livres e peptídeos de cadeia curta (Borghesi et al., 2007; Morales-Ulloa & Oetterer, 1997). Resíduos do beneficiamento de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) podem fornecer uma silagem química composta de 59,27% de proteína bruta, apresentando todos os aminoácidos essenciais, conforme já

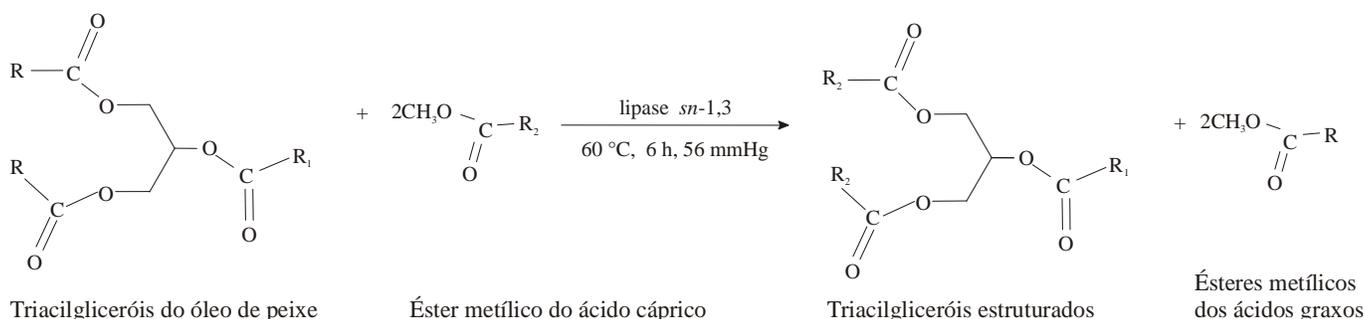


Figura 2. Interesterificação enzimática para a síntese de triacilgliceróis estruturados (R: ácido graxo de cadeia linear, saturado ou insaturado; R₁: ácido graxo de cadeia longa linear, insaturado; R₂: cadeia de hidrocarbonetos do ácido cáprico)

investigado por Arruda et al. (2006).

Para o processamento, os resíduos são triturados e homogeneizados podendo-se adicionar antioxidante. Antes da ensilagem o peixe pode ser submetido a aquecimento, para a inativação das enzimas endógenas presentes no estômago do animal. O processo ocorre, normalmente, em temperatura ambiente, com a homogeneização ocasional do material (Arruda et al., 2006; Seibel & Soares, 2003). No final do processo o produto liquefeito pode ser filtrado e centrifugado, descorado e desidratado, resultando em um produto mais estável (Guerard et al., 2002).

Resíduos da evisceração de sardinha (*Sardinella brasiliensis*) podem ser enriquecidos com melão e inoculados com *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus acidilacti* para a obtenção de silagem biológica (ou microbiana), conforme já investigado por Morales-Ulloa & Oetterer (1997).

Na silagem química se utiliza um ácido orgânico (fórmico, propiônico) ou, de menor custo, inorgânico (hidroclorídrico, sulfúrico) (Arruda et al., 2007; Beerli et al., 2004; Seibel & Soares, 2003). Na silagem enzimática uma protease promove a hidrólise das proteínas presentes na matéria-prima; após o ajuste do teor de água o processo ocorre na temperatura e pH ótimos para a enzima utilizada (Guerard et al., 2002; Liaset et al., 2003; Slizyte et al., 2005).

A produção de silagem apresenta vantagens em comparação com a obtenção de farinha de peixe; trata-se de um processo simples, prático, que independe de escala, com necessidade de pouco investimento, com redução na emissão de efluentes e de odores, sendo rápido em climas tropicais; entretanto, o produto é volumoso quando na forma pastosa, podendo-se proceder à sua secagem para sua aplicação em rações, na forma desidratada (Arruda et al., 2007).

