



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

RENATA MARIA DO NASCIMENTO

**CONSERVAÇÃO DO HIDROLISADO PROTEICO EM PÓ OBTIDO A PARTIR DE
SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DE TILÁPIA (*OREOCRHOMIS NILOTICUS*)
POR TÉCNICA DE SPRAY DRYING**

Recife

2017

RENATA MARIA DO NASCIMENTO

**CONSERVAÇÃO DO HIDROLISADO PROTEICO EM PÓ OBTIDO A PARTIR DE
SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DE TILÁPIA (*OREOCRHOMIS NILOTICUS*)
POR TÉCNICA DE SPRAY DRYING**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Área de Concentração Biotecnologia, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Biotecnologia

Orientador: Prof. Dr. Ranilson de Souza Bezerra

Coorientadora: Prof. Dr^a. Juliana Ferreira Dos Santos

Recife

2017

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Claudina Queiroz, CRB4/1752

Nascimento, Renata Maria do

Conservação do hidrolisado proteico em pó obtido a partir de subprodutos do processamento de tilápia (*Oreochromis niloticus*) por técnica de spray drying / Renata Maria do Nascimento - 2017.

56 folhas: il., fig., tab.

Orientador: Ranilson de Souza Bezerra

Coorientadora: Juliana Ferreira dos Santos

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. Recife, 2017.

Inclui referências.

1. Tilápia 2. Microencapsulação 3. Hidrolisado proteico

I. Bezerra, Ranilson de Souza (Orientador) II. Santos, Juliana Ferreira dos (Coorientadora) III. Título

572.6 CDD (22.ed.)

UFPE/CB-2021-080

RENATA MARIA DO NASCIMENTO

**CONSERVAÇÃO DO HIDROLISADO PROTEICO EM PÓ OBTIDO A PARTIR DE
SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DE TILÁPIA (*OREOCRHOMIS NILOTICUS*)
POR TÉCNICA DE SPRAY DRYING**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Área de Concentração Biotecnologia, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Biológicas.

Aprovada em: 24/02/2017

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Ranilson de Souza Bezerra
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Julieta de Fatima Xavier da Silva
Universidade Federal de Alagoas

Dr. Thiago Barbosa Cahú
Universidade Federal de Pernambuco

Aos meus pais, Maria e José, pelos exemplos que são, pelo apoio e incentivo em minhas escolhas e pelo carinho e amor incondicional. A eles minha eterna admiração e infinito amor,

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, autor da minha vida, meu rochedo e fortaleza, por iluminar sempre meu caminho e nele sempre colocar pessoas tão especiais. Por ter me dado forças para enfrentar as dificuldades que surgiram ao longo do percurso, pela concessão de tantos momentos felizes mesmo em meio as adversidades e principalmente, por ser o maior responsável por todas as minhas vitórias.

Aos meus amados pais, por todo amor, apoio e dedicação. Por estarem sempre presentes me dando forças com sábias palavras, especialmente nos momentos mais difíceis. Ao meu irmão, José Carlos por todo carinho e atenção que me dedicou durante toda esta caminhada. A eles minha eterna gratidão!

A FACEPE pelo apoio financeiro prestado, que permitiu a realização do meu mestrado.

Ao Professor Dr. Ranilson de Souza Bezerra por ter confiado em mim, pela oportunidade concedida e orientação deste trabalho.

A Andreia Cybelle Marques pelo carinho da amizade, pela paciência, pelos conselhos e por sempre ter me incentivado nos momentos em que tudo parecia estar perdido. Muito obrigada por tudo!

A Profa. Dra. Julieta de Fátima pelas vezes em que nos acolheu e aos amigos Caio e Luciano por sempre se fazerem disponíveis para ajudar. Muito obrigada pela força!

Ao Professor Dr. Irinaldo e a Valdemir por ter nos recebido tão cordialmente e por todo auxílio na otimização deste trabalho.

A todos os colegas do Laboratório de Enzimologia (LABENZ) pelo companheirismo e pelos momentos de descontração que tornaram as horas de trabalho mais animadas.

Aos técnicos e funcionários da UFPE e a todos que de alguma maneira contribuíram para a concretização deste trabalho.

A todos, meu muito obrigada!

RESUMO

O crescimento contínuo da indústria pesqueira no Brasil, tornou a aquicultura uma atividade agropecuária bastante relevante, produzindo importantes fontes de alimento para consumo humano. Simultaneamente ao avanço desta atividade, tem-se o aumento da quantidade de resíduos gerados pelo processamento do pescado. Estes, quando descartados de forma incorreta, provocam sérios danos ao ambiente. A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie amplamente cultivada e o seu filé, principal produto para consumo, corresponde entre 30 e 40% do peso do animal, sendo o restante considerado resíduos, muitas vezes descartados sem nenhum tratamento prévio. Uma alternativa viável para estes resíduos seria a obtenção de produtos adquiridos por meio de tratamentos biotecnológicos. A produção de hidrolisado proteico de peixe (HPP) é uma dessas formas de aproveitamento destes resíduos. O presente estudo teve por objetivo investigar a eficácia da desidratação por aspersão (spray drying) do HPP obtido dos resíduos do processamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), como estratégia de conservação dos produtos por período prolongado. Para tanto, HPP foi submetido a secagem por técnica de spray drying, utilizando-se temperatura de entrada entre 180°C a 220°C e temperatura de saída entre 90°C a 100°C, para obtenção do produto em pó. Posteriormente, foi monitorado periodicamente (0, 7, 15, 30, 60 dias) através de análises físico-químicas (composição centesimal, composição de aminoácidos, pH, composição de ácidos graxos) e análises microbiológicas (contagem padrão e microrganismos específicos). Depois de submetido a técnica de spray drying, o HPP em pó foi estocado, e após 60 dias não apresentou contaminação microbiológica exibindo elevado teor nutricional, com os valores de 3,96% de matéria seca, 47,32% de proteína bruta, 30,81% de lipídio, 25,26% de carboidrato e 2,88% de cinzas. Desta forma, a técnica de spray drying utilizada, revelou um método de conservação eficiente na extensão da vida útil do hidrolisado proteico de peixe (HPP) conferindo estabilidade ao produto por tempo prolongado.

Palavras chaves: Resíduos do pescado. Microencapsulação. Hidrolisado proteico de peixe

ABSTRACT

The continuous growth of the fishing industry in Brazil has made aquaculture a very relevant agricultural activity, becoming important sources of food for human consumption. Concomitantly to the developing importance of this activity, there is an increase in the amount of waste generated by fish processing. When disposed incorrectly, such waste can cause serious damage to the environment. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) is a widely cultivated species and its main product for consumption (fillet) corresponds to approximately 30-40% of the weight of the animal. The remaining parts are considered waste, often discarded without any previous treatment. A viable alternative for the sustainable use of these residues is the development of high-value added products by biotechnology methods. The production of fish protein hydrolyzate (FPH) constitutes one of such alternative uses. The present study aimed to investigate the efficacy of an adapted spray dehydration (spray drying) technique as a conservation strategy for this product (FPH) of processing residue of Nile tilapia. FPH was subjected to the adapted spray drying technique, using inlet temperature between 180 to 220 °C and outlet temperature between 90 to 100 °C, to obtain the powder product. Subsequently, it was periodically monitored (0, 7, 15, 30 and 60 days) by physical composition analyzes (proximate composition, amino acid composition, pH, fatty acid composition) and microbiological analysis (standard count and specific microorganisms). After spray drying, the FPH was stored, and after 60 days there was no microbiological contamination showing a high nutritional content, with values of 3.96% dry matter, 47.32% crude protein, 30.81% lipid, 25.26% carbohydrate and 2.88% ash. Therefore, the adapted spray drying technique proposed here, revealed an efficient conservation method to extend the shelf life of the fish protein hydrolyzate (FPH) adding long-time stability to the product.

Key words: Fish residues. Microencapsulation. Fish protein hydrolyzate

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quantidade produzida e valor da produção dos principais produtos da aquicultura, em ordem decrescente de valor da produção - Brasil – 2015 -----	15
Figura 2 - Produção e consumo de peixes no Brasil -----	16
Figura 3 - Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) -----	17
Figura 4 - Quantidade produzida e valor da produção de peixes, segundo a espécie ou grupo de peixes - Brasil – 2015 -----	18
Figura 5 - Exportação anual de tilápia -----	20
Figura 6 - Resíduos da filetagem de tilápia (<i>Oreochromis nilotucus</i>) -----	21
Figura 7 - Esquema de funcionamento de spray dryer -----	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Contagem total de mesófilos e microrganismos específicos do HPP em pó -----37

Tabela 2 - Composição centesimal do HPP em pó -----37

Tabela 3 - Composição de ácidos graxos do hidrolisado proteico de peixe em pó (HPP) -----38

Tabela 4 - Composição dos aminoácidos do hidrolisado proteico de peixe em pó (HPP) -----39

Tabela 5 - Valores da medida do pH do HPP em pó -----39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HPP: Hidrolisado Proteico de peixe

UFC/ml: Unidade Formadora de Colônia por mililitro

NMP: Número Mais Provável

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Geral	14
1.1.2 Específicos	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 AQUICULTURA NO BRASIL	15
2.2 TILÁPIA-DO-NILO (<i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i>)	17
2.3 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DO PESCADO	20
2.4 HIDROLISADO PROTEICO DE PEIXE (HPP)	22
2.5 MICROBIOLOGIA DO PESCADO	23
2.6 MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO	24
2.7 SECAGEM POR SPRAY DRYING	26
3 RESULTADOS	31
3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS NA ESTABILIDADE DOS HIDROLISADO PROTEICO DE PEIXE E CONCENTRADO PROTEICO DE PEIXE DE TILÁPIA (<i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i>) MICROENCAPSULADOS POR SPRAY-DRYING	31
4 CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A produção aquícola mundial tem sofrido aumento contínuo devido à alta demanda de produtos pesqueiros para consumo humano. De acordo com dados da FAO (2015), a produção da aquicultura tem sido significativa no Brasil, com uma taxa média de crescimento de cerca de 9% ao ano na última década, o que coloca o país como o segundo maior produtor de aquicultura no continente americano, onde os principais aumentos estão ocorrendo nas espécies de água doce.

A tilápia é a principal espécie aquícola cultivada no Brasil, e sua produção em 2014 chegou a mover aproximadamente R\$ 1 bilhão a partir das 198,49 mil toneladas despescadas, equivalente a 41,9% do total da piscicultura do país, apresentando um crescimento anual entre 20-25% (IBGE, 2014). Em 2015, a aquicultura brasileira permaneceu crescendo e chegou a atingir um valor de produção de R\$ 4,39 bilhões, sendo a maior parte (69,9%) proveniente da criação de peixes, onde a tilápia segue como a espécie mais cultivada no país, com 219,33 mil toneladas despescadas em 2015, representando 45,4% do total da despesca nacional, o que aponta um aumento de 9,7% da espécie em relação a 2014 (IBGE, 2015).

O crescimento na produção de tilápia tem sido estimulado pela grande aceitação do mercado consumidor onde o principal produto para comercialização no beneficiamento deste peixe, é o filé e todo o restante considerado resíduo do processamento industrial, fato que representa um dos grandes problemas do desenvolvimento da aquicultura, pois quando descartados inadequadamente, estes resíduos provocam sérios danos ao ambiente.

Dentre as diversas alternativas ao descarte desses resíduos, com propriedades interessantes para fins biotecnológicos, estão a produção de hidrolisado proteico de peixe (HPP), produto obtido do resultado da solubilização de proteínas

O HPP é comumente utilizado na forma líquida, porém, a secagem por atomização (spray drying) é um dos métodos alternativos para conversão deste produto líquido em pó, possuindo como vantagem a estabilidade aumentada (ABDUL-HAMID et al., 2002).

