

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

DIGESTIBILIDADE DOS MACRONUTRIENTES E
DISPONIBILIDADE DOS MINERAIS, PELA TILÁPIA DO NILO,
DAS LEVEDURAS ÍNTEGRA E AUTOLISADA

Blanca Stella Pardo Gamboa

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Zootecnia como
parte dos requisitos para a obtenção do
título de Mestre em Zootecnia.

BOTUCATU - SP
Abril - 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

DIGESTIBILIDADE DOS MACRONUTRIENTES E
DISPONIBILIDADE DOS MINERAIS, PELA TILÁPIA DO NILO,
DAS LEVEDURAS ÍNTEGRA E AUTOLISADA

Blanca Stella Pardo Gamboa

Orientador: Prof. Dr. Luiz Edivaldo Pezzato

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Zootecnia como
parte dos requisitos para a obtenção do
título de Mestre em Zootecnia.

BOTUCATU - SP

Abril - 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

P226d Pardo Gamboa, Blanca Stella, 1967-
Digestibilidade dos macronutrientes e disponibilidade dos minerais, pela tilápia do Nilo, das leveduras íntegra e autolisada / Blanca Stella Pardo Gamboa. - Botucatu : [s.n.], 2008.
vii, 58 f.: tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2008

Orientador: Luiz Edivaldo Pezzato
Inclui bibliografia.

1. Tilápia(Peixe). 2. Alimentos - Composição. 3. Nutrição animal. 4. Leveduras (fungos). 5. Minerais na nutrição animal. I. Pezzato, Luiz Edivaldo. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

"Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer"

Albert Einstein (1879-1955)

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha família, especialmente a minha mãe Estrella, meu marido Luis Gabriel e meus dois filhos Ana Maria Carolina e Camilo Andrés, motivo de luta e continua superação. Por seu exemplo de amor, sacrifício, coragem e perseverança, que me incentivam e apóiam para conquistar meus ideais. Por estar comigo em todos os momentos.

Amo vocês.

Agradecimentos

Ao Prof. Luiz Edivaldo Pezzato, pela oportunidade oferecida, orientação, confiança, paciência, ensinamentos e amizade que incrementaram meu crescimento profissional e humano;

À Gobernación de Cundinamarca - Colômbia, por ter me permitido a oportunidade de realizar este curso de pós-graduação e conhecer uma pequena parte de este belo e inesquecível país. Aos colegas e amigos dessa instituição, pelo apoio e estímulo;

Ao Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da UNESP – Campus de Botucatu, pela acolhida e a possibilidade de completar este curso;

Ao Programa PEC-PG e à Embaixada do Brasil na Colômbia pela concessão da bolsa de estudo;

À usina de álcool São Luiz, da localidade de Ourinhos-SP por apoiar economicamente a realização desta pesquisa;

Aos membros das bancas examinadoras professores Dirlei Antonio Berto, João Batista K. Fernandes, Pedro de Magalhães Padilha e Luiz Edivaldo Pezzato pelas valiosas sugestões dadas na ocasião da minha qualificação e defesa, para o aperfeiçoamento deste trabalho;

Aos professores Margarida Maria Barros, Antonio Celso Pezzato e Ricardo de Oliveira Orsi, pela amizade, exemplo, respeito e incentivo constante;

Aos meus colegas do laboratório AquaNutri da FMVZ, Ademir Calvo Fernandes Junior, André Moreira Bordinhon, Caroline Pelegrina Teixeira, Daniel de Magalhães Araújo, Dario Rocha Falcon, Fernando Kojima Nakagome, Geisa Karine Kleemann, Igo Gomes Guimarães, João Fernando Albers Koch, Viviam Gomes dos Santos e Willian Vicente Narvaez Solarte, pela amizade, respeito, e auxílio prestado com meu trabalho;

Ao meu querido esposo Luis Gabriel Quintero Pinto por ter me apoiado e

se mantido ao meu lado em todos os momentos, por contribuir com o desenvolvimento desta pesquisa, pela orientação e paciência;

Ao professor doutor Pedro de Magalhães Padilha do Departamento de Química e Bioquímica do IBB da UNESP-Botucatu, e a sua equipe de trabalho Fabio Arlindo Silva, Renato Ferreira de Casio Neves e Mayra Anton Dib Saleh, pelo apoio com as análises de minerais, pela contribuição com seus comentários técnicos, e pela amizade e confiança depositadas;

Aos funcionários do laboratório de Bromatologia do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da UNESP-Botucatu, Renato Monteiro da Silva, Elaine Cristina N. F. Costa e Conceição Tenore do Carmo pela amizade e o apoio fornecido para realizar as análises bromatológicas requeridas;

Àos funcionários da Seção de Pós-Graduação da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Posto de Serviço - Lageado, Seila Cristina Cassineli Vieira, Carmen Sílvia de Oliveira Polo e Danilo José Teodoro Dias, pela atenção e auxílio prestados;

A todos os demais colegas e amigos, que mesmo não citados, estiveram presentes em minha vida de mestranda e colaboraram com sua amizade, solidariedade e carinho;

A Deus, por acompanhar e iluminar meu caminho, sempre me dando forças para seguir em frente. É por ele que tudo pode ser logrado na existência.

SUMÁRIO

	Página
INTRODUÇÃO GERAL	01
Capítulo – I	03
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	
1. Leveduras: Composição química e valor nutritivo.....	04
2. A levedura como ingrediente alimentar.....	06
3. A levedura na alimentação de peixes.....	08
3.1. A levedura como pronutriente.....	10
3.2. A levedura como fonte de nutrientes.....	15
3.3. Digestibilidade dos nutrientes das leveduras em peixes.....	17
4. REFERÊNCIAS.....	19
Capítulo – II	28
Nutrientes Digestíveis da Levedura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) Integra e Autolisada para a Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	
Resumo.....	29
Abstract.....	30
Introdução.....	30
Material e Métodos.....	32
Resultados e Discussão.....	35
<i>Composição centesimal e nutricional da levedura.....</i>	<i>36</i>
<i>Digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta e disponibilidade dos minerais da levedura.....</i>	<i>42</i>
<i>Nutrientes digestíveis e energia das leveduras íntegra e autolisada.....</i>	<i>44</i>
Conclusões.....	47
LITERATURA CITADA.....	48
Capítulo – III	52
Implicações	53

Apêndice 55

SUMÁRIO

Tabelas	Página
Capítulo – II	
Tabela 1. Formulação e composição química – bromatológica das rações experimentais (base na matéria natural).....	34
Tabela 2. Composição centesimal e de energia bruta (base na matéria seca) da levedura íntegra (LI) e da levedura autolisada (LA).....	37
Tabela 3. Composição mineral (base na matéria seca) da levedura íntegra (LI) e da levedura autolisada (LA).....	40
Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) para matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB), e minerais da levedura íntegra (LI) e da levedura autolisada (LA) pela tilápia do Nilo.....	43
Tabela 5. Valores digestíveis para matéria seca, proteína e energia, e minerais disponíveis da levedura íntegra e da levedura autolisada pela tilápia do Nilo (base na matéria seca).....	46
Apêndice	
Tabela I. Composição centesimal e de energia bruta e valores digestíveis da levedura íntegra (LI) e da levedura autolisada (LA) de álcool e de cervejaria.....	56
Tabela II. Composição mineral da levedura íntegra (LI) e da levedura autolisada (LA) de álcool e de cervejaria.....	57
Tabela III. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) para matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) da levedura íntegra (LI) e da levedura autolisada (LA) pela tilápia do Nilo.....	58

INTRODUÇÃO GERAL

O ritmo de crescimento sustentado da aquicultura mundial permitirá atingir as previsões de produção de 53 milhões de toneladas para 2010 (FAO, 2007). A maior proporção da produção aquícola mundial procede de massas de água doce, com participação de 56,6% em quantidade, sendo que em 2004 a tilapicultura representou 7,4% da produção total das espécies cultivadas em água doce com índice de crescimento anual do 10,9% (FAO, 2005; 2007). Na América Latina, as tilápias são o grupo mais representativo da aquicultura continental em águas tropicais, sendo o Brasil o primeiro produtor nessa região e o sexto país do mundo com volumes reportados de 42.000 TM em 2002 (El Sayed, 2006).

A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é a espécie desse grupo mais amplamente cultivada comercialmente em diferentes sistemas de criação, principalmente intensivos e semi-intensivos, aproveitando sua tolerância a altas densidades, resistência às condições ambientais adversas, crescimento acelerado e resistência às doenças infecciosas (Escobar et al., 2006). Os sistemas de alimentação nas produções intensivas exigem dietas de alta qualidade nutricional e a inclusão de alternativas alimentícias que otimizem os recursos e diminuam os custos de produção, além de prevenir as doenças e servirem como promotores do crescimento, imunoestimulantes e anti-estresantes.

Estudos recentes procuram utilizar microorganismos e seus derivados, em forma ativa ou inativa, os quais além de servirem como fontes de nutriente da ração, atuam com os demais nutrientes da dieta potencializando a sua ação como pronutriente, probiótico e imunoestimulante (Gatesoupe, 2007). Nesse grupo de microorganismos podem-se incluir as leveduras provenientes da indústria alcooleira e seus derivados de processamento, preconizadas para compor rações para diferentes espécies animais incluindo os organismos aquáticos.

O Brasil é o maior produtor mundial de açúcar e o segundo produtor mundial de etanol (Lins & Saavedra, 2007). O país responde hoje por aproximadamente 35% da produção mundial de etanol e é o maior exportador de açúcar. Segundo estes autores, a indústria sucroalcooleira na safra 2006 – 2007 processou 457.980.000 toneladas de cana, produzindo 17.909.822 m³ de álcool e 30.629.827 toneladas de açúcar, aproximadamente. Considerando a média de rendimento de biomassa de levedura equivalente a 2,0% da produção de álcool, pode-se inferir uma produção nacional de 358.196 toneladas de levedura na safra, 2006-2007.

Entre os nutrientes presentes na levedura desidratada destacam-se os altos teores de proteína e seu balanço de aminoácidos, as vitaminas do complexo B, enzimas, ácidos graxos voláteis, minerais (principalmente fósforo, potássio, cálcio, magnésio, selênio e zinco); também são de considerável interesse a presença de fatores de crescimento como estimulantes bacterianos e antibióticos naturais, altos níveis de alguns aminoácidos, glutamatos, nucleotídeos e peptídeos, que proporcionam maior palatabilidade ao alimento e melhor desempenho e resistência ao animal.

Trabalhos realizados por Baccharin & Pezzato (2001), Hisano, et al. (2004), Pezzato et al. (2004; 2006), Hisano et al. (2007) e Signor (2007) têm avaliado o valor biológico da levedura *Saccharomyces cerevisiae* na alimentação da tilápia-do-Nilo, determinando a sua composição e digestibilidade de macronutrientes, energia e aminoácidos, além de níveis de inclusão nas rações para sua utilização como nutriente e como pronutriente.

Nessa seqüência o presente trabalho tem como objetivo caracterizar a composição centesimal e determinar, pela tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), o valor nutritivo da levedura desidratada (*Saccharomyces cerevisiae*) íntegra e autolisada, por meio dos valores digestíveis de alguns de seus nutrientes e, a disponibilidade de seus minerais.