A silagem também apresenta vantagens nutricionais frente à farinha de peixe (Arruda et al., 2006; Borghesi et al., 2007; Slizyte et al., 2005), haja vista que permite a melhoria do valor nutritivo da matéria-prima no que diz respeito ao aumento da digestibilidade protéica e à presença de lisina e metionina, dentre outros aminoácidos essenciais. Em geral, as silagens são deficientes em triptofano, aminoácido instável em condições ácidas, quando se apresentam na forma livre (Arruda et al., 2006; Morales-Ulloa & Oetterer, 1995).

O valor nutricional da silagem pode ser significativamente aumentado mediante o controle do grau de hidrólise das proteínas e polipeptídios, de forma a haver uma limitação de aminoácidos livres e predomínio de peptídeos de cadeia curta, melhor absorvidos pelos peixes (Goddard & Al-Hyayai, 2001).

O processo de oxidação lipídica que ocorre nos ácidos graxos com alto grau de insaturação, resulta em alterações sensoriais (“off flavor”), e afeta a qualidade nutricional da silagem, pois indisponibiliza proteínas e aminoácidos e produz substâncias tóxicas, o que pode prejudicar o ganho de peso de animais, razão por que o teor de óleo não deve ser superior a 1% com base na matéria seca da dieta, em especial quando destinada às aves e suínos. O ajuste do teor de óleo na silagem pode ser feito mediante simples centrifugação e o óleo recuperado poderá ser aproveitado posteriormente, sobretudo por se tratar de uma fonte de lipídios de alta

qualidade – devido às condições brandas da ensilagem, e baixo custo (Dauksas et al., 2005), podendo ser uma importante fonte de ácido oléico (Borghesi et al., 2008).

Os resíduos de filetagem também podem ser utilizados como fonte protéica em rações para cães, sob a forma de concentrados protéicos de peixe (FPC) (Dust et al., 2005).

Aproveitamento para consumo humano

A viabilidade do aproveitamento dos resíduos do peixe visando à produção de alimentos para o consumo humano depende, fundamentalmente, da qualidade da matéria-prima, tendo em vista, sobretudo, que a perecibilidade do tecido dos peixes é maior que a de outras espécies animais; além disso, a qualidade está diretamente relacionada aos cuidados na manipulação e conservação do peixe a baixas temperaturas, em toda a cadeia produtiva e com a aplicação de procedimentos adequados de limpeza e sanitização da planta processadora (Morales-Ulloa & Oetterer, 1995; Nunes, 2001; Pessatti, 2001).

Os peixes podem ser submetidos a uma série de processamentos diferentes, o que permite a obtenção de uma ampla gama de gostos e apresentações, o que torna esta matéria-prima uma das mais versáteis “commodities” alimentícias (FAO, 2007).

Espécies que não são aceitas para o consumo direto e os recortes e porções resultantes do corte em filé de algumas espécies de peixe, podem ser aproveitados para a produção de FPC (Pereda et al., 2005), como flocos de corvina (*Micropogon furnieri*) obtidos após a desidratação a vácuo da matéria-prima (Miranda et al., 2003).

Algumas tecnologias permitem o aproveitamento da carne escura de atum, com a manutenção das características organolépticas e nutricionais desta matéria-prima; uma opção é submeter a carne escura cozida de atum à extração prévia da fração lipídica, adicionando-se, posteriormente, antioxidantes, como butilato de hidroxitolueno (BHT) e terc-butilhidroquinona (TBHQ) (Davies et al., 2005). A carne escura de atum (*Euthynnus pelamis*) pode ser fermentada com bactérias ácido-láticas (Gelman et al., 2001), como *Lactobacillus casei* sub espécie *casei*, para a degradação dos aminoácidos hidrofóbicos responsáveis pelo sabor amargo presente na matéria-prima. Após a fermentação a carne escura cozida de atum pode ser adicionada a outros rejeitos do enlatamento de peixe (escamas, espinhas) e a outros ingredientes (óleo, condimentos e especiarias) para a obtenção de um patê de massa homogênea, fina, untuosa e de cor clara, com qualidade sensorial aceitável (Bertoldi, 2003; Pessatti, 2001).

Pode-se obter, ainda, carne mecanicamente separada (CMS), que consiste na carne retirada dos ossos, carcaças ou partes de carcaças, submetida a separação mecânica em equipamentos especiais e imediatamente congelada por processos rápidos ou ultrarrápidos (Pessatti, 2001).