O pescado é um alimento de altamente perecível e possui micro-organismos característicos e inerente à sua microbiota, concentradas principalmente na superfície externa, nas guelras e nos intestinos. Estudos tem mostrado que *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus* e outras bactérias identificadas como coliformes, *Salmonella*, *Staphylococcus*, são as mais envolvidas na degradação e putrefação do pescado.

Além disso, o pescado pode sofrer contaminação durante seu processamento, manipulação ou através de superfícies, equipamentos ou utensílios contaminados. Segundo Franco e Landgraf (1996), a qualidade higiênico-sanitária dos alimentos é avaliada através da presença de coliformes a 35 °C, a 45 °C e *E. coli*, indicando a contaminação por material fecal.

A presença de microrganismos em um determinado produto alimentício indica a segurança para o consumo do produto. Vários métodos de conservação podem ser utilizados com intuito de estender a vida de prateleira do produto, sendo assim, o presente trabalho analisou a aplicação da desidratação do HPP obtido dos resíduos da tilápia (*Oreochromis niloticus*) como forma de conservação do produto por período prolongado.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Avaliar a aplicação do microencapsulamento do HPP de tilápia (*Oreochromis niloticus*) a partir da técnica de spray drying, como forma de conservação do produto por período prolongado.

1.1.2. Específicos

- Produção do HPP a partir dos resíduos do processamento de tilápia (*Oreochromis niloticus*);
- Secagem do HPP utilizando a técnica de spray drying para obtenção do pó;
- Realizar análises microbiológicas, físico-químicas, perfil de ácidos graxos e aminograma do HPP em pó.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aquicultura no Brasil

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), define a aquicultura como o cultivo de organismos aquáticos, como peixes, crustáceos, moluscos e plantas aquáticas, envolvendo o cultivo de água doce e de água salgada em organismos sob condições controladas.

No Brasil, a aquicultura é a atividade agropecuária que mais cresce, produzindo importantes fontes de proteínas para consumo humano, haja vista que, o país apresenta excelentes vantagens para o desenvolvimento tanto da aquicultura quanto da pesca extrativista marinha, em vista de uma costa litorânea de 8,4 mil quilômetros, 5,5 milhões de hectares de reservatórios de água doce, clima favorável, terras disponíveis, mão de obra relativamente barata e crescente mercado interno. A produção de peixes (Piscicultura), além da criação de moluscos (Malacocultura), camarões (Carcinicultura), rãs (Ranicultura), entre outras, são atividades em destaque desenvolvidas pela aquicultura (AMAPÁ, 2015; MPA, 2014).

Em 2014, o valor total da produção foi de R\$ 3,87 bilhões, sendo 70,2% procedente da criação de peixes e 20,5% pela criação de camarões (IBGE, 2014). No ano de 2015, a aquicultura brasileira continuou crescendo e alcançou um valor de produção de R\$ 4,39 bilhões, com 69,9% proveniente da criação de peixes, seguida pela criação de camarões com 20,6% (Figura 1) (IBGE, 2015).

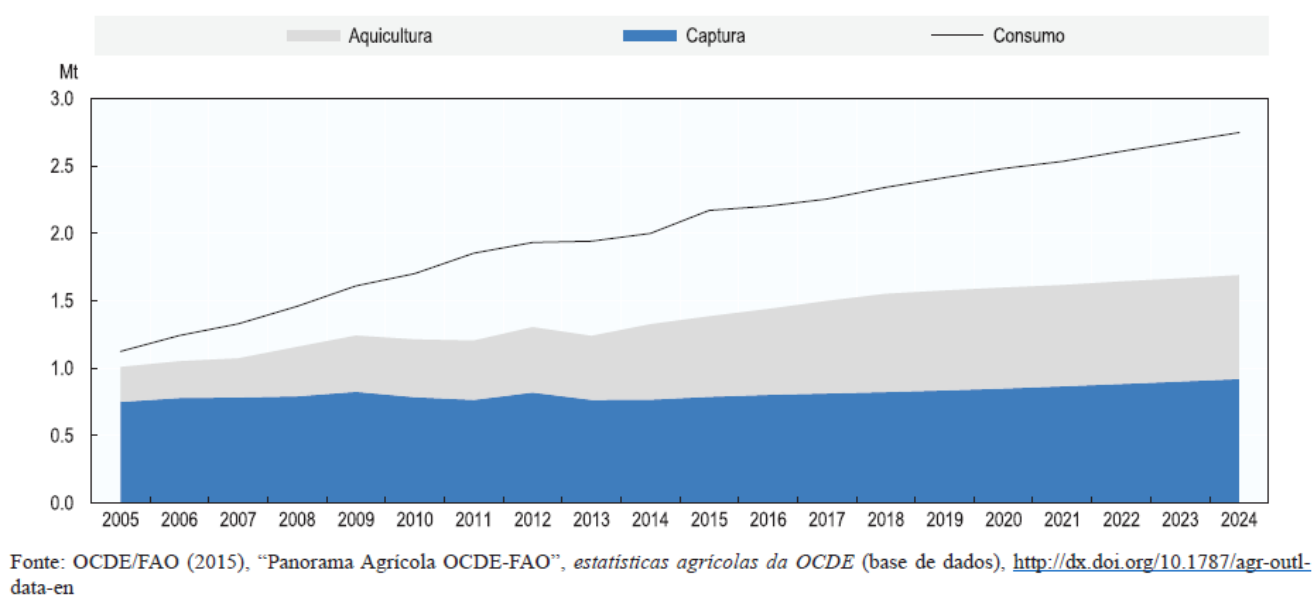
Figura 1 - Quantidade produzida e valor da produção dos principais produtos da aquicultura, em ordem decrescente de valor da produção - Brasil - 2015

Produtos da aquicultura, em ordem decrescente de valor da produção	Quantidade produzida	Valor da produção	
		Total (1 000 R\$)	Percentual (%)
Total	..	4 385 112	100,0
Peixes (kg)	483 241 273	3 064 693	69,9
Camarões (kg)	69 859 745	901 895	20,6
Alevinos (milheiros)	955 614	181 990	4,2
Larvas e pós-larvas de camarões (milheiros)	17 044 028	145 690	3,3
Ostras, vieiras e mexilhões (kg)	21 063 695	86 766	2,0
Outros animais (1)	..	2 256	0,1
Sementes de ostras, vieiras e mexilhões (milheiros)	66 504	1 822	0,0

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Pesquisa da Pecuária Municipal 2015.

Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor de aquicultura no continente americano após o Chile, onde espécies de água doce têm sido responsáveis pelos principais avanços. Impulsionado pelo aumento da demanda interna e pelas políticas nacionais que apoiam o crescimento sustentável do setor, as perspectivas para aquicultura têm se mostrado positivas, com um crescimento esperado na produção de 52% acima do nível médio, no período de 2012-14 e um consumo aparente per capita de 6.0 kg/p em 2005, para 9,9 kg/p em 2014 até 2024. Há expectativas de que na próxima década, atinja 12,7 kg/p em 2024, expressando um aumento de 30% do nível médio de 2012-14 (Figura 2) (OECD/FAO, 2015).

Figura 2 - Produção e consumo de peixes no Brasil



O aumento do consumo de pescados tem sido fortemente estimulado por fatores como mudança de hábitos alimentares dos brasileiros, considerando que a carne de pescado apresenta uma ótima qualidade nutricional, é fonte de proteínas de alto valor biológico, e ainda, rica em vitaminas e ômega- 3 (ARGENTA, 2012).

Espera-se que o peixe permaneça predominantemente utilizado para consumo humano, contribuindo de forma valiosa e nutritiva para dietas diversificadas e saudáveis e que o consumo per capita aumente em todos os continentes, com grandes avanços direcionados para o Brasil, que devido a investimentos significativos no setor, deve registrar um crescimento de 104% na produção da pesca e aquicultura até 2025 (FAO, 2016).

Ainda de acordo com a FAO, projetam-se no Brasil um crescimento da produção de 1,3 milhão de toneladas, observados no período de 2013 a 2015, para 1,9 milhão em 2025, valor que corresponde a 2% dos 11,7 milhões de toneladas de todo o mundo. As espécies de água doce, como carpa, o peixe-gato (incluindo *Pangasius*) e a tilápia, permanecerão responsáveis pela maior parte do aumento da produção aquícola representando cerca de 60% da produção total da aquicultura em 2025, o que faz da aquicultura o principal motor de mudança no setor.

2.2 Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) (Figura 3) é um peixe onívoro, pertencente à família Cichlidae, originário da África e introduzido na maioria dos países no século XX, sendo hoje, uma das três espécies de peixe mais cultivadas no planeta, encontrando-se amplamente disseminada nas regiões tropicais e subtropicais (CARVALHO, 2006; MPA, 2014).

Trata-se de uma espécie cosmopolita, com ótimo índice de crescimento e elevada resistência a doenças, apresentando excelente desempenho em diferentes regimes de criação, tais como sistema extensivo até os mais modernos sistemas superintensivos, em tanques, viveiros, gaiolas ou tanques rede (BACCONI, 2003).

É facilmente adaptável a variação de temperatura da água, considerando 18 e 30°C como ideal, porém, temperaturas abaixo de 12°C e acima de 42°C, podem ser letais para estes peixes (LUND & FIGUEIRA, 1989). A tilápia do Nilo é facilmente identificável pela presença de listras verticais na nadadeira caudal, coloração metálica, corpo curto e alto, cabeça e cauda pequenas (GALLI e TORLONI, 1986).

Figura 3 - Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)



Fonte: <https://www.thinkmovemake.com/2017/06/599/pele-de-tilapia-e-usada-como-tratamento-de-queimaduras-em-humanos/>

Em escala mundial, durante as décadas de 40 e 50 houve uma distribuição significativa de tilápias, com objetivo de promover o cultivo de subsistência em países subdesenvolvidos. A espécie foi escolhida, principalmente, devido à sua rusticidade e a boa aceitação de diversos tipos de alimentos. No entanto, a sua maior difusão, ocorreu entre os anos 60 e 80, com a espécie do gênero *Oreochromis niloticus*, em razão de qualidades zootécnicas, como maior crescimento em sistemas confinados, alta prolificidade e reprodução mais tardia, em comparação às outras espécies de tilápia (LAZARD, 1984; BARROSO et al, 2015).

No Brasil, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) foi introduzida em 1971, pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) tendo como objetivo o peixamento dos reservatórios públicos da Região Nordeste, e, atualmente, é a espécie mais criada no país, com 219,33 mil toneladas despescadas em 2015 (Tabela 2), representando 45,4% do total da pesca nacional e um aumento de 9,7% em relação ao ano anterior, fato que tem colocado o país como um dos sete maiores produtores de tilápia do mundo (ELENISE, 2007; MPA, 2014; IBGE, 2015).

Este sucesso como principal produto da aquicultura brasileira atribui-se a um pacote tecnológico desenvolvido exclusivamente para esta espécie, e ainda, facilidade de manejo em seu cultivo, boa adaptação às condições climáticas e aos diferentes sistemas de cultivo, principalmente aqueles que utilizam altas densidades permitindo a produção em escala (BARROSO et al, 2015).