Capítulo - I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Leveduras: Composição química e valor nutritivo

As leveduras são fungos unicelulares pertencentes à classe Ascomycetos, apresentam tamanhos variáveis e reprodução sexuada ou assexuada por brotamento ou cissiparidade. São cosmopolitas e estão amplamente distribuídas, sendo encontradas no solo, na superfície de folhas, frutos e no trato gastrintestinal dos animais (Hisano, 2005). Estes microrganismos, principalmente do gênero *Saccharomyces*, são cultivados em destilarias para produção de etanol (álcool combustível). São também cultivadas a partir do melão da cana de açúcar para a fabricação de pães. Assim, são de extrema importância para a produção de álcool (álcool combustível e bebidas alcoólicas), além de outros produtos de grande interesse industrial para a saúde e alimentação animal.

A biomassa de levedura (*Saccharomyces sp.*) ativa tem sido utilizada no Brasil como agente de fermentação em três importantes setores industriais: usinas de açúcar e álcool, no setor cervejeiro, e na indústria de panificação. Já na forma inativa, essa levedura é usada na alimentação animal como fonte de proteína e outros nutrientes, e na alimentação humana principalmente na forma de derivados, como complemento nutritivo, aromatizante e realçador de sabor (Yamada et al., 2003).

Após ter sido utilizada para a fermentação do substrato e produção do vinho, a levedura é recuperada por centrifugação. Esta se apresenta como extrato seco em pó, resultante da recuperação do leite de levedura ou do fundo de dornas de fermentação alcoólica (Ghiraldini & Rossel, 1997). Sua composição química depende da linhagem, natureza do substrato utilizado, concentração de sais no meio, condições de fermentação, processamento de secagem e armazenamento (Lahr et al., 1996).

Os principais métodos industriais de secagem das leveduras são: uso de rolos rotativos e o método *spray dry*. Atualmente a levedura de recuperação de vinhaça somente é obtida pelo método de rolos rotativos. Assim mesmo, as destilarias dão preferência ao sistema *spray dry*, pois nesse processo o menor tempo necessário para secagem e a temperatura máxima utilizada resultam em produto de melhor qualidade nutricional. A levedura, por esse processo, apresenta

maior uniformidade, melhor granulometria e padrão de cor, menor teor de umidade e, principalmente, melhor valor nutricional (Furco, 1996).

A levedura se destaca por conter alto teor de lisina (Miyada, 1987; Scapinello et al., 1997), considerado o primeiro aminoácido limitante ao crescimento dos peixes e, de leucina e valina (Miyada, 1987). Entretanto, a levedura se mostra deficiente em aminoácidos sulfurados (Miyada, 1987; Furuya et al., 2000).

Segundo Pezzato et al. (2006), a levedura íntegra, a levedura autolisada e a parede celular da levedura, apresentaram, respectivamente, 33,65; 34,44 e 34,82% de proteína bruta e, 4170, 4169 e 4310 kcal EB/kg. Hisano (2005) apresentou o perfil de aminoácidos (% da proteína) da levedura íntegra, levedura autolisada e da parede celular da levedura, como sendo: lisina = 8,85; 7,93 e 8,76%, leucina = 8,66; 7,69 e 8,61%, valina = 7,83; 6,15 e 7,43%, ácido aspártico = 13,04; 12,51 e 13,21%, ácido glutâmico = 13,34; 13,07 e 14,07%, respectivamente.

As leveduras apresentam em sua composição química básica: de 33,0 a 46,0% de carboidratos, 38,0 a 50,0% de proteínas, 3,0% de bases nitrogenadas, 1,0% de amônia, 2,0% de lipídios e esteróis, 6,0 a 8,0% de nitrogênio (Horii, 1997) e, de 5,0 a 10,0% de minerais, sendo o potássio e o fósforo seus principais componentes, além de cálcio, magnésio, sódio e enxofre na forma de sulfitos (Cozzolino, 1982).

A levedura contém elevado teor de nitrogênio não protéico (20,0 a 30,0% do nitrogênio total) representado basicamente por ácidos nucleicos (8,0 a 12,0% do nitrogênio total); em relação ao seu nível de lipídios (2,0 a 7,0%) varia em função do substrato utilizado para o crescimento (Butolo, 1997). É rica, ainda, em vitaminas do complexo B, especialmente tiamina, riboflavina, niacina e ácido pantotênico e, em ergosterol, o que a torna excelente fonte de vitamina D (Yousri, 1982).

As leveduras, segundo Assis (1996) e Mac William (1970), apresentam razoável conteúdo de enzimas (invertases, lactases, melibiases, glucanases, proteases, fosfatases, fosfolipases), as quais agem tanto no anabolismo como no catabolismo de substâncias nutrientes (Ponezi & Serra, 1996; Assis, 1996). Algumas destas enzimas estão ligadas na parede celular e auxiliam no transporte de nutrientes para o citoplasma (Mac William, 1970 e Assis, 1996).

A parede celular da levedura é bastante espessa e pode representar de 15,0 a 30,0% da matéria seca total, da qual 60,0 a 90,0% são polissacarídeos, na sua maioria glucanos e fosfomananos (Rose, 1993). Liu et al. (2008) testando um

processo de isolamento de β -D-glucanas a partir da hidrólise induzida da levedura *S. cerevisiae* procedente da indústria de cervejaria, determinou que a parede celular é constituída por 89,76% de carboidratos (84,0% de β -D-glucanas e 1,67% de mananos), 4,30% para proteína bruta, 2,68% de lipídeos e 3,95% de cinzas.

Para Hough (1990), o glucano e o manano estão complexados com proteínas. O glucano representa o componente estrutural mais abundante e se localiza na parte interna da parede e o manano se localiza na parte externa. Esses dois polissacarídeos parecem apresentar propriedades antioxidantes (Krisková et al., 2001) e estimulam a eficiência do sistema imune dos animais, efeitos que resultam em melhoras no seu desempenho produtivo (Signor, 2007).

O fracionamento da célula íntegra e posterior isolamento de componentes derivados do processamento foram descritos por Sgarbieri et al. (1999) para levedura de cerveja e utilizado posteriormente por Yamada et al. (2003) para levedura de cana de açúcar. Este processo se baseia na autólise celular, centrifugação e separação das frações solúvel (extrato bruto) e insolúvel (parede celular). A levedura autolisada inclui o conteúdo da célula lisada, abrangendo os componentes hidrossolúveis, as proteínas solúveis e a parede celular. Para obtenção do extrato de levedura é necessária a separação da parede celular por meio de centrifugação (Sgarbieri et al., 1999), podendo ser classificados como hidrolisados e plasmolisados (Dziezak, 1987).

Alguns microrganismos têm a propriedade de adsorver na superfície celular alguns metais potencialmente tóxicos. Os fungos e as leveduras apresentam maior tolerância aos metais tóxicos, podendo se desenvolver em meios com altas concentrações desses elementos (Blumer, 2002). Essa característica tem sido explorada no sentido de desintoxicar efluentes industriais, no processo de reciclagem desses minerais e, ainda, no tratamento de águas poluídas. Recentemente, segundo Blumer (2002), essa propriedade se aplica para o enriquecimento da biomassa da levedura com minerais úteis à nutrição, dentre estes o ferro, selênio, cobre ou zinco.

2. A levedura como ingrediente alimentar

A levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) pode ser considerada fonte alimentar para o homem, embora deva ser restrito seu consumo, pois alto nível de ingestão dietária pode acarretar problemas gastrintestinais (náusea, vômitos e diarréia e, ocasionalmente, reações alergênicas cutâneas). Entretanto, a presença de leveduras em dietas para animais reporta, quando incluídas em níveis adequados,

benefícios ao desempenho produtivo e a ocorrência de sinergismo com outros nutrientes da dieta.

A partir da produção industrial de álcool de cana de açúcar se disponibilizou no mercado pecuário quantidade significativa de leveduras frescas, secas e de seus derivados. Em função de suas propriedades nutricionais e composição química, tais produtos têm despertado o interesse no seu aproveitamento. Deve-se destacar, ainda, que as leveduras e seu conteúdo celular são utilizados em dietas para os animais, principalmente por sua característica de melhorar o sabor dos alimentos e estimular o sistema imune.

Em extensa revisão sobre o uso de leveduras vivas na nutrição de bovinos, Alvin et al. (2007) relataram que as pesquisas apresentam resultados contraditórios, em relação à ingestão de matéria seca, produção e composição de leite, ganho de peso, digestão de nutrientes, alterações de concentração de amônia e ácidos graxos voláteis. Entretanto, os autores citados por Alvin et al. (2007), foram unânimes quanto à redução do teor de lactato, aumento no número de microrganismos e estabilidade do pH do rúmen. Nessa revisão se destaca, ainda, que a levedura viva proporcionou maior ingestão de matéria seca e melhora do ambiente ruminal, principalmente em dietas com altos teores de concentrados; sendo seu uso mais indicado para animais jovens por agir como probiótico no intestino delgado. Para animais de engorda o seu uso não mostrou resultados favoráveis.

Em relação ao desempenho produtivo de aves e suínos, o uso de leveduras na alimentação tem mostrado resultados não conclusivos. Essas inconsistências podem ser explicadas dadas às diferenças nas pesquisas e seus objetivos; enquanto alguns pesquisadores testam níveis de inclusão como fonte substituta de proteína, outros tentam revelar sua qualidade pronutriente ou estimulante do sistema imune.

Pesquisa desenvolvida com frangos de corte por Miazzo et al. (2005), em que utilizaram níveis crescentes de levedura de cerveja para substituir o núcleo vitamínico e mineral, demonstraram que a inclusão de 0,3% de levedura na dieta substituiu 67,0% do suplemento vitamínico e mineral. Miazzo et al. (2005) observaram, ainda, que houve melhora no desempenho produtivo e na qualidade da carcaça das aves (menor deposição de gordura abdominal e maior rendimento de peito e coxa).

Resultado semelhante também foi observado em frangos de corte por Grigoletti et al. (2002), quando utilizaram a levedura como substituto parcial de antibióticos nas dietas. Estes autores concluíram que as leveduras podem substituir

os antibióticos, sem prejuízos ao ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e índice de eficiência produtivo.

A inclusão da levedura como ingrediente alternativo na formulação de rações para frango de corte foi testada por Araújo et al. (2001). Estes autores observaram que a inclusão de até 7,5% de levedura na ração de frangos não foi prejudicial ao desempenho produtivo das aves. Nesse sentido, Brito et al. (2003) concluíram que níveis na ração de até 10,0% de levedura, não comprometeram o desempenho dos frangos até os 21 dias de idade. Entretanto, na fase de engorda, a presença de 10,0% de levedura comprometeu o ganho de peso e a conversão alimentar.

A indústria suinícola também tem buscado alimentos alternativos aos ingredientes tradicionais para as dietas. Nesse sentido, pesquisa realizada com leitões por Araújo et al. (2006) demonstraram que a inclusão na dieta de até 15,0% de levedura, como substituto do farelo de soja, não comprometeu o desempenho produtivo e não modificou as características morfológicas (altura das vilosidades e a profundidade das criptas) da parede intestinal dos animais.

Entretanto, Moreira et al. (2002) suplementando rações para suínos com níveis crescentes de levedura, concluíram que pode ser utilizada até o nível de 21% nas rações, nas fases de crescimento e terminação, sem prejudicar o ganho de peso.

Os produtos derivados das leveduras têm mostrado eficácia para reduzir o conteúdo de bactérias do trato gastrintestinal, neutralizando as patogênicas (Mavromichalis & Paton, 2004). Esses produtos têm sido testados especialmente em leitões em esquemas de produção onde o uso de antimicrobianos é restrito como agente terapêutico. A inclusão de 0,2 e 0,1%, respectivamente, em dietas de gestação e lactação melhorou o crescimento e reduziu a mortalidade dos leitões ao incrementar a concentração de imunoglobulinas no colostro (O'Quin et al., 2001; Newman & Newman, 2001).