O surimi é um extrato de proteínas miofibrilares de peixe, obtido a partir de CMS ou de resíduos da filetagem de diferentes peixes (Barreto & Beirão, 1999; Kuhn et al., 2003; 2004), com elevada capacidade geleificante e emulsificante. A matéria-prima é submetida a diferentes tratamentos (lava-

gens sucessivas, refino, desidratação, adição de crioprotetores e congelamento) para sua preservação (Pereda et al., 2005).

A produção de surimi é uma alternativa útil em países com problemas de desnutrição e apresenta a vantagem de não apresentar o sabor característico de peixe. Após o processamento, o surimi se torna uma matéria-prima que pode servir de base para a elaboração de ampla gama de produtos (Pereda et al., 2005). Pode ser moldado na forma desejada e temperado para a elaboração de produtos variados, como hambúrguer (“fishburger”) (Bochi et al., 2008; Coelho et al., 2007), salsicha (Peixoto et al., 2002) e presunto (Taha, 1996); outra possibilidade é o desenvolvimento de macarrão à base de surimi obtido de carpa (*Cyprinus carpio*), com teores adequados de todos os aminoácidos essenciais (Jorge, 1997); outra opção é a utilização de surimi para a elaboração de derivados como o “kamaboko”, de consumo tradicional no Japão, que consiste em um gel obtido a partir do surimi pela adição de sal e amido e posterior cocção (Kuhn et al., 2003).

Jorge (1997), visando ao aproveitamento de peixes de baixo valor comercial, desenvolveu um macarrão à base de farinha de surimi obtido da carpa (*Cyprinus carpio*) apresentando Coeficiente de Eficácia Alimentar, Coeficiente de Eficácia Protéica e Coeficiente de Digestibilidade Aparente, superiores aos obtidos para proteína padrão caseína. O aminograma do produto elaborado mostrou presença de todos os aminoácidos essenciais em proporções que, segundo o autor, suprem as necessidades recomendadas pela FAO/OMS/ONU de 1985.

As condições brandas e controladas utilizadas na hidrólise enzimática de peixe, garantem a manutenção da qualidade nutricional dos hidrolisados e um perfil peptídico definido e reproduzível. Os hidrolisados enzimáticos podem ser utilizados no tratamento clínico de pacientes com dificuldade em digerir e absorver proteínas, sendo preferidos em relação às misturas de aminoácidos livres (Neves et al., 2004).

A enzima transglutaminase microbiana, que promove ligações entre proteínas (Kuraishi et al., 2001), permite o desenvolvimento de produtos bem aceitos pelo consumidor, tanto a partir de peixe inteiro (de baixo valor comercial), como de carnes de carcaça e sobras do processo de filetagem como, por exemplo, de carpa (Sebben et al., 2000) ou de tilápia (Sühnel, 2006).

Para a utilização de óleo extraído de resíduos de peixe para alimentação humana, é imprescindível tomar cuidados na conservação do peixe no momento da captura, bem como na recepção, armazenamento, processamento e manipulação da matéria-prima na indústria de beneficiamento; outrossim, o processamento dos resíduos deverá contemplar etapas de adição de BHT, apesar de seu uso estar diminuindo devido à sua toxicidade e à sua eficácia, tendo sido substituído com êxito pelo TBHQ (Pacheco & Barrera-Arellano, 1994). É oportuno saber que a preocupação com a possível toxicidade e/ou mutagenicidade de antioxidantes artificiais tem sido superada com a comprovação da ação antioxidativa de substâncias naturais, como extrato de chá verde (Wanasundara & Shahidi, 1998) e tocoferóis (Zuta et al., 2007).