Figura 4 - Quantidade produzida e valor da produção de peixes, segundo a espécie ou grupo de peixes - Brasil – 2015

Espécie ou grupo de peixes, em ordem decrescente de quantidade produzida	Quantidade produzida		Valor da produção	
	Total (kg)	Percentual (%)	Total (1 000 R\$)	Percentual (%)
Total	483 241 273	100,0	3 064 693	100,0
Tilápia	219 329 206	45,4	1 177 643	38,4
Tambaqui	135 857 980	28,1	871 393	28,4
Tambacu e tambatinga	37 443 358	7,7	263 391	8,6
Carpa	20 693 189	4,3	131 971	4,3
Pintado, cachara, cachapira, pintachara, surubim	18 354 578	3,8	196 905	6,4
Pacu e patinga	13 276 299	2,7	100 848	3,3
Matrinxã	9 366 203	1,9	73 336	2,4

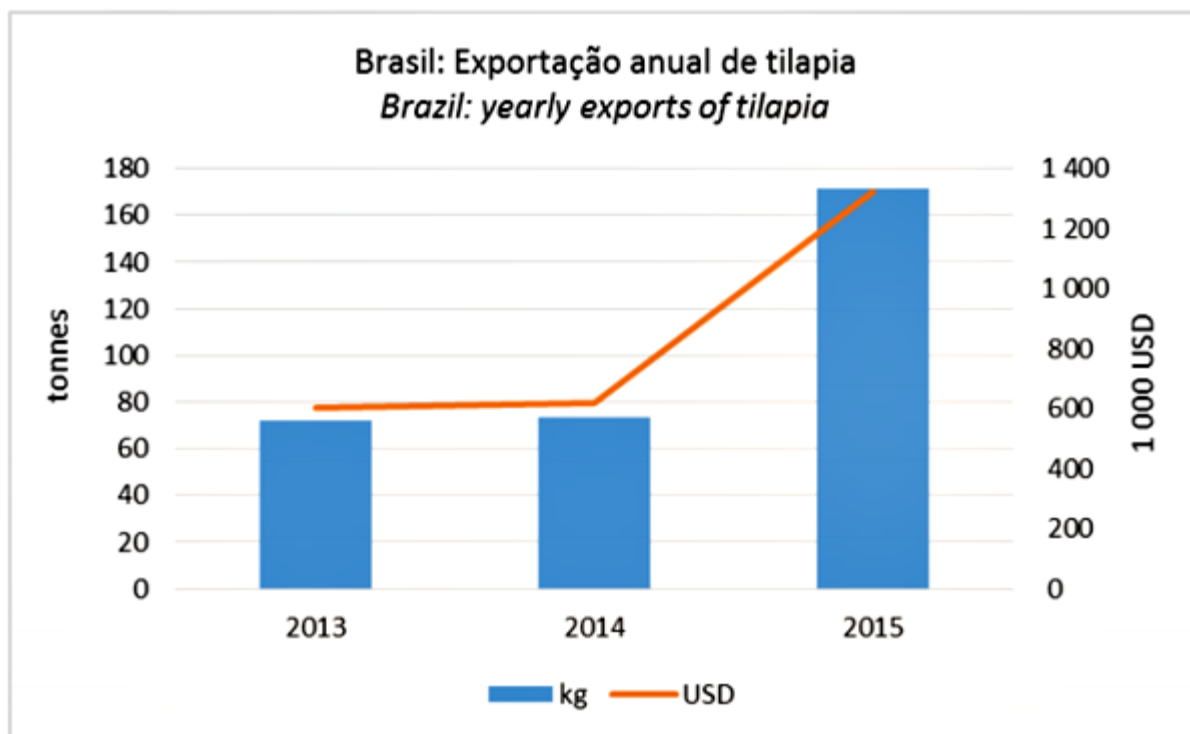
Pirarucu	8 386 708	1,7	85 768	2,8
Jatuarana, piabanha e piracanjuba	5 320 567	1,1	38 949	1,3
Pirapitinga	3 480 185	0,7	25 283	0,8
Piau, piapara, piauçu e piava	3 173 105	0,7	24 546	0,8
Outros peixes	2 942 110	0,6	20 612	0,7
Curimatã, curimbata	2 554 052	0,5	19 860	0,6
Truta	1 590 010	0,3	23 235	0,8
Traira, trairão	1 129 168	0,2	8 365	0,3
Lambari	244 730	0,1	1 639	0,1
Tucunaré	67 965	0,0	529	0,0
Dourado	31 860	0,0	420	0,0

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Pesquisa de Pecuária Municipal 2015.

Características nutricionais de importância na alimentação e de interesse a saúde, são fatores que tem contribuído diretamente para o aumento no consumo de peixes. A tilápia, considerada uma carne magra com aproximadamente 85% de água em sua composição, tem sido uma das espécies de melhor aceitação pelo consumidor, especialmente por possuir carne saborosa e de cor branca, textura firme, aspecto fibroso e suculento, alto valor nutricional e ainda ausência de espinhos intramusculares em seu filé, cujo rendimento atinge cerca de 35 a 40% e representa a principal parte comestível do pescado (PAIVA, 2010), de maneira que todo o resto, é considerado resíduo.

A espécie é recomendada para consumo fresco, desidratado, salgado ou defumado. O seguimento de filés congelados de tilápia tem sido expressivo. Em 2015 as exportações de tilápia mais do que duplicaram impulsionadas pelo crescimento das vendas de filés frescos para os EUA, chegando a totalizar 171,4 toneladas no valor de USD 1,3 milhões (Figura 5), onde os EUA responderam por 97% do comércio total (LEONHARDT et al., 2006; MUNOZ, 2016).

Figura 5 - Exportação anual de tilápia.



Fonte: Informativo Mercado da Tilápia - 06

Muitas unidades de beneficiamento, visam apenas o aproveitamento do filé, descartando subprodutos comestíveis de forma inadequada, os quais podem causar sérios danos ambientais. Neste sentido, o aproveitamento desses resíduos do processamento do pescado é de extrema importância, visando uma maior eficiência na produção, além de atenuar problemas de poluição ambiental, que venham a ser gerados pelo descarte inadequado deste material.

2.3 Aproveitamento de resíduos do pescado

A industrialização do pescado gera uma quantidade expressiva de resíduos ricos em proteínas (Figura 6). O termo resíduo de pesca refere-se a todos os subprodutos e sobras do processamento de alimentos que são de valor consideravelmente baixo (OETTERER, 1993). Se tratando do pescado, o material residual pode ser constituído de carne escura, peixes que não atingiram o tamanho ideal para consumo, resíduos obtidos nos processos de filetagem ou ainda,

outros processos como fígado (VISENTAINER et al., 2003), cabeças, carcaças, pele, vísceras (OETTERER, 2002).

Figura 6 – Resíduos da filetagem de tilápia (*Oreochromis niloticus*)



Foto: Nascimento, R. M. (2016)

Os resíduos gerados durante o beneficiamento do pescado podem representar mais de 50% da matéria-prima utilizada variando conforme as espécies e o processamento. Esta quantidade significativa de resíduos orgânicos, é constituída de matéria-prima de alta qualidade, podendo ser utilizada para diversos subprodutos, assim, o seu aproveitamento, constitui uma maneira de agregar valor a este material podendo ser processado para a obtenção de óleo, farinha ou silagem, geralmente aplicados a alimentação animal, mas que devido ao seu alto valor nutricional, incentiva o desenvolvimento de produtos também para alimentação humana, tais como, empanados, hambúrgueres, patês, linguiças, entre outros (FELTES et al., 2010; NUNES et al., 2013; SEBRAE, 2015),

A inserção do aproveitamento de resíduos na cadeia produtiva de pescado, com o propósito de evitar desperdícios, diminuir os custos de produção do pescado e a poluição ambiental, é de grande importância, pois, a criação de alternativas tecnológicas que permitam o gerenciamento dos

resíduos sólidos com valor agregado, resulta em segurança alimentar, por meio do combate à fome, geração de empregos e desenvolvimento sustentado (ARRUDA, 2004).

Grande parte desses resíduos se destina a produção de farinha, principal ingrediente utilizado na formulação de rações para peixes, em vista da combinação da qualidade de sua composição bioquímica aliada a fatores como alta digestibilidade e palatabilidade (KITAGIMA, 2009). A silagem, aparece como uma das alternativas de substituição as farinhas de peixe.

Várias técnicas têm sido desenvolvidas para recuperar os nutrientes essenciais e compostos bioativos excedentes do processamento industrial de pescado. A construção de graxarias, representa uma excelente forma de transformação dos resíduos em subprodutos como o óleo de peixe, muito valorizado no mercado, no entanto, empreendimentos deste tipo, exige um custo elevado, tornando-se limitante para microempreendedores, que acabam por optar por outras técnicas na tentativa de redução a quantidade de resíduos sólidos, como por exemplo a incineração e os aterros, práticas muito discutidas, pois, representam uma nova fonte de poluição. Desta forma, tecnologias alternativas necessitam de estudos para padronização e disponibilização de metodologias simples e economicamente viáveis para os empreendimentos neste setor (LIMA, 2013).

2.4 Hidrolisado Proteico de Peixe (HPP)

Uma das alternativas a que se destina os resíduos do beneficiamento do pescado é a solubilização de suas proteínas, que resulta em hidrolisado proteico de peixe (HPP) ou FPH- “Fish Protein Hidrolized”, de acordo com a sigla designada pela FAO (OETTERER, 2006).

Estas proteínas podem ser obtidas a partir da utilização de ácidos e solventes orgânicos, ou até mesmo, ser catalisadas por enzimas proteolíticas endógenas (presentes no próprio peixe) ou ainda, por enzimas de origem vegetal, animal ou microbianas adicionadas à matéria-prima, sendo um produto que apresenta propriedades físico-químicas como formação de espuma, capacidade de emulsificação e de ligação de óleo e solubilidade, fatores importantes para formulações alimentares, produtos nutricionais e farmacêuticos (KRISTINSSON e RASCO, 2000; MARTONE et al., 2005; HE et al., 2013).

Para a produção de hidrolisados proteicos, o substrato geralmente pode ser submetido à hidrólise alcalina, hidrólise enzimática e hidrólise ácida, ou à combinação de dois ou mais desses

métodos. Dentre estas técnicas, a hidrólise enzimática é considerada vantajosa, em função da especificidade da enzima com o substrato, controle do grau de hidrólise e condições moderadas de ação, capaz de proporcionar a liberação de peptídeos biologicamente ativos. Além de ser fonte de nutrientes no cultivo de micro-organismos, os hidrolisados proteicos são usados como fonte de pequenos peptídeos e aminoácidos, que podem enriquecer a alimentação humana e animal (ZAVAREZE et al. 2009, OLIVEIRA et al. 2014).

Dentre as proteases utilizadas na hidrólise proteica disponíveis no mercado encontram-se a alcalase, bromelina, flavourzyme, pepsina, tripsina e papaína. Devido à sua estabilidade térmica e pH ótimo, a alcalase, enzima alcalina produzida a partir de *Bacillus licheniformis*, tem sido amplamente utilizada nestes processos (GALLA et al., 2012).

Através do processo de catalisação das enzimas proteolíticas são obtidas frações solúveis e insolúveis. A fração insolúvel contém aminoácidos essenciais e micro minerais e pode ser usada na ração animal, enquanto a solúvel, que contém a proteína hidrolisada, pode ser usada na alimentação de larvas e formas jovens de peixe (LIASET & ESPE, 2008; CARVALHO et al., 1997; REFSTIE et al., 2004).

Conforme Hall & Ahamad (1992) o HPP geralmente reflete a composição da matéria-prima da qual foi originada, sendo esta composição, tipicamente produzida a partir de um peixe magro, baseado no peso seco de 85-90% de proteína, 2-4% de lipídios e 6-7% de cinza. De acordo com o grau de hidrólise e da especificidade da protease, o HPP pode apresentar sabor amargo, em decorrência da liberação de aminoácidos hidrofóbicos presentes no interior da molécula.