3. A levedura na alimentação de peixes

As leveduras são microorganismos onipresentes disseminados pelos animais, pelo ar e pela água e se desenvolvem em ambientes onde os substratos orgânicos estão disponíveis. Sua presença tem sido observada em intestinos de peixes silvestres e, em menor frequência, em animais confinados.

A levedura é comumente usada em aquicultura como alimento vivo, ou depois de processada, como ingrediente alimentar (Stones & Mills, 2004). Alguns extratos, como os β -glucanos, são usados como immuno-estimulantes e, mais

recentemente, as leveduras vivas têm sido propostas como probióticos (Gatesoupe, 2007).

O intestino dos peixes parece ser um nicho ocasional para colonização das leveduras e o risco de invasão prejudicial parece baixo, desde que estes peixes sejam criados em condições adequadas. Os aspectos mais relevantes da aplicação das leveduras na alimentação de peixes e sua relação com a microbiota intestinal foram revisados por Gatesoupe (2007). Esse pesquisador afirmou que a levedura pode ser considerada comensal no intestino dos peixes e, portanto, possíveis benefícios podem ser esperados para o sistema imune e digestório desse hospedeiro.

Algumas leveduras têm sido isoladas no trato gastrintestinal dos peixes, e, às vezes, altas densidades de população podem ser encontradas em animais saudáveis, sendo variáveis o número de colônias e a diversidade taxonômica. Por exemplo, embora a *Rhodotorula* sp. seja relativamente freqüente em peixes marinhos e de água doce e a *Debaryomyces hansenii* em truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), também foram descritas a *Metschnikowia zobellii*, *Trichosporon cutaneum* e *Candida tropicalis* em peixes marinhos, a *Candida* sp, *Saccharomyces cerevisiae* e a *Leucosporidium* sp. em truta arco-íris.

A proliferação natural de leveduras em mucos de peixes pode ser geralmente considerada como comensalismo, apesar de existirem alguns casos de infecções patológicas principalmente pela presença de cepas oportunistas (Gatesoupe, 2007). Da mesma forma várias cepas habitam e se desenvolvem no intestino de peixes, após sua introdução experimental, particularmente *S. cerevisiae* e *D. hansenii* em truta arco-íris. Segundo Gatesoupe (2007), embora existam relatos da competição entre as leveduras no intestino de peixes, faltam informações da ação associada das leveduras às bactérias.

Para aumentar a presença de leveduras no sistema gastrintestinal dos peixes, deve-se favorecer o desenvolvimento de leveduras nativas ou introduzi-las com a dieta. Nesse sentido, alguns probióticos podem estimular o crescimento e a atividade das leveduras (Mitterdorfer et al., 2001). Nem sempre é necessária a colonização intestinal, pois o efeito probiótico das leveduras estimula o crescimento e atividade de alguns microrganismos nativos (Aubin et al., 2005; Gatesoupe, 2007). O maior tempo de trânsito intestinal, como nas tilápias que apresentam intestinos mais longos, pode ser suficiente para o uso e atividade das leveduras vivas.

Por outro lado, a levedura e seus derivados apresentam teores importantes de macro e micro nutrientes. Seu conteúdo de vitaminas, enzimas e compostos

como glucanas e mananas, que em conjunto ao se combinar com os demais ingredientes, conferem alta disponibilidade e valor biológico ao alimento (Hisano et al., 2004). Desta forma as leveduras se apresentam como possíveis substitutos de fontes tradicionais de proteína na formulação de rações para peixes e, além disso, esses produtos e seus derivados podem ser utilizados em menores percentagens como palatilizantes e/ou imunoestimulantes (Hisano, 2005; Gaiotto, 2005; Heirich et al., 2006; Villareal et al., 2006; Pezzato et al., 2006; Gatesoupe, 2007).

Existem leveduras que se apresentam como parasitas em peixes como é o caso da *Exophiala* spp. (Aderman, 1982; Reuter et al., 2003). Assim, são reportadas algumas alterações causadas por leveduras, como é o caso da *Metschnikowia bicuspidata* var. *bicuspidata* em alevinos de salmão *Oncorhynchus tshawytscha* (Moore & Strom, 2003), *Candida* spp. em salmão (*Oncorhynchus tshawytscha*) e em *gilthead sea bream*, embora este gênero tenha sido reportado em trutas saudáveis (Sakata et al., 1993; Gatesoupe et al., 2005). É importante destacar que as colonizações por leveduras patogênicas são favorecidas pelo estado imunossuprimido dos hospedeiros, pelas condições ambientais desfavoráveis ou aparecem como hospedeiros oportunistas nos peixes doentes (Gatesoupe, 2007).

3.1. A levedura como pronutriente

Alguns produtos utilizados na alimentação animal podem ser considerados pronutrientes, dado que atuam de forma favorável aumentando a eficiência e a disponibilidade dos nutrientes da ração (Hisano et al., 2004). As leveduras apresentam importantes propriedades funcionais tornando-as excelente fonte alternativa de nutrientes para peixes (Hisano, 2005). Esses alimentos, quando utilizadas como pronutrientes, melhoram o desempenho produtivo, a saúde e as respostas imunes dos animais (Li & Gatlin-III, 2003; Li & Gatlin-III, 2004; Hisano et al., 2004; Hisano, 2005). Especificamente a *S. cerevisiae* tem grande valor industrial e comercial, especialmente, por apresentar parede celular resistente à ação das enzimas digestivas e alto conteúdo de ácidos nucléicos. Sua utilização torna-se limitante como única fonte protéica na nutrição de aves e suínos (Butolo, 2001; Pezzato et al., 2004). Os trabalhos referentes ao aproveitamento das leveduras pelas diferentes espécies animais aquáticas ainda são não conclusivos.

Em pesquisa realizada por Hisano et al. (2007) com alevinos de tilápia do Nilo (peso inicial de $2,22 \pm 0,07$ g) alimentados com dietas práticas suplementadas com a levedura íntegra, a levedura autolisada ou a parede celular. Estes autores observaram que esses produtos melhoram o desempenho produtivo, sem

alterações na composição do músculo, proporcionando melhor desempenho quando da inclusão de levedura autolisada em níveis entre 1,30 e 1,59%.

Hisano et al. (2004) estudaram a levedura desidratada e o zinco (óxido de zinco) em diferentes níveis na ração, objetivando avaliar o efeito pronutriente para alevinos de tilápia do Nilo. Concluíram que a levedura (1,0%) e o zinco (300 mg/kg) proporcionaram os melhores índices de desempenho produtivo e de digestibilidade dos alimentos aos alevinos e que existe interação positiva entre a levedura e o zinco para o ganho de peso, conversão alimentar e digestibilidade aparente da matéria seca, lipídeos e energia.

Li & Gatlin III (2003) observaram com o Striped bass (*Morone chrysops x M. saxatilis*), melhores respostas de ganho de peso, eficiência alimentar, sobrevivência e resistência a doenças, quando as dietas continham de 1,0 a 4,0% de levedura. De forma semelhante, Barnes et al. (2006) encontraram respostas zootécnicas significativamente melhores quando suplementaram as dietas de larvas de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) com até 0,25 g de levedura/ kg de ração. Entretanto, contrariando estes resultados, Li et al. (2005) suplementaram as dietas da corvina (*Sciaenops ocellatus*) com levedura, nucleotídeos ou sua combinação e, não observaram melhor desempenho produtivo.

A aquicultura moderna tem empregado ampla variedade de organismos aquáticos para obtenção de proteína de alta qualidade para alimentação humana. Dentre estes, a tilápia do Nilo se apresenta como uma das espécies mais utilizadas em sistemas intensivos. Tal processo submete os peixes à tensão de estresse, o que torna os animais susceptíveis aos agressores oportunistas que deprimem seu sistema imune (Lara et al., 2003).

Para contornar esse problema, segundo Lara et al. (2003), recomenda-se o uso de suplementos alimentícios que sejam capazes de melhorar a resistência dos peixes às enfermidades. Algumas dessas substâncias também atuam como promotores de crescimento, como no caso de hormônios, antibióticos e ionóforos. Entretanto, seu uso indiscriminado pode ocasionar efeitos adversos ao ambiente, ao animal e ao consumidor. Atualmente, existem alguns aditivos alternativos, como exemplo alguns microorganismos denominados probióticos. Segundo Lara et al. (2003), estes atuam sob mecanismo de exclusão competitiva com o microorganismo indesejável e, em sinergismo nutricional, melhorando o desempenho zootécnico dos animais.

Recentemente, tem sido atribuída às leveduras a característica de ação probiótica, pelos seus efeitos sinérgicos com as bactérias benéficas. Taoka et al. (2006) confirmaram que probióticos a base de *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus*

subtilis, *Lactobacillus acidophilus* e *Clostridium butyricum* (Alchem Poseidon®; Alchem-Korea Co. Ltda., Wonju, Korea) estimularam a resposta imune em tilápia do Nilo, embora a importância específica da levedura não tenha sido demonstrada.

As leveduras podem constituir parte significativa da microbiota intestinal de peixes. O volume da célula de levedura de cervejaria é de 200 a 300 μm^3 (Cahill et al., 1999). Assim, um número aparentemente desprezível de unidades formadoras de colônia (UFC) corresponde a uma população suficiente para agir no hospedeiro. Por exemplo, a levedura *Debaryomyces hansenii* agiu de forma eficiente em larvas de lubina europeia, numa concentração de 10^4 UFC/g corporal (Tovar-Ramírez et al., 2002), considerando que as contagens de bactérias podem variar de 10^7 a 10^9 UFC/g corporal (Gatesoupe et al., 1997).

Duas cepas de *Saccharomyces cerevisiae* foram testadas como probióticos por 30 dias para pós-larvas de truta arco íris (*Onchorynchus mykiss*), por Waché et al. (2006), introduzindo separadamente as colônias nos alimentos teste, numa concentração de 10^6 UFC/g de alimento. Os autores verificaram que o pico máximo de colonização das leveduras e das bactérias associadas ao intestino se apresentou dez dias após início da alimentação, que os efeitos benéficos são dependentes das condições ambientais e que, aparentemente, houve maturidade precoce do sistema digestório nos peixes cujas dietas continham a *S. cerevisiae* var. *boulardii*.

Por sua característica probiótica de acelerar o desenvolvimento do trato digestório, as leveduras vivas têm sido utilizadas na alimentação inicial (fase larval) de diferentes espécies de peixes marinhos e de água doce. Algumas leveduras se aderem ao muco e/ou ao epitélio intestinal, colonizando-o e, nessas condições, auxilia na produção de poliaminas, vitaminas do complexo B e enzimas digestivas (Vázquez-Juárez et al., 1997; Andlid, 1998; Tovar et al., 2000; 2002 e 2004). A habilidade das leveduras em colonizar o intestino de peixes (*Oncorhynchus mykiss* e *Scophthalmus maximus*) foi constatada por Andlid et al. (1995). Essa colonização se apresenta máxima já no primeiro mês de alimentação, estando presente em números altos no intestino após cinco meses (Gatesoupe et al., 2005).

As poliaminas são moléculas presentes em todas as células vivas e são necessárias nos tecidos para crescimento e proliferação celular (Bardócz et al., 1993). Estas têm sido utilizadas para induzir o desenvolvimento do trato digestório (pâncreas, fígado e intestino) de mamíferos (Buts et al., 1993; 1994) e de peixes (Peres et al., 1997). A suplementação com 0,33% de espermina nas fases larvais de lubina (*Dicentrarchus labrax*) aumentou a sobrevivência dos peixes em até 33,0% (Péres et al., 1997).