O óleo recuperado na centrifugação e utilizado para consumo humano deverá, ainda, ser processado para a remoção de substâncias indesejáveis, responsáveis pelo “off flavor” e pela baixa estabilidade à oxidação apresentada pelo produto; para isto, o óleo deve ser refinado, podendo ser submetido a degomagem, saponificação e lavagens ácidas e ser realizada nova centrifugação; pode-se, por outro lado, promover a modificação do óleo, submetendo-o a fracionamento, processo que consiste no resfriamento da amostra até o maior ponto de fusão, o que enseja a precipitação de cada ácido graxo e de seus alquil-ésteres, os quais são separados da amostra por filtração (Lee, 1963). Outra opção para a melhoria da estabilidade oxidativa do óleo de peixe é sua hidrogenação total ou, preferencialmente, sua interesterificação com ácidos graxos saturados (Feltes et al., 2009).

O aproveitamento dos resíduos de pescado para consumo humano vem de encontro às orientações para o aumento de consumo de ácidos graxos da série ômega-3, levando-se em consideração a importância nutricional na prevenção e no combate de doenças cardiovasculares, câncer e distúrbios neurológicos (Etherton et al., 2002; Hartvigsen et al., 2003; Patin et al., 2006; USDA/HHS, 2005).

Biodiesel

O biodiesel é um combustível para motor a combustão interna, com ignição por compressão, renovável e biodegradável, derivado de óleos vegetais ou de gorduras animais, que pode substituir, parcial ou totalmente, o óleo diesel de origem fóssil (ANP, 2008), com a vantagem de ser menos poluente que este (Chang et al., 1996); é obtido a partir da reação química de óleos ou gorduras com um álcool primário, na presença de um catalisador (reação conhecida como transesterificação) (Costa Neto et al., 2000), sendo submetido posteriormente a etapas de purificação (Lima, 2004).

Devido à grande extensão territorial e ao seu clima propício a atividades agroindustriais, o Brasil é um país com grande potencial para exploração da biomassa para fins alimentício, químico e energético e, portanto, para a produção de biodiesel.

Em conjunto com os óleos vegetais (Ferrari et al., 2005; Kalam & Masjuki, 2002; Oliveira et al., 2004), o óleo de peixe apresenta grande potencial para ser utilizado como substrato para a produção de biodiesel, não só devido à sua composição lipídica, rica em ácidos graxos de cadeia longa (Gunstone et al., 1994), mas também por se tratar de uma matéria-prima abundante no Brasil. Cabe mencionar que um estado avançado de oxidação do óleo, influenciado pelos procedimentos adotados durante sua manipulação, não limita sua utilização como substrato para a síntese de biodiesel, levando-se em consideração a possibilidade de utilização de óleo de fritura com esta finalidade (Costa Neto et al., 2000).

CONCLUSÕES

1. Verificou-se a existência de diversas alternativas para o aproveitamento sustentável dos resíduos gerados na indústria pesqueira.

2. As vantagens inerentes às tecnologias abordadas foram apresentadas e poderão contribuir para o estabelecimento de um setor pesqueiro de base ecológica.

3. As propostas apresentadas podem assegurar melhores condições para que os subprodutos provenientes de resíduos de pescado sejam valorizados, incrementando a geração de renda para comunidades de pescadores artesanais.