De acordo com Oetterer (2001), hidrolisados proteicos possui uma concentração de 90% de proteínas em sua composição, o que lhe confere um alto valor nutritivo podendo ser adicionado na elaboração de rações para alimentação de organismos aquáticos (BEZERRA et al., 2006).

2.5 Microbiologia do pescado

Apesar da elevada importância nutricional, o pescado é o alimento de origem animal com maior probabilidade de deterioração, em virtude da elevada atividade de água. A composição química variável em função da espécie, as condições em que ocorre o seu consumo e à época do ano em que é capturado, bem como, teor de gorduras insaturadas facilmente oxidáveis, e

principalmente, pH próximo da neutralidade, são fatores que favorecem o desenvolvimento microbiano (BARROS, 2003; LANDGRAF, 1996; NICKELSON II et al., 2001).

A ação de enzimas autolíticas, a autooxidação lipídica e a atividade bacteriana são processos que podem provocar a deterioração do pescado, porém, os micro-organismos constituem os principais responsáveis pelo surgimento das alterações. De acordo com Jay (2005), a biota do peixe normalmente está concentrada na superfície externa, nas guelras e nos intestinos. As bactérias mais envolvidas na degradação e putrefação do pescado, são as dos gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, e outras bactérias que podem ser identificadas como coliformes, *Salmonella*, *Staphylococcus* (BURGESS, 1978; OETTERER, 2002).

Além da natureza de sua composição, o pescado é altamente passível a perdas de qualidade (físico-química, sensorial e microbiológica) desde o processamento até a sua comercialização, devido às condições de armazenamento. Esta qualidade pode ser avaliada através da presença de coliformes a 35°C, a 45°C, e *E. coli*, os quais indicam a existência de material fecal, que em níveis elevados podem indicar contaminação da matéria-prima (FRANCO e LANDGRAF, 1996).

A legislação determina limites microbiológicos, estabelecendo contagem máxima para pescado de 102 NMP/g para contagem de coliformes fecais e ausência de *Salmonella*, sendo esta última classificada como perigo de severidade moderada (APPCC, 1998; SILVA e FILHO, 1999). As bactérias aeróbias mesófilas se desenvolvem na presença de oxigênio, multiplica-se sob temperaturas de 20 a 45 °C, tendo a temperatura ótima entre 30 a 45 °C. Esses microrganismos são considerados indicadores microbiológicos da qualidade em que um alimento foi obtido ou processado, e sua presença em altas contagens é indicativa de procedimentos higiênicos inadequados na produção, no beneficiamento ou na conservação dependendo da origem da amostra (FRANCO e LANDGRAF, 1996).

2.6 Métodos de Conservação

A vida útil dos produtos alimentícios está relacionada ao intervalo de tempo em que o produto pode ser conservado em determinadas condições de temperatura, umidade relativa, luminosidade, oxigênio, dentre outros aspectos, de maneira que garanta seus atributos sensoriais e nutricionais (GONÇALVES, 2011).

As técnicas de atmosfera modificada, alta pressão hidrostática, irradiação gama e radiação UV, são exemplos de tecnologias emergentes aplicadas com objetivo de aumentar a validade comercial do pescado, assim como as técnicas tradicionais de congelamento, enlatamento, defumação e salga e secagem (CONTE JUNIOR e RODRIGUES, 2009).

Os processos de conservação de alimentos fundamentam-se na eliminação total ou parcial dos agentes que alteram os produtos, sejam os de natureza biológica (microrganismos) ou química (enzimas). Consistem na aplicação de alguns princípios físicos ou químicos como por exemplo, o uso de altas e baixas temperaturas, eliminação de água, aplicação de aditivos conservantes, armazenamento em atmosfera controlada, uso de certas radiações e filtração. Os diversos processos podem ser aplicados em extremos de escalas de tecnologia e custos, com muito bons resultados (BARUFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N., 1998).

A irradiação de alimentos se aplica expondo um dado material, de origem vegetal e/ou animal, à radiação ionizante, oriunda tanto de uma máquina de feixes de elétrons como de fontes radioativas, com o objetivo de estender a vida de prateleira de diversos alimentos. Neste processo, considerado um dos mais eficientes na redução de microrganismos em alimentos, ocorre formação de peróxido de hidrogênio que provoca a destruição da célula bacteriana e pode ser usada para melhorar a segurança dos produtos alimentares (SILVA, 2000). Um aspecto negativo desta tecnologia é o custo da implementação no setor industrial e o impacto ambiental gerado pelo descarte das fontes de irradiação. A radiação ultravioleta-C (UV-C) tem sido amplamente utilizada na indústria de alimentos e hospitais para sanitização do ar e superfícies. As propriedades germicidas da irradiação UV se dão principalmente por mutações no DNA devido à absorção de luz, pelas moléculas de DNA (CONTE JUNIOR e RODRIGUES, 2009)

A refrigeração é mais uma das técnicas tradicionais utilizada para conservação do pescado aplicada para retardar a atividade microbiana e as reações químicas e enzimáticas que promovem à deterioração, mantendo, dessa forma, seu estado. A temperatura de refrigeração, deve ser mantida na faixa de -2 a 10 °C, conservando o pescado por cerca de 10 a 12 dias, diferindo do método de congelamento, principalmente o congelamento rápido, que deve se manter com temperaturas abaixo de -25 °C, alcançando uma conservação de um a dois anos (OETTERER, 2010).

A secagem é uma técnica antiga de conservação de alimentos que consiste em remoção de água ou qualquer outro líquido do alimento na forma de vapor, sendo aplicadas de diferentes formas e tem sido constantemente estudada e aperfeiçoada para obtenção de produtos com maior qualidade

e menor tempo de processamento. Entre os procedimentos de secagem, destaca-se a técnica de secagem por spray drying, (também conhecida por aspersão, atomização ou pulverização) empregada no processamento de diversos materiais para a obtenção de pós e grânulos, tendo como objetivo principal, a remoção da água, responsável por proporcionar um meio reacional propício a reações químicas, fenômenos físicos e proliferação microbiana (DE SOUZA et al., 2006b; RANKELL et al., 2001; SANTOS, 2000).

2.7 Secagem por Spray drying

A técnica de secagem por spray drying surgiu em 1865 quando foi patenteada a primeira operação de secagem de ovos (CORRÊA et al., 2002; JAEKEL et al., 2008). No entanto, as primeiras aplicações industriais da secagem a partir desta técnica, datam da década de 1920 e são relativas às indústrias de detergentes e lácteas (MASTERS, 2002).

A secagem, por spray drying, é uma operação única, que transforma um fluido líquido em produto seco. É um processo especial de secagem, que consiste não somente na remoção de água, como também, na formação de partículas (DUMOULIN; BIMBENET, 1998)

Em vista de sua versatilidade, spray drying tem sido uma técnica aplicada tanto para a obtenção de pó quanto na microencapsulação de substâncias, e é tradicionalmente a mais utilizada nas indústrias alimentícia, química, bioquímica e farmacêutica (BENITA, 2006), e em diversos produtos tais como: pigmentos naturais, probióticos, vitaminas, fármacos em geral, pesticidas e inseticidas, aditivos naturais e aromas. Também em produtos alimentícios, tais como leite, café, sopas e chás. Além disso, é ainda aplicada para separação de materiais com possibilidade de reagirem entre si, reduzir a toxicidade de um determinado composto, mascarar gostos amargos, reduzir a volatilidade de substâncias e proporcionar liberação controlada das mesmas (MURUGESAN e ORSAT, 2012; CHEN et al., 2015; FÁVARO-TRINDADE et al., 2010; JOYE e MCCLEMENTS, 2014; OLIVEIRA e PETROVICK, 2010; SINGH e DIXIT, 2014).

A encapsulação pode ser definida como a inclusão de pequenas partículas sólidas, gotículas líquidas ou gases em um material de revestimento, e permite a formação de uma barreira física entre o meio externo e os materiais sensíveis do núcleo, protegendo esses compostos da umidade, pH e oxidação. O material externo é denominado agente encapsulante, enquanto o ingrediente

interno (núcleo) é o material ativo (FÁVARO-TRINDADE et al.; DRUSCH et al., 2012; NESTERENKO et al., 2013a).

A desidratação de produtos é uma prática bastante comum na indústria alimentícia, que visa assegurar a estabilidade microbiológica dos mesmos, prevenir reações de degradação, além de reduzir o custo de armazenamento e transporte e ainda de obter um produto com propriedades específicas como solubilidade instantânea, por exemplo (CALISKAN e DIRIM, 2013; COUTO et al., 2012; GHARSALLAOUI et al., 2007; MISHRA et al., 2014; SINGH e DIXIT, 2014).

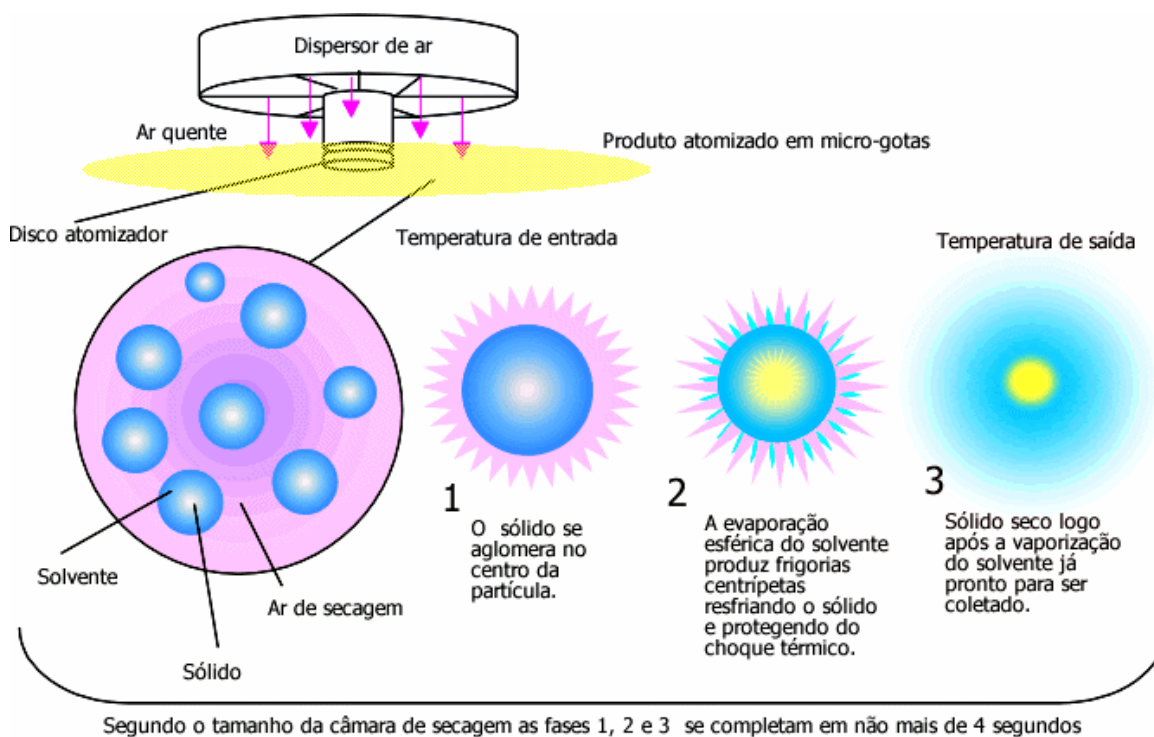
A oferta de alimentos que ofereçam qualidade nutricional, requisitos de segurança, e ainda, características desejáveis como a aparência, o sabor e o odor dos alimentos, é de grande interesse não somente para as indústrias alimentícias, bem como, para o consumidor. Portanto, é fundamental a escolha de um método de secagem adequado que venha garantir a eficiência da operação (MARQUES, 2008; MORAGA, 2011).