Pesquisas demonstraram que leveduras vivas em dietas melhoraram a

maturação de intestino em larvas de peixes. Nesse sentido, Tovar et al. (2000) testaram diferentes cepas de leveduras para a produção de poliaminas (putrescina, espermidina e espermina) em larvas de lubina europeia (*Dicentrarchus labrax*) e cabrilla areneira (*Paralabrax maculatofasciatus*), observando que a *Debaryomyces hansenii* e a *Saccharomyces cerevisiae* produziram maior quantidade de espermidina e espermina e, apresentaram melhor capacidade de adesão ao intestino das larvas de peixes. Esses peixes apresentaram taxa de sobrevivência 8,3% superior e aceleração da maturação do sistema digestório (de 42 para 27 dias).

Resultados semelhantes foram obtidos por Tovar et al. (2004), quando suplementaram com levedura viva (1,1%) dietas para larvas de lubina e observaram melhora de 10,0% na sobrevivência, ganho de peso duas vezes maior e taxa de deformidades 13,0% menor. Esses autores atribuíram tais resultados às poliaminas secretadas pelas leveduras no lume intestinal das larvas de peixes.

A levedura pode estimular o metabolismo e o crescimento, também de peixes adultos, sugerindo que esta se apresenta como bom promotor de crescimento. Lara et al. (2003) avaliaram o efeito probiótico da levedura em tilápia do Nilo e concluíram que a inclusão de 0,1% de levedura à ração melhorou o crescimento e a taxa de eficiência alimentar dos peixes submetidos ou não a estresse.

Depois da colonização do intestino dos peixes, as leveduras podem competir com outros microorganismos produzindo proteases e sideróforos extracelulares ligados a lactoferrinas, que indisponibilizam o ferro para outros microorganismos (Vázquez-Juárez et al., 1993). Segundo Alderman (1982), Llorente et al. (1997), Marquina et al. (2001) e Schmitt & Breinig (2002), as leveduras atuam como controladores biológicos de fungos patogênicos em peixes produzindo toxinas específicas. Além disso, as leveduras podem apresentar exclusão competitiva entre elas. Nesse sentido, Andlid et al. (1995) demonstraram, em pesquisa feita com truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), que a *Saccharomyces cerevisiae* pode ser excluída de maneira competitiva pela levedura *Debaryomyces hansenii* HF1. As leveduras podem ser, antagônicas às bactérias entero-patogênicas por mecanismo de adesão celular ou pela secreção de proteases que inibem toxinas (Gedek, 1999; Castagliuolo et al., 1999; Waché et al., 2006).

Li & Gatlin III (2004) relataram o efeito probiótico da levedura quando suplementaram o produto comercial Grobiotic™ (levedura parcialmente autolisada + produtos fermentados) e levedura autolisada (Brewtech®), nas dietas de híbridos

de Striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). Observaram melhores resultados de desempenho produtivo e maior sobrevivência dos animais.

A maioria das pesquisas tem sido realizada com a finalidade de uso das leveduras como fonte protéica nas dietas dos animais. Entretanto, as leveduras são empregadas, atualmente, com níveis menores de inclusão nos alimentos dos animais como fonte de enzimas, glucanos, mananos, ácidos nucléicos e minerais (Krisková et al., 2001; Gaiotto, 2005; Hisano, 2005; Heirich et al., 2006; Pezzato et al., 2006; Villareal et al., 2006; Watanabe, 2006).

As leveduras vivas, secas íntegras, autolisadas ou seus componentes de parede celular, podem estimular a resposta imune nos peixes (Gatesoupe, 2007). Podem mitigar os efeitos do estresse em diferentes espécies de peixes, conforme demonstrado em dourada (*Sparus aurata*) por Ortuño et al. (2002), em *Morone chrysops* x *M. saxatilis* por Li & Gatlin, 2003, em tilápias (*Oreochromis niloticus*) por Hisano et al. (2004).

Entretanto, segundo Sakai (1999), Hisano (2005) e Gatesoupe (2007), os β -glucanos são os componentes pronutrientes mais importantes presentes nas leveduras. Nesse sentido, Sakai et al. (2001), Ortuño et al. (2002) e Li & Gatlin (2004) sugeriram que a resposta imune em peixes, se deve à presença de componentes da parede celular da levedura, tais como os glucanos, mananoproteínas, ácidos nucléicos e quitina. Burrels et al. (2001) avaliaram a inclusão de 0,03% de nucleotídeo exógeno em dietas para salmonídeos e observaram que os peixes mostraram melhor resistência a doenças e infecções provocadas por bactérias, vírus e parasitas.

Ambas as respostas imunológicas, celular e humoral, têm sido induzidas por meio da levedura dietética, dependendo das condições experimentais. Outros benefícios podem ser esperados como a maturação adiantada do sistema digestivo em alevinos e a estimulação do metabolismo e crescimento de animais jovens. Tais efeitos benéficos precisam ser investigados em casos de colonização natural ou após introdução dietética da levedura, assim como também resolver a questão do modo de ação e determinar se a viabilidade celular é uma condição prévia para a eficácia (Gatesoupe, 2007).

Com o objetivo de prevenir o efeito do estresse em peixes, Jeney et al. (1997) suplementaram com glucanos (0,0; 0,1; 0,5 e 1,0%) a dieta de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Os resultados demonstraram que baixas doses de glucano administradas semanas antes do transporte, podem prevenir os efeitos negativos do estresse. Estes autores também destacaram que altas doses podem ter efeitos imunosupresores após estresse.

3.2. A levedura como fonte de nutrientes

Durante muitos anos a levedura desidratada foi difundida como fonte alternativa de proteína e de vitaminas para a alimentação animal.

Entre os nutrientes presentes na levedura, se destacam os altos teores de proteína e seu balanço de aminoácidos, as vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina, niacina e ácido pantotênico), enzimas (fitase e outras enzimas digestivas), ácidos graxos voláteis (ácido láctico e isoácidos) e quelatados metálicos (zinco e magnésio); destaca-se, ainda, a presença de fatores de crescimento (estimulantes bacterianos e antibióticos naturais), altos níveis de aminoácidos, nucleotídeos e peptídeos que proporcionam maior palatabilidade ao alimento e melhor desempenho e resistência ao animal (Machado, 1997; Furuya et al., 2000; Hisano, 2005; Signor, 2007).

Diversos trabalhos científicos têm relatado o potencial de utilização da levedura na substituição das fontes protéicas em dietas para peixes.

Em pesquisa realizada por Medri et al. (2000), com alevinos de tilápia do Nilo, com peso inicial de $1,25 \pm 0,14$ g, durante 11 meses, não foram encontrados efeitos prejudiciais ao desempenho produtivo, quando da inclusão máxima de 30,0% de levedura na ração. Melhor desempenho produtivo de alevinos da tilápia do Nilo foi observado por Meurer et al. (2000), quando adicionaram níveis de até 6,0% de levedura *spray-dried* na ração. Entretanto, Olvera-Novoa et al. (2002) observaram melhor desenvolvimento de larvas de tilápia mossambica (*Oreochromis mossambicus*) quando incluíram até 30,0% de levedura torula (*Cândida utilis*) na dieta. Verificaram, ainda, maior deposição de proteína, lipídeos e minerais na carcaça desses peixes.

Carvalho et al. (2002) avaliaram a levedura íntegra, a levedura autolisada e a parede celular como substitutos de 25,0% da proteína bruta em dietas (28,0% PB e 2900 kcal ED/Kg) para juvenis de tilápia do Nilo. Os autores encontraram as melhores respostas para ganho de peso, consumo de ração e taxa de crescimento específico com a parede celular.

Watanabe (2006) observou melhor conversão alimentar, taxa de eficiência protéica e crescimento específico e menor consumo de ração em juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) quando da inclusão de levedura íntegra, autolisada e parede celular.

Em pesquisa desenvolvida com truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), Rumsey et al. (1991) observaram que a inclusão de 25,0% de levedura melhorou o ganho de peso dos peixes e, que níveis superiores prejudicaram o ganho de peso, a

ingestão alimentar e a eficiência protéica. Segundo Oliva & Gonçalves (2001), as leveduras podem substituir até 50,0% da proteína da farinha de peixe em dietas para lubina europeia (*Dicentrarchus labrax*), sem que haja efeitos deletérios ao desempenho dos animais.

De forma semelhante, Li & Gatlin III (2003) suplementaram com 4,0% de levedura (*S. cerevisiae*) a ração do híbrido Striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) e observaram melhor ganho de peso, taxa de eficiência alimentar e sobrevivência. O fornecimento, por período relativamente longo, não provocou imunossupressão e melhorou a resposta imune e resistência a doenças nesses peixes.

Sousa & Mattos (1989) substituíram até 50,0% da proteína na dieta de tambacu, pela proteína de levedura e observaram efeito positivo no coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta. Entretanto, Gaiotto (2005) não observou diferença no ganho de peso de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) alimentados com rações contendo níveis de até 5,0% de levedura íntegra, autolisada ou parede celular. A taxa de crescimento específico dos peixes, nos diferentes níveis de inclusão, foi negativamente influenciada e a taxa de sobrevivência melhorou com a inclusão de 5,0% de levedura autolisada e parede celular. Segundo Baccharin & Pezzato (2001) a suplementação de levedura nas dietas pode suprir as necessidades de vitaminas hidrossolúveis e substituir parcialmente a proteína nas rações para peixes.

Entretanto o consumo de altas proporções de leveduras pode inibir a ingestão e o aproveitamento dos alimentos (Hisano, 2005; Barnes et al., 2006). Embora a levedura apresente boa digestibilidade para a proteína, os seus altos teores de ácidos nucléicos podem implicar em menor síntese protéica para os peixes. Baccharin & Pezzato (2001) relataram que a inclusão de até 10,0% de levedura em rações para tilápia do Nilo, embora não prejudique o ganho de peso dos peixes, pode determinar alterações hepáticas e renais e pior conversão alimentar. Nesse sentido, Tacon & Cooke (1980) forneceram ácidos nucléicos extraídos de bactérias em rações para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e observaram que a inclusão superior a 2,5% prejudicou a ingestão alimentar e o crescimento dos peixes. Esses autores ressaltaram que ácidos nucléicos em altas quantidades nas rações para peixes, ocasionam alterações metabólicas, promovem maior ação de enzimas hepáticas, acúmulo de ácido úrico e uréia no sangue, anemia microcítica e anomalia eritrocitária.

Os níveis de inclusão de levedura nas rações para peixes devem ser revisados, principalmente pelos teores de bases nitrogenadas, fato que também

pode levar a uma sobre estimação do cálculo protéico verdadeiro das dietas (Furuya et al., 2000).

3.3. Digestibilidade dos nutrientes das leveduras em peixes

As leveduras contêm elementos que conferem atratividade, palatabilidade, melhora na digestibilidade das dietas e na composição corpórea dos peixes. Pereira da Silva & Pezzato (2000) avaliaram em tilápia do Nilo a atratividade e palatabilidade da levedura e compararam com diversos ingredientes de ração. Os resultados mostraram que a levedura apresentou média atratividade, quando comparada ao ovo integral e à farinha de peixe.

Rumsey et al. (1991) avaliaram a digestibilidade da levedura (íntegra, autolisada, extrato, complexo de nucleoproteínas e, isolado protéico) em truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Os autores concluíram que a lise da parede celular melhora o valor nutricional da levedura para salmonídeos. Trabalhando com essa espécie Martin et al. (1993) concluíram que a digestibilidade da proteína bruta elevou-se com o acréscimo da biomassa de levedura desidratada de petróleo nas dietas, mantendo os níveis de desempenho produtivo.