LITERATURA CITADA

- Akoh, C. C. Structured lipids – enzymatic approach. *Inform*, v.6, n.9, p.1055-1061, 1995.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução n.7, de 19 de março de 2008. Brasília: Diário Oficial da União, 2008. p.37-38.
- Aro, T.; Tahvonon, R.; Mattila, T.; Nurmi, J.; Sivonen, T.; Kallio, H. Effects of season and processing on oil content and fatty acids of baltic herring (*Clupea harengus membras*). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v.48, n.12, p.6085-6093, 2000.
- Arruda, L. F. Borghesi, R.; Brum, A.; Regitano D'Arce, M.; Oetterer, M. Nutritional aspects of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) silage. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.26, n.4, p.749-756, 2006.
- Arruda, L. F.; Borghesi, R.; Oetterer, M. Use of fish waste as silage – a review. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.50, n.5, p.879-886, 2007.
- Badolato, E. S. G.; Carvalho, J. B. de; Amaral Mello, M. R. P. do; Tavares, M.; Campos, N. C.; Aued-Pimentel, S. E.; Moraes, C. de. Composição centesimal, de ácidos graxos e valor calórico de cinco espécies de peixes marinhos nas diferentes estações do ano. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v.54, n.1, p.27-35, 1994.
- Banco do Nordeste. Manual de impactos ambientais. Orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999. 297p.
- Barreto, P. L. H.; Beirão, L. H. Influência do amido e carragena nas propriedades texturiais de surimi de tilápia (*Oreochromis sp.*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.19, n.2, p.183-188, 1999.
- Beerli, E. L.; Beerli, K. M. C.; Logato, P. V. R. Silagem ácida de resíduos de truta (*Oncorhynchus mykiss*), com a utilização de ácido muriático. *Ciência e Agrotecnologia*, v.28, n.1, p.196-200, 2004.
- Bell, S. J.; Bradley, D. The new dietary fats in health and disease. *Journal of the American Dietetic Association*, v.97, n.3, p.280-286, 1997.
- Bertoldi, F. C. Efeito do *Lactobacillus casei* subsp. *casei* ATCC 393 na redução do sabor amargo da carne escura de atum. Florianópolis: UFSC, 2003. 61p. Dissertação Mestrado
- Bochi, V. C.; Weber, J.; Ribeiro, C. P.; Victório, A. M.; Emanuelli, T. Fishburgers with silver catfish (*Rhamdia quelen*) filleting residue. *Bioresource Technology*, v.99, p.8844-8849, 2008.
- Borghesi, R.; Arruda, L. F.; Oetterer, M. A silagem de pescado na alimentação de organismos aquáticos. *Boletim CEPPA*, v.25, n.2, p.329-339, 2007.
- Borghesi, R.; Arruda, L. F.; Oetterer, M. Fatty acid composition of acid, biological and enzymatic fish silage. *Boletim CEPPA*, v.26, n.2, p.205-212, 2008.
- Brasil. Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos: Lista das alegações aprovadas. 2005. <http://www.anvisa.gov.br>. 11 Dez. 2005.
- Castro, H. F. de; Mendes, A. A.; Santos, J. C. dos; Aguiar, C. L. Modificação de óleos e gorduras por biotransformação. *Química Nova*, v.27, n.1, p.146-156, 2004.
- Cavalcante Júnior, V.; Andrade, L. N.; Bezerra, L. N.; Gurjão, L. M.; Farias, W. R. L. Reúso de água em um sistema integrado com peixes, sedimentação, ostras e macroalgas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9 (supl.), p.118-122, 2005.
- Chang, Y. Z. D.; Gerpen, V. H. J.; Lee, I.; Johnson, A. L.; Hammond, G. E.; Marley, J. S. Fuel properties and emissions of soybean oil esters as diesel fuel. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v.73, n.1, p.1549-1555, 1996.
- Chapman, K. W.; Regenstein, J. M. Use of fish oil in food products. In: Shahidi, F., Jones, Y.; Kitts, D. D. *Seafood safety, processing, and biotechnology*. Lancaster: Technomic, 1997. cap.16, p.151-159.
- Coelho, G. M.; Weschenfelder, A. V.; Meinert, E. M.; Amboni, R. D. M. C.; Beirão, L. H. Effects of starch properties on textural characteristics of fish burgers: sensory and instrumental approaches. *Boletim CEPPA*, v.25, n.1, p.37-50, 2007.
- Cortez, G. E. P.; Araújo, J. A. C.; Bellingieri, P. A.; Dalri, A. B. Qualidade química da água residual da criação de peixes para cultivo de alface em hidroponia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.4, p.494-498, 2009.
- Costa Neto, P. R.; Rossi, L. F. S.; Zagonel, G. F.; Ramos, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. *Química Nova*, v.23, n.4, p.531-537, 2000.
- Dauksas, E.; Falch, E.; Slizyte, R.; Rustad, T. Composition of fatty acids and lipid classes in bulk products generated during enzymic hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products. *Process Biochemistry*, v.40, p.2659-2670, 2005.
- Davies, V. F.; Beirão L. H.; Fett, R.; Bordignon-Luiz, M. T. Efeito de antioxidantes na oxidação lipídica da carne escura cozida de atum (*Thunnus sp.*). In: Simpósio Internacional Tendências e Inovações em Tecnologia de Óleos e Gorduras, 2, 2005, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 2005. CD Rom.
- Dust, J. M.; Grieshop, C. M.; Parsons, C. M.; Karr-Lilienthal, L. K.; Schasteen, C. S.; Quigley, J. D.; Merchen, N. R.; Fahey Jr., G. C. Chemical composition, protein quality, palatability, and digestibility of alternative protein sources for dogs. *Journal of Animal Science*, v.83, p.2414-2422, 2005.
- Etherton, P. M. K.; Harris, W. S.; Appel, L. J. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. *Circulation*, v.106, p.2747-2757, 2002.
- FAO – Food and Agricultural Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture 2006 (SOFIA). Rome: FAO, 2007. 180p.