Dentre as diversas vantagens apresentadas pelo processo de secagem por spray drying, destacam-se a obtenção de partículas de alta qualidade, a possibilidade de secar produtos a pressão atmosférica, a facilidade em relação ao processamento de várias matérias-primas, inclusive produtos termicamente sensíveis, a produção em grandes volumes e operação contínua, a partir da utilização de equipamentos de fácil operação, bom rendimento, extensa aplicabilidade e flexibilidade, possibilitando a comercialização de um produto de baixo custo (RODRIGUES, 2004).

Oliveira e Petrovick (2010) ressaltam outras vantagens, como o fato de o processo de secagem não necessitar de interrupção caso ocorra alguma alteração na operação; a formação de gotículas que facilitam a troca térmica e transferência de massa, aumentando o rendimento e velocidade do processo.

O processo de secagem por técnica de spray drying consiste em três importantes etapas. Sendo, dispersão de fluído como gotículas, que produz uma grande área superficial, o contato destas com uma corrente de ar aquecido, havendo transferência de calor, e finalmente, evaporação do solvente e a formação da partícula sólida (Figura 7) (NONHEBEL & MOSS, 1971; MASTERS, 1985; BROADHEAD et al., 1992; SHAW, 1997; RANKELL et al., 2001).

Figura 7 – Esquema de funcionamento de spray dryer



Fonte: <http://sprayprocess.blogspot.com.br/>

Na última etapa, o produto de secagem é transportado por uma corrente de ar sendo posteriormente coletado (BROADHEAD et al., 1992; SHAW, 1997; RANKELL et al., 2001). Segundo Ignário e Lannes (2007), produtos líquidos de baixa ou alta viscosidade, na forma de gotículas, são desidratados rapidamente ao entrar em contato com uma corrente de ar quente.

Nesta técnica de secagem o uso de adjuvantes, denominado material de parede ou agente encapsulante, é uma prática comum, onde os mais usados são, amido, ciclodextrinas, dióxido de silício coloidal, fosfato tricálcico, gelatina, goma arábica, lactose, maltodextrina, entre outros. O composto polimérico atua como um filme protetor, isolando a substância ativa (gotículas líquidas, partículas sólidas ou material gasoso) e evitando o efeito de sua exposição inadequada (VASCONCELOS et al., 2005; SILVA JÚNIOR et al., 2006).

Os carboidratos como as maltodextrinas são um dos principais materiais de parede utilizados como encapsulantes. São amidos hidrolisados de baixo custo, que possuem elevada solubilidade em água (>75%) e baixa viscosidade em soluções aquosas com capacidade de formar

uma película de revestimento reduzindo o contato do material encapsulado com oxigênio, além de possuir aroma neutro e sabor, baixa viscosidade a altas concentrações de sólidos e ótima proteção contra oxidação. Por outro lado, apresenta baixa capacidade emulsificante, tornando-se desejável a sua utilização em combinação com outros biopolímeros de superfície ativa, como por exemplo a goma arábica (FERNANDES et al., 2008; MEDINA et al., 2016).

Características como alta solubilidade e baixa viscosidade fazem da goma arábica, mais um dos materiais de parede comumente utilizados no processo de secagem por spray drying, demonstrando grande eficácia devido à sua propriedade emulsificante, uma vez que apresenta baixas concentrações de proteína na sua composição (PITALUA et al., 2010; FERRARI et al., 2012).

A gelatina também representa um composto muito útil no processo de secagem, em vista de suas propriedades gelificantes termo-reversíveis, de modo que, uma formulação a base de gelatina se gelifica quando é resfriada e se liquefaz quando é subsequentemente aquecida (HEIDEBACH et al., 2009).

O processo de spray drying é muito utilizado na indústria alimentícia para secagem de polpas de frutas (açaí, abacaxi, melancia) devido à boa qualidade conferida ao pó resultante e às facilidades de transporte e armazenamento, além de maior estabilidade físico-química. Geralmente é utilizada a maltodextrina como adjuvante de secagem nesta finalidade (ABADIO et al., 2004; QUEK et al., 2007; TONON et al., 2008). Georgetti et al. (2008) avaliaram os efeitos da técnica sobre as propriedades químicas e biológicas de extratos de soja. Os adjuvantes de secagem analisados foram dióxido de silício coloidal, amido e maltodextrina.

A quitosana, devido as suas propriedades mucoadesivas é capaz de prolongar o contato entre compostos bioativos e sítios de absorção, sendo um polissacarídeo de interesse na encapsulação de substâncias hidrofílicas, associando-se a essas macromoléculas através de interações eletrostáticas e pontes de hidrogênio, acarretando uma maior eficiência no processo (ESTEVINHO et al., 2013).

Hidrolisado proteico de peixe é tradicionalmente tratado na forma líquida, desta forma, a secagem é um dentre os diferentes métodos alternativos de conversão deste produto líquido para a forma de pó, que possui a vantagem adicional da facilidade de manuseamento e estabilidade aumentada (ABDUL-HAMID et al., 2002). Medina et al. (2016) investigaram a eficiência dos

hidrolisados proteicos de peixe sardinha (*Sardina pilchardus*) e carapau (*Trachurus mediterraneus*) sobre a estabilidade de emulsões dos HPPs durante spray drying.

3 RESULTADOS

Artigo a ser submetido ao periódico *Journal Food Microbiology*

3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS NA ESTABILIDADE DOS HIDROLISADO PROTEICO DE PEIXE TILÁPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) MICROENCAPSULADOS POR SPRAY-DRYING

Nascimento, R. M^a, Ferreira, A. C. M; Silva, V. C^c; Silva, J. F. X^b; Basílio Junior, I. D.^c; Carvalho Junior, L.B; Bezerra, R. B^{a*}.

^a Departamento de Bioquímica and Departamento de Biofísica, Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, s/n, Cidade Universitária–CEP 50.670-420, Recife, PE – Brazil.

^b Universidade Federal de Alagoas, Av. Beira Rio, s/n - Centro Histórico CEP 57200-000 Penedo/Al

^c Escola de Enfermagem e Farmácia, Universidade Federal de Alagoas, Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins – CEP 57072-900, Maceió, Al/Brazil

*Corresponding author. Tel.: +55 81 21268540; fax: +55 81 21268576.

E-mail address: ransoube@uol.com.br (R.S. Bezerra).

Resumo

O presente estudo analisou a conservação do hidrolisado proteico de peixe (HPP) obtido a partir de resíduos da tilápia (*Oreochromis niloticus*) secos através de técnica de spray drying. O HPP foi produzido através de hidrólise enzimática. Posteriormente o HPP foi seco por spray drying obtendo-se a sua forma em pó. Em seguida, foi armazenado em recipientes estéreis e escuros, vedados de forma a garantir a ausência de incidência de luz e oxigênio. A presença de microrganismos patogênicos e deteriorantes foi monitorada através de análises microbiológicas e pesquisa de micro-organismos específicos durante o período de armazenamento estipulado. Além disto, foi realizada análises físico-químicas como composição centesimal, aminograma coloração, pH e oxidação lipídica. Foi observado que o HPP em pó permaneceu livre de contaminação microbiológica por 60 dias, apresentando alto teor de proteína e baixo teor de cinzas, conferindo boa qualidade do produto destinado à aquicultura. A ausência de bactérias patogênicas e baixa contagem total de mesófilos conferem estabilidade microbiológica do produto e a eficiência no método de conservação aplicado ao HPP em pó.

Introdução

O HPP é um produto obtido do resultado da solubilização das proteínas do pescado, convertendo-as em peptídeos. Este produto é composto por proteínas solúveis, lipídeos e aminoácidos. Este produto possui propriedades físico-químicas como formação de espuma, capacidade de emulsificação, capacidade de ligação de óleo e solubilidade, importantes para formulações alimentares, produtos nutricionais e farmacêuticos (HE et al., 2013). O HPP é comumente utilizado na forma líquida, porém o spray drying é um dos métodos alternativos para conversão deste produto líquido em pó, possuindo como vantagem a estabilidade aumentada (ABDUL-HAMID et al., 2002).

Na degradação, putrefação do pescado e biota bacteriana, dentre as bactérias que se encontram inseridas, estão os gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, além de outras bactérias que podem ser identificadas como coliformes, *Salmonella*, *Staphylococcus* e *Acinetobacter-Moraxella*. (OETTERER, 2002; JAY, 2005). A qualidade higiênico-sanitária dos alimentos é avaliada através da presença de coliformes a 35°C, a 45°C e *E. coli*. Níveis elevados podem ser indicativos de matéria-prima contaminada, limpeza e sanitização deficiente de equipamentos, contaminação pós-processamento, tratamento térmico ineficiente ou multiplicação durante o processamento ou estocagem (FRANCO e LANDGRAF, 1996).

A deterioração microbiológica pode ser evitada ou inibida através de várias de técnicas de conservação como a refrigeração, congelamento, secagem, embalagem a vácuo, embalagem de atmosfera modificada, acidificação, fermentação, adição de conservantes, esterilização, pasteurização e irradiação (DE SOUZA et al., 2006b, GOULD, 1996).

O processo de spray drying é muito utilizado na indústria alimentícia para secagem de polpas de frutas (açaí, abacaxi, melancia) devido à boa qualidade conferida ao pó resultante e às facilidades de transporte e armazenamento, além de maior estabilidade físico-química. Geralmente é utilizada a maltodextrina como adjuvante de secagem nesta finalidade (ABADIO et al., 2004; QUEK et al., 2007; TONON et al., 2008).

Hidrolisado proteico de peixe em pó é uma alternativa ao uso da forma líquida, que confere estabilidade nas emulsões dos HPPs, através do microencapsulamento por técnica de spray drying (MEDINA et al. 2016; ABDUL-HAMID et al., 2002).

Para melhor ciência da pesquisa, não existem estudos prévios relacionados à microencapsulação do HPP de tilápia (*Oreochromis niloticus*) por spray drying e os efeitos na estabilidade de suas características físico-químicas e microbiológicas. Com isto, o objetivo deste trabalho é promover a secagem do hidrolisado proteico de peixe, com uso de spray dryer, com intuito de promover a extensão de sua vida útil, através da inibição de veículos e fatores inerentes à degradação do alimento, tais como: água, microrganismos, oxidação, degradação proteica, oxidação lipídica e assim avaliar a eficiência deste método de conservação.

Material e Métodos

Preparação do hidrolisado proteico de peixe (HPP)

Os resíduos (carcaça) de tilápia (*Oreochromis niloticus*), sem vísceras, foram obtidos de um fornecedor local. Os hidrolisados foram produzidos no Laboratório de enzimologia (LABENZ) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) por meio de hidrólise com a enzima comercial Alcalase®, 0,5% (v / v), baseado no método descrito por Cahú et al. (2012) modificado. A carcaça e Alcalase 0,5% (v/v) foram misturadas em um liquidificador industrial para produzir o HPP. A mistura foi submetida à digestão em banho-maria (Banho Maria- TE 056mag tecnal) a 45 ° C durante 3 horas, sob ligeira agitação para um melhor contato enzima/substrato. Ao final da hidrólise, a temperatura foi elevada para 100 °C durante 10 minutos para parar a reação. As frações de sólidos e líquidos foram separados por filtração (malha:1mm²) e o filtrado definido como hidrolisado proteico de peixe (HPP), o qual foi acondicionado em vidros estéreis, autoclavados em Autoclave Vertical Phoenix Luferco, para posterior secagem.