Em pesquisa com a tilápia do Nilo, Hisano et al. (2004), observaram melhoras e interação positiva entre níveis de levedura e de zinco sobre os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, lipídio total e energia bruta, quando da utilização de 1,0% de levedura e 300 mg de zinco/kg de ração. Em pesquisa posterior com essa mesma espécie, Hisano (2005) observou melhora no desempenho produtivo e na digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo das dietas suplementadas com levedura íntegra, autolisada e parede celular. Níveis de 1,30 a 1,75% de levedura íntegra proporcionaram desempenho diferenciado aos animais, sem alterações no perfil hematológico dos peixes, porém a suplementação com parede celular na dieta aumentou o perímetro das vilosidades intestinais.

Em pesquisa com o tambacu, Souza & Mattos (1989) destacaram o efeito interativo entre nutrientes e o elevado valor nutritivo da levedura substituindo em até 50,0% a proteína da dieta. Concluíram ainda, que a presença de levedura melhorou significativamente a digestibilidade das dietas, possibilitando um índice médio de 82,8% de digestibilidade aparente para a proteína bruta.

Em pesquisa desenvolvida com a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), Tacon & Cooke (1980) concluíram que níveis elevados (10,0%) de ácidos nucléicos na dieta foram prejudiciais à ingestão, crescimento e conversão alimentar dos

peixes. Embora a digestibilidade aparente do fósforo e da matéria seca tenha aumentado, a digestibilidade aparente do nitrogênio se manteve estável.

Em teoria, a levedura autolisada poderia proporcionar melhores resultados de absorção, dado que quebrando parcialmente a parede celular se disponibilizam mais os seus nutrientes (Gaiotto, 2005; Hisano, 2005). Segundo Gaiotto (2005) e Hisano (2005) a levedura autolisada, apresenta melhores resultados de absorção quando comparadas com a levedura íntegra e a parede celular.

Com relação aos minerais, são escassas as pesquisas conduzidas para caracterizar e avaliar os aportes e a disponibilidade dos minerais das leveduras, para peixes.

Com base nessas informações o Capítulo – II, intitulado “Nutrientes Digestíveis da Levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) Íntegra e Autolisada para a Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)”, teve por objetivos: caracterizar a composição nutricional da levedura desidratada de álcool íntegra e da autolisada; e determinar, pela tilápia do Nilo, os valores digestíveis da matéria seca, proteína e energia e os valores disponíveis dos minerais das leveduras íntegra e autolisada. A redação deste capítulo foi realizada segundo as normas de publicação da *Revista Brasileira de Zootecnia*.

4. REFERÊNCIAS

- ALDERMAN, D.J. Fungal disease of aquatic animals. In: Roberts, R.J. (Ed.), Microbial Diseases of Fish. Academic Press, London, p.189–242, 1982.
- ALVIM, B.F.; ALVES DE FARIA, G.; VILELA, H. 2007. Leveduras vivas na nutrição de bovinos. Em: Portal Agronomia, 2007, http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigo_leveduras_vivas_nutricao_bovinos.htm Consultado no dia 26 de setembro de 2007.
- ANDLID, T.; JUÁREZ, R.V.; GUSTAFSSON, L. Yeast colonizing the intestine of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and turbot (*Scophthalmus maximus*). Microbiology Ecology, v.30, p.321–334, 1995.
- ANDLID, T. Yeast isolated from the intestine of rainbow trout adhere to and grow in intestinal mucus. Molecular Marine Biology and Biotechnology, v.7, p115-126, 1998.
- ARAÚJO, G.M.G.; FREIRE, F.M.F.; FREITAS, E. et al. Inclusão de levedura de cana de açúcar (*Saccharomyces cerevisiae*) em dietas para frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v.30, n.3, p.766-773, 2001.
- ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M.; LOPES, E.L. et al. Utilização da levedura desidratada (*Saccharomyces Cerevisiae*) para leitões na fase inicial. Ciência Rural, v.36, n.5, p.1576-1581, 2006.
- ASSIS, E.M. Componentes da parede celular de leveduras: Proteínas e polissacarídeos de interesse das indústrias farmacêuticas e de alimentos. In: "WORKSHOP" PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE LEVEDURA: UTILIZAÇÃO EM ALIMENTAÇÃO HUMANA E ANIMAL. 1996. Anais...Campinas, Brasil: ITAL, 1996, p 41-51.
- AUBIN, J.; GATESOUBE, F.J.; LABBÉ, L. et al. Trial of probiotics to prevent the vertebral column compression syndrome in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*). Aquaculture Research, v.36, p.758–767, 2005.
- BACCARIN, A.E.; PEZZATO, L.E. Efeito da levedura desidratada de álcool em dietas para tilápia do Nilo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36. p.549-556, 2001.
- BARDOCZ, S. The role of dietary polyamines. European Journal of Clinical Nutrition. v.47, p.683 – 690, 1993.
- BARNES, M.E.; DURBEN, D.J. REEVES, S.G. et al. Dietary yeast culture supplementation improves initial rearing of McConaughy strain rainbow trout. Aquaculture Nutrition, v.12, p.388-394, 2006.

- BLUMER, G.S.A. Enriquecimento com ferro em levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Piracicaba, SP. 2002, p.66 (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, 2002.
- BRITO, S.J.D.; GUIM, A.; GOMEZ, D.S.L.P. et al. Utilização de diferentes níveis de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) em dietas e seus efeitos no desempenho, rendimento da carcaça e gordura abdominal em frangos de corte. *Acta Scientiarum. Animal Science* Maringá. v.25, n.2, p.285-291, 2003.
- BURRELS, C.; WILLIAMS, P.D.; FORNO, P.F. Dietary nucleotides: a novel supplement in fish feeds, effects on resistance to disease in salmonids. *Aquaculture*, v.199, p.159-169, 2001.
- BUTOLO, J.E. Uso da levedura desidratada na alimentação de aves. In: Simpósio sobre tecnologia da produção e utilização da levedura desidratada na alimentação animal, 1997, Campinas. *Anais...* Campinas, CBNA, 1997, p.51-83.
- BUTOLO, J.E. Leveduras vivas e termolizadas na alimentação animal. In: Simpósio sobre ingredientes alternativos na alimentação animal, 2001, Campinas. *Anais...* Campinas, 2001, p.191-198.
- BUTS, J.P.; DE KEYSER, N.; KOLANOWSKY, J. et al. Maturation of villus and crypt cell functions in rat small intestine. *Digestive Diseases and Sciences*, v.38. n.6, p.1091-1098, 1993.
- BUTS, J.P.; DE KEYSER, N.; RAEDEMAEKER, L. *Saccharomyces boulardii* enhances rat intestinal enzyme expression by endoluminal release of polyamines. *Pediatric Research*, v.36, n.4, p. 522- 527, 1994.
- CAHILL, G.; WALSH, P.K.; DONNELLY, D. Improved control of brewery yeast pitching using image analysis. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, v.57, p.72-78, 1999.
- CARVALHO, M.; MACEDO-VIEGAS, E.M.; RIBEIRO, M.A.R. Utilização de células íntegras de levedura e seus derivados em dietas de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: XII Simposio Brasileiro de Aquicultura, 2002. *Anais...* Goiânia, 2002, p.142.
- CASTAGLIUOLO, I.; RIEGLER, M.F.; VALENICK, L. et al. *Saccharomyces boulardii* protease inhibits the effects of *Clostridium difficile* toxins A and B in human colonic mucosa. *Infection and Immunity*, v.67, p.302-307, 1999.
- COZZOLINO, S.M.E. Valor nutritivo da biomassa de *Saccharomyces cerevisiae*. *Estudo em gerações sucessivas de ratos*: São Paulo, SP. USP, 1982, p.147. (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade de São Paulo, 1982.

- DZIEZAK, J.D. Yeast and yeasts derivatives: definitions, characteristics and processing. *Food Technology*, v.41, n.2, p.103-121, 1987.
- EL-SAYED, A.-F.M. Current State and Future Potential. In: Beveridge, M.C.M; McAndrew, B. (Eds) *Tilapia Culture*. CABI Publishing, Cambridge: Cambridge University, p.1-24, 2006.
- ESCOBAR-BRIONES, L.; OLVERA-NOVOA, M.A.; PUERTO-CASTILLO, C. Avances sobre la ecología microbiana del tracto digestivo de la tilapia y sus potenciales implicaciones. In: VIII Simposio Internacional de Producción Acuícola , 2006. Anais... Monterrey – México, 2006, p.107-128.
- FAO - ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2004*. (SOFIA), FAO -Roma, 2005, 154p.
- FAO - ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2006*. (SOFIA), FAO -Roma, 2007, 176p.
- FURCO, A.M. Produção de biomassa de levedura em destilarias de álcool. In: "Workshop" Produção de biomassa de levedura: Utilização em alimentação humana e animal, 1996. *Anais*. Campinas, Brasil: ITAL, 1996, p 52-58.
- FURUYA, W.M.; SERON, S.; VARGAS, L. Níveis de levedura desidratada spray dried na dieta de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciência Rural*, v.30, n.4, p. 699-704, 2000.
- GAIOTTO, J.R. Utilização de levedura de cana de açúcar (*Saccharomyces cerevisiae*) e seus subprodutos na alimentação de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*): Pirassununga, SP. USP, 2005, p.87 (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) – Universidade de São Paulo, 2005.
- GATESOUBE, F.J.; ZAMBONINO INFANTE, J.L.; CAHU, C. et al. Early weaning of sea bass larvae, *Dicentrarchus labrax*: the effect on microbiota, with particular attention to iron supply and exoenzymes. *Aquaculture*, v.158, p.117-127, 1997.
- GATESOUBE, F.J.; AUBIN, J.; QUENTEL, C. et al. Ofimer probiotic study on rainbow trout. II. Intestinal microbiota in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) submitted to probiotic treatment with *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*. In: Howell, B., Flos, R. (Eds.), *Lessons from the Past to Optimise the Future*, Aquaculture Europe 2005, Trondheim, Norway, 5-9 August 2005. EAS Special Publication, vol. 35. European Aquaculture Society, Oostende, Belgium, pp. 217-218, 2005.