- Feltes, M. M. C.; Pitol, L. O.; Correia, J. F. G.; Grimaldi, R.; Block, J. M.; Ninow, J. L. Incorporation of medium chain fatty acids into fish oil triglycerides by chemical and enzymatic interesterification. *Grasas y Aceites*, v.60, n.2, p.168-176, 2009.
- Fernandes, J. B. K.; Bueno, R. J.; Rodrigues, L. A.; Fabregat, T. E. H. P.; Sakomura, N. K. Silagem ácida de resíduos de filetagem de tilápias em rações de juvenis de piauçu (*Leporinus macrocephalus*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.29, n.3, p.339-344, 2007.
- Ferrari, R. A.; Oliveira, V. S.; Scabio, A. Biodiesel de soja – taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. *Química Nova*, v.28, n.1, p.19-23, 2005.
- Gelman, A.; Drabkin, V.; Glatman, L. Evaluation of lactic acid bacteria, isolated from lightly preserved fish products, as starter cultures for new fish-based food products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v.1, p.219-226, 2001.
- Goddard, J. S.; Al-Yahyai, D. S. S. Chemical and nutritional characteristics of dried sardine silage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, v.10, n.4, p.39-50, 2001.
- Guerard, F.; Guimas, L.; Binet, A. Production of tuna waste hydrolysates by a commercial neutral protease preparation. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, v.19-20, p.489-498, 2002.
- Gunstone, F. D.; Harwood, J. L.; Padley, F. B. Marine oils: fish and whale oils. In: Gunstone, F.D. *The lipid handbook*. London: Chapman & Hall, 1994. cap.3, p.167-171.
- Hartvigsen, M. S.; Mu, H.; Hoy, C. E. Influence of maternal dietary n-3 fatty acids on breast milk and liver lipids of rat dams and offspring – a preliminary study. *Nutrition Research*, v.23, p.747-760, 2003.
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Estatística da pesca 2006: Brasil, grandes regiões e unidades da federação. Brasília: IBAMA, 2008. 181p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Tabelas de composição de alimentos. 5.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 137p.
- Islam, M. S.; Khan, S.; Tanaka, M. Waste loading in shrimp and fish processing effluents: potential source of hazards to the coastal and nearshore environments. *Marine Pollution Bulletin*, v.49, p.103-110, 2004.
- Jorge, S. Desenvolvimento de macarrão a base de pescado lavado, desodorizado (surimi) destinado à alimentação institucional e avaliação da sua qualidade protéica. Florianópolis: UFSC, 1997. 94p. Dissertação Mestrado
- Kalam, M. A.; Masjuki, H. H. Biodiesel from palm oil – an analysis of its properties and potential. *Biomass and Bioenergy*, v.23, p.471-479, 2002.
- Kuhn, C. R.; Prentice-Hernández, C.; Vendruscolo, J. L.; Soares, G. J. D. Surimi of king weakfish (*Macrodon ancylodon*) wastes: texture gel evaluation with protease inhibitors and transglutaminase. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.47, n.6, p.895-901, 2004.
- Kuhn, C. R.; Soares, G. J. D.; Prentice-Hernández, C.; Vendruscolo, J. L. Avaliação da força de gel de surimi de resíduos de pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*) enriquecido com aditivos protéicos. *Boletim CEPPA*, v.21, n.2, p.239-248, 2003.