Secagem por spray drying

Após devidamente acondicionado, o HPP foi transportado para Universidade Federal de Alagoas, onde foi desidratado utilizando spray drying (Buchi Mini spray dryer B-290), para obtenção do pó, segundo metodologia (Abdul-Hamid et al., 2002) adaptada. Para este processo, os coadjuvantes foram formulados em diferentes percentuais. As formulações foram preparadas e em seguida agitadas durante 30min. A secagem foi realizada com temperatura de entrada entre 180°C

a 220°C e 90°C a 100°C para temperatura de saída. Após secagem, o pó foi recolhido e pesado para determinar o seu rendimento, em seguida, armazenado em vidros estéreis e guardados em temperatura ambiente para posteriores análises.

Análises microbiológicas

Mesófilos

A análise de micro-organismos mesófilos foi realizada de acordo com a metodologia padrão português NP 4405 (2002) adaptado. O HPP foi monitorado nos dias 0, 7, 15, 30, 60. O ensaio foi realizado por diluição em série de amostras de 500 mg de amostra com uma solução de 950uL (0,1% água de peptona a 0,9% p / v de solução de NaCl) e homogeneizadas sob condições estéreis em cabine de segurança biológica (Pachane PC 410). Alíquotas de 1 mL de cada amostra diluída foram coletadas e inoculadas em placas de Petri em triplicata. Em cada placa de Petri foi adicionada 15 ml de plate count agar (PCA, Standard Methods Agar Acumedia). As amostras foram homogeneizadas imediatamente através de rotações das placas de Petri, a fim de obter uma dispersão uniforme das colônias. Após a solidificação do meio, as placas de Petri contendo o HPP foi incubado a 37 °C por 48 horas em estufa (TE 394 / I Tecnal) para avaliação de mesófilos.

Microrganismos patogênicos e deteriorantes

A pesquisa de micro-organismos patogênicos e deteriorantes (Bolores e leveduras, coliformes a 45 °C; estafilococos coagulase-positiva; *Salmonella spp* e *Pseudomonas aeruginosa*) foi realizada pelos métodos utilizados por AOAC (1995) 997.02, 926.24, 975.55, 967.26 e SMWW 9213 respectivamente no laboratório de experimentação de análise de alimentos (LEAAL) do Departamento de Nutrição da UFPE.

Medida de pH

O pH foi determinado conforme as normas do Instituto Adolf Lutz (1985). Foram tomadas alíquotas de 1g de pó das amostras e, diluídas em 10 mL de água destilada. Em seguida o pH foi mensurado em diferentes intervalos de tempo, através da leitura direta em potenciômetro (Analon PM 608) previamente calibrado.

Composição centesimal

As análises de composição centesimal (umidade, carboidratos, proteína bruta, extrato etéreo, cinzas,) foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos e Experimental, do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco através de metodologia AOAC (1995). As análises de aminoácidos e perfis de ácidos graxos foram realizadas em CBO Análises Laboratoriais.

Resultados

Análises Microbiológicas

O HPP em pó foi submetido às análises microbiológicas durante 60 dias de armazenamento a 37° C, onde os resultados mostraram que não houve contaminação por mesófilos e o crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes foi inibido, por um maior período de estocagem a, demonstrando assim, um elevado nível de segurança alimentar, como apresentado na tabela abaixo.

Tabela 1 - Contagem total de mesófilos e microrganismos específicos do HPP em pó após 15 e 60 dias de estocagem.

Tratamentos	Mesófilos (UFC/ml)	Coliformes a 45 °C	<i>Staphylococcus</i> coagulase- positiva	<i>Salmonella</i> <i>spp</i>	Bolores e Leveduras	<i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>
Seco por spray dryer / 15 dias	-	< 3.0	< 10	-	< 10	< 1.1
Seco por spray dryer / 60 dias	-	< 3.0	< 10	-	< 10	< 1.1

UFC/ml: unidade formadora de colônia por mililitro

NMP = Número Mais Provável. Resultados expressos em <10 CFU / g e < 3.0 MPN / g, representa ausência crescimento considerando o limite dos métodos.

(-) = Ausência de microrganismos

Composição Centesimal

Os resultados dos teores de proteína, lipídeos, carboidratos e cinzas são apresentados na tabela 2, expressos em matéria seca, através de metodologia AOAC (1995). O valor do teor de umidade do HPP. Após processo de secagem por técnica de spray drying, o HPP em pó apresentou perda da maior parte de sua umidade decaindo para 3,96% e, elevado nível de proteína nos dias 15 (47,84%) e 60 (47,32 %).

Tabela 2 - Composição centesimal do HPP em pó após 15 e 60 dias de estocagem (g por 100 g base matéria seca).

Tratamentos	Umidade Voláteis	Proteína Bruta	Extrato Etéreo	Cinzas	Carboidratos
15 dias	0,52	47,84	26,06	2,82	23,28
60 dias	3,96	47,32	30,81	2,88	25,26

HPP: hidrolisado proteico de peixe

O conteúdo lipídico do HPP em pó se mostrou inferior a 31% entre os 15 e 60 dias de estocagem. Sua composição de ácidos graxos está representada na tabela 3, enquanto o aminograma, representado na tabela 4.

Tabela 3 - Composição de ácidos graxos do hidrolisado proteico de peixe (HPP)

Ácidos Graxos	HPP
Ácido Capróico (C6:0)	0,34
Ácido Caprílico (C8:0)	0,05
Ácido Cáprico (C10:0)	0,04
Ácido Láurico (C12:00)	0,04
Ácido Mirístico (C14:0)	1,15
Ácido Miristoleico (C14:1)	0,17
Ácido Pentadecanóico (C15:0)	0,24
Ácido Palmítico (C16:0)	9,97
Ácido Palmitoleico (C16:1)	2,13
Ácido Margárico (C17:0)	0,39
Ácido Esteárico (C18:0)	2,95
Ácido Elaidico (C18:1n9t)	0,03
Ácido Oleico (C18:1n9c)	10,42
Ácido Linoleico (C18:2n6c)	1,42
Ácido Gama-Linolênico GLA (C18:3n6)	0,08
Ácido Alfa Linolênico LNA (C18:3n3)	0,08
Ácido Araquídico (C20:0)	0,21
Ácido Cis-11-Eicosenóico (C20:1n9)	0,42
Ácido Heneicosanóico (C21:0)	0,04
Ácido cis-11,14- Eicosadienóico (C20:2)	0,11
Ácido cis-8,11,14-Eicosatrienóico (C20:3n6)	0,06
Ácido Araquidônico AA (C20:4n6)	0,08
Ácido cis-11,14,17-Eicosatrienóico	0,02
Ácido Behenico (C22:0)	0,09
Ácido Erúcico (C22:1n9)	0,04
Ácido Tricosanóico (C23:0)	0,04
Ácido Lignocérico (C24:0)	0,09
Ácido Nervonico (C24:1n9)	0,05
Ácido Docosahexaenóico DHA (C22:6n3)	0,07
Gordura Monoinsaturada	13,22
Gordura Poli-insaturada	1,95
Gorduras Insaturadas	15,18
Gorduras saturadas	15,64
Gorduras Trans	0,03
Ômega 3	0,06
Ômega 6	1,64
Ômega 9	10,96

Tabela 4 - Composição dos aminoácidos do hidrolisado proteico de peixe em pó (HPP)

Aminoácidos (%)	HPP em pó
<i>Não essencial</i>	
Ácido Aspártico	3,93
Ácido Glutâmico	6,33
Serina	1,89
Glicina	5,80
Taurina	0,42
Arginina	3,25
Alanina	3,40
Prolina	3,41
Tirosina	1,03
<i>Essencial</i>	
Valina	1,82
Metionina	0,92
Cistina	0,21
Isoleucina	1,64
Histidina	0,91
Treonina	1,79
Leucina	3,14
Fenilalanina	1,56
Lisina	3,40
Soma dos Aminoácidos	44,85

Medida de pH

O pH é um dos parâmetros físico-químicos considerado como indicador de qualidade de um alimento. Observando a Tabela 5, nota-se que a amostra seca por técnica de spray drying sofreu uma leve diminuição nos valores de pH, no entanto, as alterações em relação ao tempo, não se mostraram significativas ao longo de 60 dias de armazenamento (Figura 1).

Tabela 5 - Valores da medida do pH do HPP em pó durante 60 dias de armazenamento.

pH	Dias de armazenamento					
	1	12	24	36	48	60
HPP em pó	5.44	5.23	5.10	5.07	5.02	5.04

Discussão

Análises Microbiológicas

A existência de microrganismos em produtos destinados a alimentação indica o nível de segurança em seu consumo. Como esperado, em vista da facilidade de deterioração do pescado, os resultados expressos, mostraram que o HPP em pó, não apresentou contaminação, considerando o padrão recomendado pela ICMSF (1986) e, portanto, estaria apto para consumo, de maneira que não apresentou contaminação por mesófilos. Os resultados para *Pseudomonas aeruginosa* e bolores e leveduras foram negativos. A contagem de coliformes 45 °C se mostrou inferior a 3 NMP/g, a de *Staphylococcus coagulase* positivo foram inferiores a 10 UFC/g e houve ausência de *Salmonella* em 25g de alimento. Resultados semelhantes foram encontrados por Bueno-Solano et al. (2009) em hidrolisado de camarão seco por técnica de spray drying.

O HPP em pó, permaneceu livre de contaminação ao longo de mais de 60 dias de estocagem a temperatura ambiente. Em estudo de pó seco de subprodutos de camarão, Bueno-Solano et al. (2009) não detectou microrganismos patogênicos.

A maior parte da literatura disponível sobre peixes de água doce (tilápia, truta arco-íris, perca de prata) relata contagens bacterianas de 10²-10⁶ UFC / g (GELMAN et al., 2001). A ausência de bactérias patogênicas e de microrganismos mesófilos no pó seco, proporcionam um alto valor higiênico, comprovando a eficácia da aplicação da desidratação como estratégia de aumentar a vida útil do produto, em conformidade com o padrão microbiológico vigente e, portanto, mostra-se apropriado para consumo alimentício.

Composição centesimal

O valor de teor de umidade do HPP em pó apresentou redução de 85,98% para 3,96% durante 60 dias de armazenamento, o que demonstra a eficiência da técnica de spray drying no processo de desidratação. O teor de umidade do HPP em pó foi semelhante ao encontrado por Abdul-Hamid et al. (2002) em hidrolisado de tilápia preta seco por técnica de spray drying, o qual apresentou um valor de 3,93%.

A composição centesimal do HPP em pó foi baseada em matéria seca e os resultados apresentaram elevado teor de proteína e baixo teor de cinzas em conformidade com Silva, J. (2014) que revelou os níveis de 58,48% de proteína bruta e 26,70% de cinzas em HPP. O valor de proteína bruta do HPP em pó foi de 47,32%, semelhante ao encontrado por Abdul-Hamid et al. (2002), que foi de 49,6%.

Valores de carboidratos foram detectados no HPP em pó, que apresentou o valor de 25,26%. Este fato pode ser explicado pela presença do material de parede utilizado no processo de secagem. Este valor se mostrou inferior aos obtidos por Abdul-Hamid et al. (2002) que foram de 35,0 e 49,6% em diferentes temperaturas de secagem. O teor de cinzas do HPP em pó também foi inferior ao do autor supracitado. Um maior teor de cinzas sugere um alto teor de resíduo inorgânico e baixa recuperação de matéria orgânica. Conforme Cho et al. (1985), a boa qualidade da dieta para os organismos aquáticos deve conter teor de cinzas inferior a 13%, desta forma o baixo percentual encontrado no HPP em pó no presente trabalho sugere que este seja um excelente ingrediente substituto a farinha de peixe na alimentação de organismos aquáticos.