- GATESOUBE F.J. Live yeasts in the gut: Natural occurrence, dietary introduction, and their effects on fish health and development. *Aquaculture*, v.267, p.20-30, 2007.
- GEDEK, B.R. Adherence of *Escherichia coli* serogroup O 157 and the *Salmonella typhimurium* mutant DT 104 to the surface of *Saccharomyces boulardii*. *Mycoses*, v.42, p.261-264, 1999.
- GHIRALDINI, J.A.; ROSSELL, C.E.V. Caracterização e qualidade de levedura desidratada para a alimentação animal. In: Simpósio sobre tecnologia da produção e utilização da levedura desidratada na alimentação animal. 1997. *Anais...* Campinas, Brasil: CBNA, 1997, p.27-49.
- GRIGOLETTI, C.; FRANCO, S.G.; FLEMMING, J.S. et al. *Saccharomyces cerevisiae* na alimentação de frangos de corte. *Archives of Veterinary Science*. v.7, n.2, p.151-157, 2002.
- HEIRINCH, J.N.; KWAK, S.P.; HOWLAND, D.S. et al. Disruption of ShcA signaling halts cell proliferation – characterization of ShcC residues that influence signaling pathways using yeast. *Cellular Signalling*, v.18, p.795-806, 2006.
- HISANO, H.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Zinco e levedura de álcool como pró-nutrientes para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum*, v.26, n.2, p.171-179, 2004.
- HISANO, H. Levedura desidratada íntegra, autolisada e componentes da parede celular como pró-nutrientes para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): Botucatu, SP: UNESP, 2005, p.90 (Doutorado em Zootecnia: Nutrição e Produção Animal) – Universidade Estadual Paulista, 2005.
- HISANO, H.; NARVAEZ-SOLARTE, W.V.; BARROS, M.M. et al. Desempenho produtivo de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com levedura e derivados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.42, n.7, p.1035-1042, 2007.
- HORII, J. Tecnologia da produção de levedura desidratada visando a qualidade do produto final. In: Simpósio sobre tecnologia da produção e utilização da levedura desidratada na alimentação animal. 1997. *Anais...* CBNA, Campinas, 1997, p.7-25.
- HOUGH, J.S. *Biotechnology of la cerveza y de malta*. Ed. Acribia, Zaragoza, 1990, 194 p.
- JENEY, G.; GALEOTTI, M.; VOLPATTI, D. et al. Prevention of stress in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing different doses of glucan. *Aquaculture*, v.154, p.1-15, 1997.
- LAHR, D.F.; GHIRALDINI, J.A.; ROSSELL, C.E.V. Estudos de otimização da recuperação de biomassa de levedura em destilarias. In: Workshop sobre

- Produção de biomassa de levedura: utilização em alimentação humana e animal, 1996, Campinas, *Anais...* Campinas, ITAL, 1996, p.59-69.
- LARA, F.M.; OLVERA-NOVOA, M.A.; GUZMAN, M.B.G. et al. Use of the bacteria *Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus*, and the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as growth promoters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, v.216, p.193-201, 2003.
- LI, P.; BURR, G.S.; WHITEMAN, K.W. et al. A preliminar study on the effects of dietary supplementation of brewers yeast and nucleotides, singular or in combination, on juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture Research*, p.1-8, 2005.
- LI, P.; GATLIN-III, D.M. Evaluation of brewers yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as feed supplement for hybrid Striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). *Aquaculture*, v.219, p.681-692, 2003.
- LI, P.; GATLIN III, D.M. Dietary brewers yeast and the prebiotic Grobionic™AE influence growth performance, immune responses and resistance of hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) to *Streptococcus iniae* infection. *Aquaculture*, v.231, p.445-456, 2004.
- LINS, C.; SAAVEDRA, R. Sustentabilidade corporativa no setor sucroalcooleiro brasileiro. Fundação brasileira para o desenvolvimento sustentável, Rio de Janeiro, 2007, 54p.
- LIU, X.Y.; WANG, Q.; CUI, S. W. et al. A new isolation method of B-D-glucans from spent yeast *Saccharomyces cerevisiae*, *Food hydrocolloids*, v.22, n.2 p 239-247, 2008.
- LLORENTE, P.; MARQUINA, D.; SANTOS, A. et al. Effect of salt on the killer phenotype of yeasts from olive brines. *Applied and Environmental Microbiology*, v.63, p.165-1167, 1997.
- Mac WILLIAM, I.C. The structure, synthesis and functions of the yeast cell wall – A review. *Journal of Institute of Brewing*, v.76, p.524-535, 1970.
- MACHADO, P.F. Uso de levedura desidratada na alimentação de ruminantes. In: Simpósio sobre tecnologia da produção e utilização da levedura desidratada na alimentação animal, 1997, Campinas, *Anais...* CBNA, Campinas, 1997, p.111-128.
- MARQUINA, D.; BARROSO, J.; SANTOS, A. et al. Production and characteristics of *Debaryomyces hansenii* killer toxin. *Microbiological Research*, v.156, p.387-391, 2001.
- MARTIN, A.M.; GODDARD, S.; BEMISTER, P. Production of *Candida utilis* as aquaculture feed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.61,

- p.363-370, 1993.
- MAVROMICHALIS, I.; PATON, F. Nuevos ingredientes en la alimentación de Cerdos. In: XX Curso de Especialización: Avances en Nutrición y Alimentación Animal. FEDNA. Barcelona, España. p.125-149, 2004.
- MEDRI, V; PEREIRA, G.V.; LEONHARDT, J.H. Growth of nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed with different levels of alcohol yeast. Revista Brasileira de Biologia, v.60, n.1, p.113-121. 2000.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M. Utilização de levedura spray dried na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Acta Scientiarum, v.22, n.2, p.479-484, 2000.
- MIAZZO, R.D.; PERALTA, M.F.; PICCO, M. et al. Performance Productiva y calidad de la canal en Broilers que recibieron levadura de cerveza (*S. Cerevisiae*). Em: Revista Electrónica de Veterinaria REDVET®, v. VI, n.12, 2005, <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121205.html>. Consultado no dia 26 de setembro de 2007.
- MITTERDORFER, G.; KNIEFEL, W.; VIERNSTEIN, H. Utilization of prebiotic carbohydrates by yeasts of therapeutic relevance. Letters in Applied Microbiology, v.33, p.251-255, 2001.
- MIYADA, V.S. A levedura seca na alimentação de suínos: estudos adicionais sobre o seu valor protéico e vitamínico. Piracicaba, SP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 1987, p.159. (Tese de livre docência). Universidade de São Paulo. 1987.
- MOORE, M.M.; STROM, M.S. Infection and mortality by the yeast *Metschnikowia bicuspidata* var. *bicuspidata* in chinook salmon fed live adult brine shrimp (*Artemia franciscana*). Aquaculture, v.220, p.43-57, 2003.
- MOREIRA, I.; ANDREOTI, F.L.; FURLAN, A.C. Viabilidade da utilização da levedura de recuperação *Saccharomyces ssp.*, seca pelo método spray-dry, na alimentações de leitões em fase de creche. Revista Brasileira de Zootecnia, v.27, p.319-324, 1988.
- MOREIRA, I.; JUNIOR, M.M.; FURLAN, A.C. et al. Uso da levedura seca por spray dry como fonte de proteína para suínos em crescimento e terminação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.2, p.962-969, 2002.
- NEWMAN, K.E.; NEWMAN, M.C. Evaluation of mannan oligosaccharide on the microflora and immunoglobulin status of sows and piglet performance. Journal of Animal Science, v.79, Suppl.1, p.189, 2001
- O'QUINN, P.R.; FUNDERBURKE, D.W.; TIBBETTS, G.W. Effects of dietary supplementation with mannan oligosaccharides on sow and litter performance

- in commercial production systems. *Journal of Animal Science*, v. 79, Suppl.1, p.212, 2001.
- OLIVA, T.A.; GONÇALVES, P. Partial replacement of fishmeal by brewers yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in diets for sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture*, v.202, p. 269-278, 2001.
- OLVERA-NÓVOA, M.A.; MARTINÉZ-PALÁCIOS, C.A; OLIVERA-CASTILLO, L. Utilization of torula yeast (*Candida utilis*) as a protein source in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus Peters*) fry. *Aquaculture Nutrition*, v.8, p.257-264, 2002.
- ORTUÑO, J.; CUESTA, A.; RODRÍGUEZ, A. et al. Oral administration of yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, enhances the cellular innate immune response of gilthead seabream (*Sparus aurata L.*). *Veterinary Immunology and the Immunopathology*, v.85, p.41-50, 2002.
- PEREIRA DA SILVA, E.M.; PEZZATO, L.E. Respostas da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) à atratividade e palatabilidade de ingredientes utilizados na alimentação de peixes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.5, p.1273-1280, 2000.
- PÉRES, A.; CAHU, C.L.; ZAMBONINO, I.J.L. Dietary spermine supplementation induces intestinal maturation in sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Fish Physiology and Biochemistry*, v.16, p.479-485, 1997.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M. et al. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta scientiarum*, v.26, n.3, p.329-337, 2004.
- PEZZATO, L.E.; MENEZES, A.; BARROS, M.M. et al. Levedura em dietas para alevinos de tilápia do Nilo. *Veterinária e Zootecnia*, v.13, n.1, p.84-94, 2006.
- PONEZI, A.N.; SERRA, G.E. Leveduras como fonte de enzimas de interesse industrial: Produção e aplicação. In: "Workshop" Produção de biomassa de levedura: Utilização em alimentação humana e animal. 1996, Campinas, *Anais...*Campinas, Brasil: ITAL, 1996, p.15-27.
- REUTER, R.E.; HUTCHINSON, W.; HAM, J. et al. *Exophiala sp.* infection in captured King George whiting (*Sillaginodes punctata*). *Bulletin European Association of Fish Pathology*, v.23, p.128-134, 2003.
- ROSE, A.H. Composition of the envelope layers of *Sacharomyces cerevisiae* in relation to flocculation and ethanol tolerance. *Journal of Applied Bacteriology. Symposium Supplement*. v.74, n.22, p.110S-118S, 1993.
- RUMSEY, G.L.; HUGHES, S.G.; SMITH, R.R. et al. Digestibility and energy values of

- intact, disrupted and extracts from brewer's dried yeast fed to rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). *Animal Feed Science Technology*, v.33, n.3, p.185-193, 1991.
- SAKAI, M. Current research status of fish immunostimulants. *Aquaculture*, v.172, p.63-92, 1999.
- SAKAI, M.; TANIGUCHI, K.; MAMOTO, K. et al. Immunostimulant effects of nucleotide isolated from yeast RNA on carp, *Cyprinus carpio* L. *Journal of Fish Diseases*, v.24, p.433-438, 2001.
- SAKATA, T.; OSHIRO, T.; TESHIMA, S.I. Characteristics and fatty acid composition of yeast isolated from the intestines of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Memories Faculty of Fisheries Science, Kagoshima University*, v.42, p.51-59, 1993.
- SCAPINELLO, C.; FURLAN, A.C.; OLIVEIRA, P.B. et al. Desempenho de coelhos em crescimento alimentados com levedura de recuperação (*Saccharomyces* sp.) seca pelo método spray-dry. *Acta Scientiarum*, v.19, n.3, p.913-921, 1997.
- SCHMITT, M.J.; BREINIG, F. The viral killer system in yeast: from molecular biology to application. *FEMS Microbiology Reviews*, v. 26, p.257-276, 2002.
- SGARBIERI, V.C.; ALVIM, I.D.; VILELA, E.S.D. et al. Produção piloto de derivados de levedura (*Saccharomyces* sp.) para uso como ingredientes na formulação de alimentos. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.2, n.1/2, p.119-125, 1999.
- SIGNOR, A. Desempenho produtivo e resistência ao estresse pelo frio da tilápia do Nilo alimentada com dietas suplementadas com levedura autolisada e zinco. Jaboticabal, SP. 2007, p.113 (Mestrado em Aqüicultura) – Universidade Estadual Paulista, 2007.
- SOUZA, R.R.P.; MATTOS, W.R.S. Digestibilidade aparente da proteína em dietas para o híbrido do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1989. Porto Alegre, *Anais...* Porto Alegre, Brasil: SBZ, 1989, p. 231.
- STONES, C.S.; MILLS, D.V. The use of live yeast and yeast culture products in aquaculture. *International Aquaculture Feed*, v.7, n.5, p. 28-34, 2004.
- TACON, A.G.J.; COOKE, D.J. The nutrition value of dietary nucleic acids to trout. *Nutrition Reports International*, v.22, n.5, p.631-640, 1980.
- TAOKA, Y.; MAEDA, H.; JO, J.Y. et al. Use of live and dead probiotic cells in tilapia *Oreochromis niloticus*. *Fisheries Science*, v.72, p.755-766, 2006.
- TOVAR-RAMIREZ, D.; INFANTE, J.Z. et al. Efectos de la administración de levaduras en el proceso de maduración del tracto digestivo de peces. In: *Avances en*