- Kuraishi, C.; Yamazaki, K.; Susa, Y. Transglutaminase: its utilization in the food industry. *Food Reviews International*, v.17, p.221-246, 2001.
- Lands, W. E. M. Fish, omega-3 and human health. 2.ed. Champaign: AOCS Press, 2005. 220p.
- Lee, C. F. Processing fish meal and oil. In: Stansby, E. M. *Industrial fishery technology*, New York: Reinhold Publishing Corporation, 1963. cap. 16, p.219-235.
- Liaset, B.; Julshamn, K.; Espe, M. Chemical composition and theoretical nutritional evaluation of the produced fractions from enzymic hydrolysis of salmon frames with Protamex™. *Process Biochemistry*, v.38, p.1747-1759. 2003.
- Lima, P. C. R. O biodiesel e a inclusão social. Consultoria legislativa. Brasília: Câmara dos Deputados, 2004. 33p.
- Miranda, F. F.; Porto, M. R. A.; Pacheco, R. S.; Hernández-Prentice, C. Processo tecnológico destinado à obtenção de flocos de corvina (*Micropogon furnieri*). In: Congresso de Iniciação Científica, 12, 2003, Pelotas. Resumos... Pelotas: UFPel, 2003. CD Rom.
- Morales-Ulloa, D. F.; Oetterer, M. Bioconversão de resíduos da indústria pesqueira. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.15, n.3, p.206-214. 1995.
- Morales-Ulloa, D. F.; Oetterer, M. Composição em aminoácidos de silagens químicas, biológicas e enzimáticas preparadas com resíduos de sardinha. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.17, n.3, p.252-258. 1997.
- Neves, R. A. M.; Mira, N. V. M. de; Marquez, U. M. L. Caracterização de hidrolisados enzimáticos de pescado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.24, n.1, p.101-108. 2004.
- Nunes, S. B. Estabelecimento de um plano de análise de perigo e pontos críticos de controle (APPCC) para Peixe-Sapo (*Lophius piscatorius*) eviscerado e congelado. Florianópolis: UFSC, 2001. 121p. Dissertação Mestrado
- Oetterer, M. Tecnologia do pescado – da adoção de técnicas de beneficiamento e conservação do pescado de água doce. Piracicaba: ESALQ/USP, 2003. 13p.
- Oliveira, D.; Oliveira, J. V.; Faccio, C.; Menoncin, S.; Amroginski, C. Influência das variáveis de processo na alcoólise enzimática de óleo de mamona. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.24, n.2, p.178-182, 2004.
- Oliveira, M. M.; Pimenta, M. E. S. G.; Camargo, A. C. S.; Fiorini, J. E.; Pimenta, C. J. Silagem de resíduos da filetagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com ácido fórmico – Análise bromatológica, físico-química e microbiológica. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, n.6, p.1218-1223, 2006.
- Osborn, H. T.; Akoh, C. C. Structured lipids – novel fats with medical, nutraceutical, and food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v.1, p.93-103, 2002.
- Pacheco, M. T. B.; Barrera-Arellano, D. Fraccionamiento del aceite de hígado de tiburón azul (*Prionace glauca*) y su estabilización con antioxidantes. *Grasas y Aceites*, v.45, n.3, p.155-160, 1994.
- Patin, R. V.; Vítolo, M. R.; Valverde, M. A.; Carvalho, P. O.; Pastore, G. M.; Lopez, F. A. Influência da ingestão de sardinha nos níveis de ácidos graxos poliinsaturados w3 no leite materno. *Jornal de Pediatria*, v.82, n.1, p.63-69, 2006.