O valor nutricional de um alimento depende do tipo e quantidade de aminoácidos disponíveis para funções corporais. A Tabela 4, mostra o perfil de aminoácidos total do hidrolisado proteico de peixe em pó, onde a soma total foi 44,85%. Observou-se que o Ácido glutâmico foi o aminoácido presente em maior quantidade no HPP em pó (6,33%), seguido da Glicina (5,80%). A lisina foi o aminoácido essencial de maior concentração, por outro lado, a cistina foi o de menor concentração. Segundo Abdul-Hamid et al. (2002) temperaturas elevadas submetidas ao hidrolisado no processo de secagem por pulverização pode provocar perda de uma porção dos aminoácidos nas amostras.

O HPP em pó apresentou os valores de 0,92% metionina e 3,40% de lisina. Cheng et al. (2005), Forster e Dominy, (2006), Sardar et al. (2009) e Leal et al. (2010), descreveram que os níveis de metionina e lisina são particularmente importantes na aquicultura, haja vista que, a suplementação de dietas com esses aminoácidos é frequentemente necessária quando fontes alternativas de proteína são utilizadas como substitutos de farinha de peixe.

Medida de pH

Os valores de pH não apresentaram diferença significativa durante o período proposto de armazenamento em nenhum dos tratamentos. Conforme o relatado por Vasconcelos & Melo Filho (2010), os alimentos se classificam em relação a acidez em função do pH. De modo que alimentos com $\text{pH} > 4,5$, são considerados de baixa acidez e $\text{pH} < 4,5$, alimentos ácidos. Assim, de acordo com os valores de pH, o torna o HPP em pó um produto considerado de baixa acidez.

4 CONCLUSÃO

A ausência de bactérias patogênicas e baixa contagem total de mesófilos conferem alto nível de higiene na elaboração do produto e eficiência no método de conservação aplicado ao HPP. O hidrolisado proteico de peixe submetido a secagem por spray drying permaneceu livre de contaminação por micro-organismos patogênicos e deteriorantes, durante mais de 60 dias de armazenamento. Além disto, o hidrolisado exibiu elevado teor de proteína de grande interesse na indústria aquícola. Com isto, a técnica de spray drying utilizada, revelou um método de conservação eficiente na extensão da vida útil do hidrolisado proteico de peixe, promovendo o desenvolvimento de um produto novo de valor agregado, passível de ser utilizado na suplementação na alimentação animal.

REFERÊNCIAS

- ABADIO FDB, DOMINGUES AM, BORGES SV, OLIVEIRA VM 2004. Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice - effect of malt dextrin concentration and atomization speed. J Food Eng 64: 285-287.
- ALECRIM, M. M. et al. Produção de hidrolisado proteico de pirarucu utilizando-se protease de *Aspergillus flavo-furcatis* e pancreatina. v. 2015, p. 89–96, 2015.
- AMAPÁ, M. T. E. Aquicultura no Brasil: Novas Perspectivas para a Produção. v. 1, p. 1–2, 2015.
- ARRUDA, L. F. DE. Aproveitamento do resíduo do beneficiamento da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) para obtenção de silagem e óleo como subprodutos, 2004.
- AZIZAH ABDUL-HAMID, JAMILAH BAKAR, GAN HOCK BEE. Nutritional quality of spray dried protein hydrolysate from black tilapia (*Oreochromis mossambicus*). **Food Chemistry**, 78, 69–74, 2002.
- BACCONI, D. F. Exigência nutricional de vitamina A para alevinos de tilápia do nilo *Oreochromis niloticus*. **Dissertação ESALQ**, p. 42, 2003.
- BARROS, G. C. **Perda de qualidade do pescado, deteriora e putrefação**. Revista CFMV, ano IX, no 30, p. 59-64, 2003
- BARROSO, R. M. et al. Gerenciamento genético da tilápia nos cultivos comerciais. **Embrapa**, n. 2318–1400, p. 68, 2015.
- BARUFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. 317 p.

BENITA, S. Microencapsulation: Methods and industrial applications. 2.ed. Jerusalem: Culinary and Hospitality Industry Publications Services (C.H.I.P.S.), 2005. p.784

BENJAKUL, B.; MORRISSEY, M.T. Protein hydrolysates from Pacific whiting solid wastes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, p. 3424-3430, 1997.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M. et al. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases iniciais e de crescimento. Revista Brasileira de Zootecnia, v.30, n.5, p.1391-1396, 2001.

BOSCOLO, W. R. Farinha de Resíduos da Filetagem de Tilápias na Alimentação de Tilápiado-Nilo (*Oreochromis niloticus*) na Fase de Reversão Sexual. Revista. Bras. Zootec, v.34, n.6, p.1807-1812, 2005.

BROADHEAD J, EDMOND ROUAN SK, RHODES CT 1992. **The spray drying of pharmaceuticals. Drug Dev Ind Pharm** 18: 1169-1206.

BUENO-SOLANO, C. et al. Chemical and biological characteristics of protein hydrolysates from fermented shrimp by-products. **Food Chemistry**, v. 112, n. 3, p. 671–675, 2009.

CAHÚ, T. B., SANTOS, S. D., MENDES, A., CÓRDULA, C. R., CHAVANTE, S. F.,

CALISKAN, G.; DIRIM, S. N. The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract. **Food and Bioproducts Processing**, Rugby, v. 91, n. 4, p. 539-548, oct. 2013.

CARVALHO, E.D. Avaliação dos impactos da piscicultura em tanques-rede nas represas dos grandes tributários do alto Paraná (Tietê e Paranapanema): o pescado, a ictiofauna agregada e as condições limnológicas. **Relatório Científico** (FAPESP). Botucatu, SP. 2006. 46p.

CARVALHO, A.p. et al. First feeding of common carp larvae on diets with high levels of protein hydrolysates. *Aquaculture International*. p. 361-367. jan. 1997.

CARVALHO JR., L. B., NADER, H. B., BEZERRA, R. S. Recovery of protein, chitin, carotenoids and glycosaminoglycans from Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) processing waste. *Process Biochemistry*, 47, p. 570–577, 2012

CENTENARO, G. S.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. E.; SALAS-MELLADO, M. Efeito da concentração de enzima e de substrato no grau de hidrólise e nas propriedades funcionais de hidrolisados protéicos de corvina (*Micropogonias furnieri*). **Quim. Nova**, v. 32, p. 1792- 1798, 2009.

CHEN, H.; ZHANG, Y.; ZHONG, Q. Physical and antimicrobial properties of spray-dried zein–casein nanocapsules with co-encapsulated eugenol and thymol. *Journal of Food Engineering, Essex*, v. 144, p. 93–102, jan. 2015.

CHENG, Z. J.; HARDY, R. W.; USRY, J. L. Effects of lysine supplementation in plant protein-based diets on the performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and apparent digestibility coefficients of nutrients. **Aquaculture**, v. 215, n. 1–4, p. 255–265, 2003.

CHO, C. Y.; COWEY, C. B.; WATANABE, T. Finfish nutrition in Asia: Methodological approaches to research and development. **International Development Research Center**, p. 154, 1985.

CORRÊA, P.C.; AFONSO JÚNIOR, P.C.; STRINGHETA, P.C.; CARDOSO, J.B. Equilíbrio higroscópico e atividade de água para ovo integral processado em “spray dryer”. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.4, p.15-22, 2002.

COUTO, R. O.; CONCEICAO, E. C.; CHAUL, L. T; OLIVEIRA, E. M. S.; MARTINS, F. S.; BARA, M. T. F.; REZENDE, K. R.; ALVES, S. F.; PAULA, J. R. Spray dried Rosemary extracts: physicochemical and antioxidant properties. **Food Chemistry**, London, v. 131, n. 1, p. 99-105, mar. 2012.

DE SOUZA TP, LIONZO MIZ, PETROVICK PR 2006b. **Avaliação da redução da carga microbiana de droga vegetal através do processamento tecnológico: decocção e secagem por aspersão.** *Rev Bras Farmacogn* 16: 94-98.

DUMOULIN, E.; BIMBENET, J. J. Spray drying and quality changes. In: REID, D. S. The Properties of water in foods ISOPOW 6. Blackie Academic & Professional, London, 1998. p. R209-R232.

DRUSCH, S.; REGIER, M.; BRUHN, M. **Recent advances in the microencapsulation of oils high in polyunsaturated fatty acids.** In: Novel Technologies in Food Science, Nova Iorque, Springer, v. 7, pp. 159-181, 2012.

ELENISE GONÇALVES DE OLIVEIRA. Produção de Tilápia Mercado, Espécie, Biologia e Recria (Embrapa. **Cultivares de soja para as Regiões Norte e Nordeste do Brasil.**, p. 12, 2007.

ESTEVINHO, B.N.; ROCHA, F.; SANTOS, L.; ALVES, A. Microencapsulation with chitosan by spray drying for industry applications – a review. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 31, n. 2, p. 138-155, jun. 2013.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). The State of World Fisheries and Aquaculture. Roma, 2010. Disponível em: < <http://www.fao.org> >.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA).** [s.l: s.n.].

FÁVARO-TRINDADE, C. S.; SANTANA, A. S.; MONTERREY-QUINTERO, E. S.; TRINDADE, M. A.; NETTO, F. M. The use of spray drying technology to reduce bitter taste of casein hydrolysate. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 24, n. 4, p. 336-340, jun. 2010.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. DE. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 2, p. 157–165, 2012.

FELTES, M. M. C. et al. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe Alternatives for adding value for the fish processing wastes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 669–677, 2010.

FORSTER, I. P.; DOMINY, W. G. Efficacy of three methionine sources in diets for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 37, n. 4, p. 474–480, 2006.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo, 1996, 182p.

FURLAN, E.F., E M. OETTERER. Hidrolisado protéico de pescado. **Revista Ciência & Tecnologia** v 10, p 79-89. 2002.

GALLA, N. R. et al. Functional properties and in vitro antioxidant activity of roe protein hydrolysates of *Channa striatus* and *Labeo rohita*. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1479–1484, 2012.

GELMAN, A., GLATMAN, L., DRABKIN, V., HARPAZ, S., 2001. EFFECTS OF STORAGE TEMPERATURE AND PRESERVATIVE TREATMENT ON SHELF-LIFE OF THE POND-RAISED FRESHWATER FISH, SILVER PERCH (*BIDYANUS BIDYANUS*). **J. FOOD PROT.** 64, 1584–1591.

GEORGETTI SR, CASAGRANDE R, DE SOUZA CRF, DE OLIVEIRA WP, FONSECA MJV 2008. Spray drying of the soybean extract: effects on chemical properties and antioxidant activity. **Food Sci Technol** 41: 1521-1527.

GONÇALVES AA, editor. **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo: Atheneu; 2011.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDOUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of *spray-drying* in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, Barking, v. 40, n 9, p. 1107-1121, nov. 2007.

GRATTARD, N.; SALAUN, F.; CHAMPION, D.; ROUDAUT, G.; LE MESTE, M. Influence of physical state and molecular mobility of freeze-dried maltodextrin matrices on the oxidation rate of encapsulated lipids. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 8, p. 3002-3010, 2002.

HALL, G. M. & AHMAD, N.H. Functional properties of fish proteína hydrolysates. In: HALL, G.M. **Fish Processing Technology**. Black Academic & Professional. New York: VCH Publishers, cap. 9, pp. 248-274, 1992.

HE, S., FRANCO, C., ZHANG, W. Functions, applications and production of protein hydrolysates from fish processing co-products (FPCP). *Food Research International*, v. 50, p. 289–297. 2013.