- Nutrición Acuícola V. Memorias del V simposium internacional de nutrición acuícola, Mérida, Yucatán, México, 2000, p. 33-46.
- TOVAR-RAMIREZ, D.; ZAMBONINO, J.; CAHU, C. et al. Effect of live yeast incorporation in compound diet on digestive enzyme activity in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Aquaculture*, v.204, p.113-123, 2002.
- TOVAR-RAMIREZ, D.; ZAMBONINO, I. J.; CAHU, C. et al. Influence of dietary live yeast on European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larval development. *Aquaculture*, v.234, p.415-427, 2004.
- VÁZQUEZ-JUÁREZ, R.; ANDLID, T.; GUSTAFSSON, L.; WADSTRÖM, T. The expression of potential colonization factors of yeasts isolated from fish during different growth conditions. *Canadian Journal Microbiology*, v.39, p.1135-1141, 1993.
- VÁZQUEZ-JUÁREZ, R.; ANDLID, T.; GUSTAFSSON, L. Adhesion of yeasts isolated from fish gut to crude intestinal mucus of rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Molecular Marine Biology Biotechnology*. v.6, p.64-71, 1997.
- VILLARREAL, J.M.; BUENO, C.; ARENAS, F. et al. Nucleotide specificity of *Saccharomyces cerevisiae* phosphoenolpyruvate carboxykinase kinetics, fluorescence spectroscopy, and molecular simulation studies. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, v.38, p.576-588, 2006.
- WACHÉ, Y.; AUFRAY, F.; GATESOUBE, F.J. et al. Cross effect of the strain of dietary *Saccharomyces cerevisiae* and rearing conditions on the onset of intestinal microbiota and digestive enzymes in rainbow trout *Onchorynchus mykiss*, fry. *Aquaculture*, v.258, p. 470-478, 2006.
- WATANABE, A.L. Suplementação de levedura desidratada (*Saccharomyces cerevisiae*) e derivados na alimentação de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Pirassununga, SP: USP, 2006, 82p. (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual de São Paulo, Pirassununga, 2006.
- YAMADA, A.M.; ALVIM, I.; COSTA M.C. et al. Composição centesimal e valor protéico de levedura residual da fermentação etanólica e de seus derivados. *Revista de Nutrição*. Campinas, v.16, n.4, p.423 - 432, 2003.
- YOURSI, R.F. Single cell protein its potential use for animal and human nutrition. *World Review of Animal Production*, v.18, n.23, p.46-67, 1982.

Capítulo - II

Nutrientes Digestíveis da Levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) Íntegra e Autolisada para a Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Resumo – O conhecimento da digestibilidade dos subprodutos e co-produtos da agroindústria viabiliza o emprego de uma série de alimentos em rações balanceadas para peixes. Este estudo teve por objetivo caracterizar a composição nutricional e determinar, pela tilápia do Nilo, os nutrientes digestíveis da levedura de álcool (*Saccharomyces cerevisiae*) desidratada por *spray dry*, íntegra e autolisada. Para isso foi utilizada uma ração referência (purificada) a base de albumina e gelatina, marcada com 0,10% de óxido de cromo-III e duas rações com 30% de substituição da ração referência pelo ingrediente teste. Utilizaram-se 90 juvenis de tilapia do Nilo (peso médio de $141,58 \pm 7,85$ g), os quais foram alojados em nove gaiolas submersas em aquários para o manejo de alimentação e cinco aquários para coleta de fezes. Determinou-se a composição química e centesimal das leveduras íntegra (LI) e autolisada (LA) e valores digestíveis para matéria seca, proteína bruta, energia bruta e minerais (fósforo, cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloro, enxofre, selênio, zinco, cobre, ferro e manganês). Conclui-se que a levedura íntegra (LI) e a levedura autolisada (LA) apresentam composição centesimal semelhante, com exceção da matéria mineral e fibra bruta; a levedura íntegra e a levedura autolisada apresentam, pela tilápia do Nilo, altos coeficientes de disponibilidade dos minerais; o processo de autólise melhora a digestibilidade da energia, e o valor absorvível dos minerais analisados com exceção do P, Na e S.

Palavras chave: composição centesimal, digestibilidade, levedura, minerais, tilápia, peixes.

Digestible nutrients of Integral and Autolyzed Yeast (Saccharomyces cerevisiae) for Nile Tilapia (Oreochromis niloticus)

Abstract – The knowledge of digestibility values of agro industrial by-products and co-products aloud the utilization of several ingredients in fish feed manufacturing. This study aimed to describe the nutritional composition and determine, for Nile Tilapia, the nutrient availability of alcohol yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) present in two different ways spray dried: integral and autolyzed. Ninety Nile tilapia juvenile were used (average weight 141.58 ± 7.85 g). They were stoked in nine net cages submerged in the same number of tanks for feeding and handling. Five conical tanks were used for feces precipitation and collection. The fish were fed with a reference feed (purified) composed by albumin and gelatin, marked with 0.10% of chromium-III oxide and two feeds with 30% of substitution of the ingredient test were used. The chemical composition of integral and autolyzed yeast was determined as well as their digestible values of dry matter, crude protein, gross energy and minerals (phosphorus, calcium, magnesium, sodium, potassium, chlorine, sulfur, selenium, zinc, copper, iron and manganese). We concluded that integral yeast (LI) and autolyzed yeast (LA) presented similar centesimal composition, except for mineral matter and crude fiber. Integral yeast (LI) and autolyzed yeast (LA) presents better availability of minerals; and the autolysis process increases digestibility of energy and minerals availability analyzed with exception of phosphorus, sodium and sulfur.

Key words: centesimal composition, digestibility, yeast, minerals, tilapia, fishes.

Introdução

As tilápias, dentre os peixes, é a espécie mais representativa da aquicultura continental em águas tropicais. Na América Latina, o Brasil é o maior produtor e, o sexto país do mundo, com volumes reportados de 42.000TM em 2002 (El Sayed, 2006). A tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) é a espécie, desse grupo, mais

amplamente cultivada comercialmente em diferentes sistemas de criação principalmente intensivos e semi-intensivos, pois essa espécie tolera altas densidades, resiste condições ambientais adversas, tem crescimento acelerado e boa resistência a doenças.

A produção de peixes de forma intensiva necessita de informações sobre as suas necessidades nutricionais e do valor nutritivo dos alimentos utilizados no balanceamento das rações para as diferentes fases produtivas. Peixes confinados em sistemas intensivos de produção necessitam de dietas especialmente formuladas, pois estes se mostram mais exigentes em nutrientes. Tais dietas, somente são obtidas com o emprego de ingredientes de máxima qualidade e, da inclusão de alternativas alimentícias que otimizem a homeostase orgânica e as respostas zootécnicas dos peixes, além de minimizar os custos de produção e o impacto ambiental (Pezzato et al., 2004).

Nesse sentido, segundo Glencross et al. (2007), há vários componentes importantes que necessitam de maiores investigações para a formulação de alimentos balanceados para os peixes. Isto inclui informações sobre a palatabilidade e os nutrientes contidos nos alimentos, sua digestibilidade, palatabilidade e possíveis interações. A quantidade de nutrientes digestíveis contidos num alimento é definida como a fração não excretada nas fezes. Essa digestibilidade depende da espécie animal, da quantidade e qualidade do nutriente, da capacidade do animal em ingeri-los e absorvê-los, das condições ambientais, da proporção relativa entre os nutrientes e dos processos tecnológicos a que o alimento tenha sido submetido (Pezzato et al., 2004).

Estudos com animais têm buscado identificar e utilizar microorganismos (forma ativa ou inativa), que possam ser empregados como fonte de nutrientes e/ou que atuem sinergicamente com os demais componentes da dieta potencializando sua ação e servindo ao organismo como pronutriente (Pezzato, 1997), probiótico ou imunoestimulante (Gatesoupe, 2007). Nesse grupo de microorganismos incluem-se as leveduras e seus derivados de processamento, que estão sendo preconizados para compor rações para diferentes espécies animais incluindo os organismos aquáticos (Pezzato, 1997). As leveduras se apresentam como possíveis sucedâneos de fontes tradicionais de nutrientes, como palatilizantes ou imunoestimulantes nas formulações de dietas para peixes (Hisano, 2005; Gaiotto, 2005; Heinrich et al., 2006; Villareal et al., 2006; Pezzato et al., 2006; Gatesoupe, 2007).

Nesse sentido o presente trabalho objetiva determinar, pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), o valor nutritivo da levedura desidratada íntegra e

autolisada, por meio dos valores digestíveis de alguns de seus nutrientes e da energia e, da disponibilidade de seus minerais.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Unesp - Universidade Estadual Paulista, no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, SP.

Inicialmente foi determinada a composição em matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, fibra bruta e energia bruta e, dos minerais: cálcio (Ca), fósforo (P), sódio (Na), potássio (K), enxofre (S), magnésio (Mg), cloro (Cl), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e selênio (Se), da levedura íntegra (LI) e da levedura autolisada (LA).

Posteriormente, e no sentido de avaliar o valor biológico dessas leveduras, determinou-se a fração absorvida, pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), por meio dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta e da energia bruta. Determinou-se, ainda, a disponibilidade aparente dos minerais Ca, P, Na, K, S, Mg, Cl, Zn, Cu, Fe, Mn, Se.

Para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente das leveduras (íntegra e autolisada) foram confeccionadas três rações. Destas, uma de referência denominada purificada segundo o Instituto de Nutrição Americano - INA (1977), com base na proteína da albumina e da gelatina. As outras duas foram obtidas substituindo 30,0% da ração referência pelo ingrediente teste (levedura íntegra ou levedura autolisada). As três rações foram acrescidas de 0,1% de óxido de cromo-III (Cr_2O_3) (Bremer Neto et al., 2005), como marcador externo inerte (Tabela 1).

Para confecção das rações experimentais, a mistura foi peletizada em prensa para ração purificada automática (Ação Científica). No sentido de se obter péletes de diâmetro adequado ao tamanho dos peixes, utilizou-se uma matriz com orifícios de 5,0mm de diâmetro, posteriormente, estes péletes foram desidratados (55,0°C/12 horas) e fracionados para obtenção de grânulos homogêneos (largura e comprimento de 5,0mm).

Empregaram-se nove aquários circulares com volume de 250 litros/cada (dotados de sistema individual de reabastecimento através de biofiltro e aquecimento controlado por termostato digital) para alimentação dos peixes e, cinco aquários de coleta de fezes com o mesmo volume, confeccionados em fibra de vidro, com formato cilíndrico e fundo cônico, favorecendo a decantação das

fezes. Adaptou-se por aquário uma densidade de 10 peixes com peso médio de $141,58 \pm 7,85$ g, os quais foram mantidos em gaiolas de polietileno que permitiram transferi-los rapidamente, minimizando os efeitos do estresse.