- Peixoto, M. R. S.; Sousa, C. L.; Mota, E. S. Utilização de pescada (*Macrondon ancylodon*) de baixo valor comercial para obtenção de surimi empregado na elaboração de salsicha com sabor de camarão. *Higiene Alimentar*, v.16, n.99, p.95-101, 2002.
- Pereda, J. A. O.; Rodríguez, M. I. C.; Álvarez, L. F.; Sanz, M. L. G.; Minguillón, G. D. G. de F.; Perales, L. de la H.; Cortece-ro, M. D. S. (org.) *Tecnologia de alimentos*. v.2: Alimentos de origem animal. Porto Alegre: ARTMED, 2005. cap.13, p.241-267.
- Pessatti, M. L. Aproveitamento dos sub-produtos do pescado. Itajaí: MAPA/UNIVALI, 2001. 130p.
- Sebben, C. L.; Beirão, L. H.; Meinert, E. M.; Teixeira, E.; Damian, C. Rendimento e avaliação sensorial de hambúrgueres de carpa (*Cyprinus carpio*) com diferentes condições de processamento e armazenamento sob congelamento. *Boletim CEPPA*, v.16, n.1, p.2-12, 2000.
- Seibel, N. F.; Soares, L. A. de S. Produção de silagem química com resíduos de pescado marinho. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.6, n.2, p.333-337, 2003.
- Shahidi, F.; Shukla, V. K. S. Nontriacylglycerol constituents of fats, oils. *Inform*, v.7, n.11, p.1227-1232, 1996.
- Silva, G. G. H.; Camargo, A. F. M. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquíicultura. *Acta Scientiarum*, v.24, n.2, p.519-526, 2002.
- Slizyte, R.; Dauksas, E.; Falch, E.; Storro, I.; Rustad, T. Yield and composition of different fractions obtained after enzymatic hydrolysis of Cod (*Gadus morhua*) by-products. *Process Biochemistry*, v.40, p.1415-1424, 2005.
- Socol, M. C. H.; Oetterer, M. Seafood as functional food. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.46, n.3, p.443-454, 2003.
- Stein, J. Chemically defined structured lipids – current status and future directions in gastrointestinal diseases. *International Journal of Colorectal Disease*, v.14, p.79-85, 1999.
- Sühnel, J. A. G. Uso e avaliação de transglutaminase em reestruturado de peixe obtido a partir do resíduo industrial de Tilápia (*Oreochromis* sp.). Florianópolis: UFSC, 2006. 56p. Dissertação Mestrado
- Taha, P. Estudo de viabilidade técnico-econômica da produção de surimi. UFSC: Florianópolis, 1996. 104p. Dissertação Mestrado
- Turon, F.; Rwabwogo, B.; Baréa, B.; Pina, M.; Graille, J. Fatty acid composition of oil extracted from Nile Perch (*Lates niloticus*) head. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.18, p.717-722, 2005.
- USDA/HHS – U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Department of Agriculture. *Dietary guidelines for Americans*. 6.ed. Washington: U.S. Government Printing Office, 2005. 84p.
- USP – Universidade Estadual de São Paulo. *Tabela brasileira de composição de alimentos – USP*. Versão 4.1. 1998. www.fcf.usp.br/tabela. 11 Dez. 2005.
- Vendruscolo, F.; Ribeiro, C. S.; Espósito, E.; Ninow, J. L. Tratamento biológico do bagaço de maçã e adição em dietas para alevinos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.4, p.487-493, 2009.
- Visentainer, J. V.; Carvalho, P. O.; Ikegaki, M.; Park, Y. K. Concentração de ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahe-xaenóico (DHA) em peixes marinhos da costa brasileira. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.20, n.1, p.90-93, 2000.
- Wanasundara, U. N.; Shahidi, F. Antioxidant and pro-oxidant activity of green tea extracts in marine oils. *Food Chemistry*, v.63, n.3, p.335-342, 1998.
- Ward, O. P. Microbial production of long-chain pufas. *Inform*, v.6, n.6, p.683-688, 1995.
- Yamamoto, S. M.; Silva Sobrinho, A. G.; Vidotii, R. M.; Homem Junior, A. C.; Pinheiro, R. S. B.; Buzzulini, C. Desempenho e digestibilidade dos nutrientes em cordeiros alimentados com dietas contendo silagem de resíduos de peixe. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.4, p.1131-1139, 2007.
- Zuta, P. C.; Simpson, B. K.; Zhao, X.; Leclerc, L. The effect of -tocopherol on the oxidation of mackerel oil. *Food Chemistry*, v.100, p.800-807, 2007.