IBAMA. Estatística da pesca 2009. Brasil. Grandes regiões e unidades da federação. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília-DF, 174p.

IBGE. Produção da pecuária municipal. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, v. 42, p. 1–39, 2014.

IBGE. Produção pecuária municipal. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2015.

JAEKEL, T.; DAUTEL, K.; TERNES, W. Preserving functional properties of hen's egg yolk during freeze-drying. *Journal of Food Engineering*, v.87, p.522-526, 2008. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.01.006.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 712 p.

JR, C.; LEAL, B. Tecnologia Avançada Na Conservação De Pescado in Fish Preservation. 2009.

KITAGIMA, R. E. **Digestibilidade da matéria seca, energia, proteína e aminoácidos pelo catfish americano**, *Ictalurus punctatus*. p. 54, 2009.

KHA, T. C.; NGUYEN, M. H.; ROACH, P. D. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. **Journal of Food Engineering**, v. 98, n. 3, p. 385–392, 2010.

KRISTINSSON, H.G.; RASCO B. Kinetics of the hydrolysis of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle proteins by alkaline proteases and a visceral serine protease mixture. **Process Biochemistry**, v. 36, 131-139, 2000.

KUBITZA, F. **Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial**. 1ª ed. Jundiaí: Fernando Kubitza, 2000. 289p.

LAOKULDILOK, T.; KANHA, N. Effects of processing conditions on powder properties of black glutinous rice (*Oryza sativa* L.) bran anthocyanins produced by spray drying and freeze drying. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 1, p. 405–411, 2015.

LANDGRAF, M. Deterioração microbiana de alimentos. In: Franco, B.D.G.; Landgraf, M. Microbiologia dos alimentos. São Paulo: Editora Atheneu. 182 p. cap. 6, p. 93-108, 1996.

LEAL, A. L. G. et al. Use of shrimp protein hydrolysate in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) feeds. **Aquaculture International**, v. 18, n. 4, p. 635–646, 2010.

LEONHARDT, J. H. et al. Características morfológicas, rendimento e composição do filé de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, da linhagem tailandesa, local e do cruzamento de ambas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 1, p. 125, 2006.

LIASET, B.; ESPE, M. Nutritional composition of soluble and insoluble fractions obtained by enzymatic hydrolysis of fishraw materials. **Process Biochemistry**. p. 42-48. out. 2008.

LIMA, L. K. F. DE. Reaproveitamento de resíduos sólidos na cadeia agroindustrial do pescado. **Embrapa Pesca e Aquicultura**, n. 1, p. 1–28, 2013.

LUND, V. X.; FIGUEIRA, M. L. O. Criação de tilápias. São Paulo: Livraria Nobel, p.63, 1989.
MPA. Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011. Brasil. Ministério da Pesca Aquicultura, Brasília-DF, 129p (2012).

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. 255 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

MARTONE, C.B.; BORLA, O.P.; SÁNCHEZ, J.J. Fishery by-product as a nutrient source for bacteria and archaea growth media. **Bioresource Technology**, v. 96, p. 383-387, 2005.

MASTERS K 1985. **Spray Drying Handbook**. 4. ed. Londres: George Godwin

MASTERS, K. Spray Drying. 6th ed. England: Longman Scientific & Technical and John Wiley & Sons Inc. New York, 2002, 725 p.

MEDINA-TORRES, L. et al. Microencapsulation by spray drying of laurel infusions (*Litsea glaucescens*) with maltodextrin. **Industrial Crops and Products**, v. 90, p. 1–8, 2016.

MISHRA, P.; MISHRA, S.; MAHANTA, C. L. Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (*Emblica officinalis*) juice powder. **Food and Bioproducts Processing**, Rugby, v. 92, n. 3, p. 252-258, jul. 2014

MORAGA, G.; TALENS, P.; MORAGA, M. J.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Implication of water activity and glass transition on the mechanical and optical properties of freeze-dried apple and banana slices. **Journal of Food Engineering, London**, v. 106, p

MUNOZ, A. E. P.; BARROSO, R. M.; RIOS, J. L. O Mercado da Tilápia - 4º trimestre de 2015. **Informativo Mercado da Tilápia - 06**, p. 10, 2016.

MPA. Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011. Brasil. Ministério da Pesca Aquicultura, Brasília-DF, 129p (2012).

MPA - MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. 1º Anuário brasileiro da pesca e aquicultura. **Brasil 2014**, p. 136, 2014.

MURUGESAN, R.; ORSAT, V. *Spray Drying* for the Production of Nutraceutical Ingredients - A Review. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v. 5, n. 1, p. 3-14, jan. 2012.

NASRI, R. et al. ACE inhibitory and antioxidative activities of Goby (*Zosterisessor ophiocephalus*) fish protein hydrolysates: Effect on meat lipid oxidation. **Food Research International**, v. 54, n. 1, p. 552–561, 2013.

NESTERENKO, A.; ALRIC, I.; SILVESTRE, F.; DURRIEU, V. Vegetable proteins in microencapsulation: A review of recent interventions and their effectiveness. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 42, p. 469– 479, mar. 2013a.

NICKELSON II, R; MACCARTHY, S; FINNE, G. **Fish, crustaceans and precooked seafoods. In: Compendium of methods for the microbiological Examinations of Foods**. 4. ed. APHA, 2001. cap. 48, p. 497-505

NONHEBEL G, MOSS AAH 1971. **Drying of Solids in the Chemical Industry. Londres: Butterworths**, p. 253-263.

NUNES, R.; VIANA, A.; SON, C.; BRUM, L.; OLIVEIRA, L.; COSTA, H. Aproveitamento de Resíduos de Pescado na Região dos Lagos: Uma Questão Ambiental. **Revista Saúde, Corpo, Ambiente & Cuidado**, Jan./Mar. 2013.

OCDE/FAO. Brazilian agriculture: prospects and challenges. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015**, p. 61–108, 2015.

OETTERER, M. et al. Uso do gelo é peça-chave na conservação do pescado. p. 134–136, 2010.

OETTERER, M. Industrialização do pescado cultivado. Guaíba, RS, 200p, 2002.

OETTERER, M., REGITANO-D'ARCE, M.A.B., SPOTO, M.H.F. Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Manole, 612p, 2006.

OETTERER, M. Proteínas do pescado- processamentos com intervenção na fração protéica. In: OETTERER, M, REGITANO d'ARCE, M.A.; SPOTO, M.H.F. Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Barueri: Manole, Cap. 3, p. 99- 134, 2006.

OGAWA, M. e DINIZ, F.M. Alterações do pescado pós-morte In: OGAWA, M. & MAIA, E.L. Manual de Pesca: Alterações do pescado pós-morte. São Paulo: Varela, 1999.

OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. Secagem por aspersão (*spray drying*) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, PR, v. 20, n. 4, p. 641-650, ago./set. 2010.

OLIVEIRA, M. S. R.; FRANZEN, F. L.; TERRA, N. N. **Utilização da carne mecanicamente separada de frango para a produção de hidrolisados proteicos a partir de diferentes enzimas proteolíticas**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 35, n. 1, p. 291-302, 2014.

PAIVA, K. C. Utilização de ração a base de sorgo na alimentação de tilápia do nilo (*oreochromis niloticus*) sobre as histomorfológicas viscerais e sensoriais do fi. **Tese (Doutorado – Programa de**

Pós-graduação em Ciências. Área de concentração: Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo., p. 1–122, 2010.

PESSATTI, Marcos Luiz (Coord.). **Aproveitamento dos subprodutos do pescado.** Itajaí: MAPA/UNIVALI, 2001, 27 p.

PITALUA, E.; JIMENEZ, M.; VERNON - CARTER, E. J.; BERISTAIN, C. I. Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice using gum Arabic as wall material. **Food and Bioproducts Processing**, Melbourne, v. 88, p. 253–258, 2010.

PRENTICE, C. et al. Processo de obtenção de um concentrado protéico de resíduos da industrialização do pescado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. 17., 2002, Fortaleza-CE. **Resumos...** Fortaleza: SBCTA, 2002. v. 3, p. 11.106

QUEK SY, CHOK NK, SWEDLUND P 2007. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chem Eng Process* 46: 386-392.

RANKELL AS, LIEBERMAN HÁ, SCHIFFMAN RF 2001. **Secagem.** In: **Lachman L, Lieberman HA, Kanig JL. Teoria e prática na indústria farmacêutica. Vol 1.** Lisboa: **Calouste Gulbenkian**, p. 83-112.

REFSTIE, S.; OLLI, J.J.; STANDAL, H. Feed intake, growth, and protein utilization by post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in response to graded levels of fish protein hydrolysate in the diet. **Aquaculture**. 331-349, 2004.

RODRIGUES, R. A. F. **Preparo, caracterização e avaliação sensorial de microcápsulas obtidas por spray drying, contendo extrato de café crioconcentrado.** 2004. 240 p. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SANTOS EVM 2000. **Extração de matérias-primas vegetais. In: Sharapin N. Fundamentos tecnológicos de produtos fitoterápicos. Bogotá: Andrés Bello, p. 57-60.**

SARDAR, P. et al. Effect of dietary lysine and methionine supplementation on growth, nutrient utilization, carcass compositions and haemato-biochemical status in Indian Major Carp, Rohu (*Labeo rohita* H.) fed soy protein-based diet. **Aquaculture Nutrition**, v. 15, n. 4, p. 339–346, 2009.

SHAW FV 1997. **Spray drying as an alternative granulation technique. In: Parikj DM. Handbook of Pharmaceutical Granulation Technology. Nova York: Marcel Dekker, p. 75-96.**

SEBRAE. **Aquicultura no Brasil: Série estudos mercadológicos.** p. 76, 2015.

SILVA, F.C.; FILHO, C.J.S. Sistemas de análises de riscos e controle de pontos críticos: In: OGAWA, M.; e MAIA, E. L. **Manual de Pesca: Ciência e tecnologia do pescado.** São Paulo. 1999. p.188-200

SILVA JÚNIOR JOC, VIEIRA JLF, BARBOSA WLR, PEREIRA NL 2006. **Caracterização físico-química do extrato fluido e seco por nebulização de *Symphytum officinale* L.** Rev Bras Farmacogn 16(Supl.): 671-677.

SINGH, S.; DIXIT, D. A review on spray drying: emerging technology in food industry. **International Journal of Applied Engineering and Technology**, Jaipur, v. 4, n. 1, p. 1-8, jan./mar. 2014.

FÁVARO-TRINDADE, C.S. et al. Revisão: microencapsulação de ingredientes alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.11, p.103-112, 2008.

TONON RV, BRABET C, HUBINGER, MD 2008. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **J Food Eng** 88: 411-418

VASCONCELOS EAF, MEDEIROS MGF, RAFFIN FN, MOURA TFAL 2005. **Influência da temperatura de secagem e da concentração de Aerosil® 200 nas características dos extratos secos por aspersão da Schinus terebinthifolius Raddi (Anacardiaceae).** Rev Bras Farmacogn 15: 243- 249.

VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A.B. Técnico em alimentos: **Conservação de alimentos.** Escola Técnica Aberta do Brasil (e-Tec brasil). UFRPE/UFRNCODAI, 2010.

YU, S. Y., & TAN, L. K. (1990). Acceptability of crackers with fish protein hydrolysate. *International Journal of Food Science and Technology*, 25, 204–208.

ZAVAREZE, E. R. et al. **Funcionalidade de hidrolisados proteicos de cabrinha (Prionotus punctatus) obtidos a partir de diferentes proteases microbianas.** Química Nova, Rio Grande, v. 32, n. 7, p. 1739-1743, 2009.