Tabela 1. Formulação e composição química - bromatológica das rações experimentais (base na matéria natural)

Ingrediente	Dieta Referência	Dieta LI (T1)	Dieta LA (T2)
	%	%	%
Albumina	32,00	22,40	22,40
Gelatina	7,70	5,39	5,39
Amido de milho	44,58	31,18	31,18
Celulose	6,00	4,20	4,20
Antioxidante (BHT) ⁽¹⁾	0,02	0,014	0,014
Óleo de soja	6,00	4,20	4,20
Fosfato bicálcico	3,00	2,10	2,10
Sal comum (NaCl)	0,10	0,07	0,07
Suplemento vitamínico ⁽²⁾	0,50	0,35	0,35
Levedura íntegra	-	30,00	-
Levedura autolisada	-	-	30,00
Óxido de crômio	0,10	0,10	0,10
Total	100,00	100,00	100,00
Composição química-bromatológica			
Matéria seca (%)	93,16	93,98	93,76
Proteína bruta (%)	34,66	38,71	37,97
Extrato etéreo (%) *	6,25	4,40	4,46
Matéria mineral (%)	4,74	4,49	4,69
Fibra bruta (%) *	6,17	4,70	4,62
Energia bruta (Kcal / kg)	4226	4334	4341

¹ BHT = Butil hidroxi tolueno.

² Suplemento vitamínico - Supremais: níveis de garantia por kg do produto: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D3, 200.000 UI; Vit. E, 12.000 mg; vit. K3, 2.400 mg; vit. B1, 4.800 mg; vit. B2, 4.800 mg; vit. B6, 4.000 mg; vit. B12, 4.800 mg; ácido fólico, 1.200 mg; pantotenato de Ca, 12.000 mg; vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; colina, 65.000 mg; niacina, 24.000 mg.

* Valores calculados.

Diariamente as 8:00 e 16:00 horas registrou-se a temperatura dos aquários e, semanalmente, foram medidos os teores de oxigênio dissolvido e pH. Todo dia realizou-se a limpeza dos aquários por meio de sifonagem, 15 a 30 minutos após a última refeição, para evitar o acúmulo de restos de ração e dejetos, garantindo a constância da qualidade da água.

Os peixes foram adaptados às condições experimentais por 15 dias, sendo condicionados gradativamente às rações experimentais, nas respectivas gaiolas e recebendo o mesmo manejo alimentar. Estes foram alimentados, quatro vezes ao dia, às 8:30, 11:30, 14:30 e 17:00 horas, na proporção que possibilitou máxima

ingestão sem perdas excessivas. Iniciado o período de colheita de fezes, a frequência alimentar foi incrementada de hora em hora no período da tarde para o grupo em que as fezes seriam coletadas, diferindo do outro grupo por não intensificar a alimentação.

As fezes de cada um dos aquários foram coletadas, secas em estufa com circulação forçada de ar a 55,0°C/24 horas. Após secagem foram moídas em micro moinho de facas com peneira *Mesh* 30 (0,59 mm) e conservadas a -20,0°C, até análise. Foi colhido material representativo para cinco repetições por tratamento.

As avaliações bromatológicas e de energia das leveduras, rações experimentais e fezes foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da FMVZ – UNESP/Botucatu, de acordo com os protocolos aprovados pela AOAC (2000). O teor de matéria seca (MS) foi calculado usando estufa de 105 °C, durante 4 a 6 horas; a proteína bruta (PB) foi determinada pelo método clássico de Kjeldahl, utilizando os fatores de 5,8 (Alvim et al., 2002; Sgarbieri et al., 2003 e Yamada et al., 2003) para as leveduras e de 6,25 para os demais materiais; o extrato etéreo (EE), pelo método a quente, usando o extrator e éter etílico como solvente; a fibra bruta (FB), pela técnica de saco filtro utilizando o aparelho ANKOM^{200/220}; a energia bruta (EB), pela bomba calorimétrica e, a matéria mineral (MM) incinerando a amostra a 600°C, durante 4 horas. Para completar a composição centesimal calculou-se a diferença entre a MS e os outros nutrientes denominando-a de Fração Não Determinada, pois ela inclui: o extrativo não nitrogenado e parte do nitrogênio não protéico.

Todas as determinações de minerais foram feitas no Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências da UNESP, Botucatu – SP. Para determinação da concentração dos minerais contidos nos alimentos, rações e fezes, com exceção de selênio, cloro e enxofre, realizou-se a digestão nitro/perclórica para posterior quantificação. Crômio, cálcio, magnésio, zinco, cobre, ferro e manganês foram determinados por Espectrometria de Absorção Atômica em Chama (FAAS) segundo os procedimentos recomendados no manual do equipamento (Cookbook Shimadzu, 2002); fósforo por espectrofotometria no visível (Markzenk, 1976); sódio e potássio por Espectrometria de Emissão Atômica (AES) (Cookbook Shimadzu, 2002). O teor de selênio foi determinado por espectrometria de absorção atômica em forno de grafite (GFAAS) (Silva et al., 2007). O teor de cloro foi determinado pelo método titulométrico e o enxofre pelo turbidimétrico (Greenberg, 1992).

Os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes das rações de referência ou Controle (C) e Testes (T1 e T2), foram calculados pela técnica de proporções, com base nos teores de óxido de cromo-III e do nutriente nas rações e fezes, utilizando as formulas propostas por Cho & Slinger (1979):

$$CDa_{(N)} = 100 - \left[100 \left(\frac{\%Cr_2O_{3R}}{\%Cr_2O_{3F}} \right) x \left(\frac{\%N_F}{\%N_R} \right) \right]$$

Onde:

$CDa_{(N)}$ = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente ou da energia;

$\%Cr_2O_{3R}$ = % de óxido de cromo III na ração;

$\%Cr_2O_{3F}$ = % de óxido de cromo III nas fezes;

$\%N_R$ = % de nutriente ou de energia na ração;

$\%N_F$ = % de nutriente ou de energia nas fezes.

A digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia das leveduras foi calculada de acordo com a fórmula descrita por Cho & Slinger (1979):

$$CDa_{(N)} = \frac{CDA_{RT} - CDA_{RR} \cdot x}{y}$$

Onde:

$CDa_{(N)}$ = coeficiente de disponibilidade aparente do nutriente ou da energia;

CDA_{RT} = CDa do nutriente ou da energia na ração teste;

CDA_{RR} = CDa do nutriente ou da energia na ração referência;

x = proporção da ração referência;

y = proporção do alimento teste.

Para comparar os diferentes resultados obtidos, utilizou-se o índice relativo de comparação (IRC).

Resultados e Discussão

Durante a fase experimental os valores médios dos parâmetros de temperatura, oxigênio dissolvido e pH da água mantiveram em $26,10 \pm 0,58^\circ\text{C}$, $7,65 \pm 0,58$ mg/L e $7,06 \pm 0,22$ respectivamente, considerados adequados para ótimo desenvolvimento da espécie (Boyd, 1990).

Composição centesimal e nutricional da levedura

A composição nutricional das leveduras íntegra (LI) e autolisada (LA) em termos de macronutrientes e energia são apresentados na Tabela 2. No sentido de melhor visualização dos resultados adotou-se o índice relativo de comparação (IRC) atribuindo o valor de 100,00% a cada um dos nutrientes contidos na levedura íntegra.

Tabela 2. Composição centesimal e de energia bruta (base na matéria seca) da levedura íntegra (LI) e da levedura autolisada (LA)

Nutriente (% ms)	LI	LA	IRC (%) ⁽²⁾	Diferença percentual ⁽³⁾
	Média \pm dp ⁽¹⁾	Média \pm dp		
Matéria seca	93,83 \pm 3,32	93,70 \pm 3,05	99,86	-0,14
Proteína bruta (N x 5.8)	38,85 \pm 0,39	38,55 \pm 0,87	99,23	-0,77
Extrato etéreo	0,84 \pm 0,03	0,88 \pm 0,02	104,76	4,76
Matéria mineral	3,81 \pm 0,18	4,56 \pm 0,03	119,69	19,69
Fibra bruta	1,26 \pm 0,18	1,02 \pm 0,11	80,95	-19,05
Não determinado*	49,07	48,69	99,23	-0,77
Energia bruta (Kcal/kg)	4554	4631	101,69	1,69

¹ Valores médios de quatro repetições para MS, PB e EE; três repetições para MM e FB e duas repetições para EB.

² IRC (%) = índice relativo de comparação atribuindo 100% ao nutriente na LI.

³ Diferença percentual = IRC - 100.

* Não Determinado= (ENN) + (parte do NNP)

A levedura íntegra (LI) e levedura autolisada (LA) apresentaram composições bastante próximas com exceção da matéria mineral e a fibra bruta. Porém, os valores encontrados na literatura revelam grandes diferenças e heterogeneidade que podem ser devidas à linhagem, natureza do substrato utilizado, concentração de sais no meio, condições de fermentação, processamento e armazenamento das leveduras.

Pode-se observar que o teor médio de matéria seca encontrado foi de 93,83% para LI e de 93,70% para LA, com diferença desprezível de 0,14%. No

caso da LI, valores similares foram encontrados por Baccarin (1999), Meurer et al. (2003), Pezzato et al. (2004) e Hisano (2005) entre 92,39 e 94,27%, com média 93,00%; valores discordantes, um pouco inferiores, foram relatados (na faixa de 91,79 e 88,06%) por De Faria et al. (1996), Machado et al. (1997), Rostagno et al. (2005) e Pezzato et al. (2006); e um valor considerado superior (95,75%) por Gaiotto (2005). Para LA valores médios semelhantes (94,79%) foram reportados por Hisano (2005) e Pezzato et al. (2006), e valores superiores (96,59 e 96,71%) foram relatados por Yamada et al. (2003) e Gaiotto (2005).

Os teores de proteína bruta (N x 5,8) observados, de 38,85 e 38,55% para as LI e LA, respectivamente, com diferença de 0,77%. Para LI um valor próximo em PB, de 39,60%, foi reportado por Yamada et al. (2003); valores superiores nesse ingrediente (40,31 a 49,17%), com media de 43,09%, foram reportados por Baccarin (1999), Meurer et al. (2003), Gaiotto (2005) e Hisano (2005); valores inferiores (31,87 a 36,75%), com media de 33,78% foram reportados por De Faria et al. (1996), Machado et al. (1997), Rostagno et al. (2005), Pezzato et al. (2004) e Pezzato et al. (2006). Para LA um valor próximo em PB (38,40%), foi reportado por Santucci et al. (2003) e valor superior (40,40%) por Yamada et al. (2003). Entretanto, valores inferiores (32,46 a 37,10%), com media de 34,61% foi encontrado por Alvim et al. (2002), Gaiotto (2005), Hisano (2005) e Pezzato et al. (2006).

Os valores de PB da LI e LA superiores, podem ser atribuídos, provavelmente, à inclusão do valor de Nitrogênio Não Protéico (NNP), no cálculo desse parâmetro, ao utilizar o fator de conversão de Nitrogênio (N) para PB de 6,25 no lugar de 5,80. Segundo FAO (2003) o fator de conversão de N total para proteína é específico para cada tipo de material analisado. Segundo Butolo (1997), o NNP da levedura representa de 20,0 a 30,0% do nitrogênio total.

O conteúdo de extrato etéreo da LI (0,84%), quando comparado por meio do Índice Relativo de Comparação (IRC), foi 4,76% inferior ao apresentado pela LA (0,88%). Essa tendência não confirma os resultados de outros autores, quando encontraram valores entre 0,12 e 0,81%, com média de 0,50% para LI (Machado et al., 1997; Baccarin, 1999; Rostagno et al., 2005; Pezzato et al., 2004; Gaiotto, 2005; Hisano, 2005 e Pezzato et al., 2006) e, entre 0,15 e 0,34% com média de 0,21% para LA (Gaiotto, 2005; Hisano, 2005 e Pezzato et al., 2006). A LA apresentou, também, grande diferença nos valores de Lipídios totais (1,9; 1,2 e 1,2%) conforme reportado por Alvim et al. (2002); Santucci et al. (2003) e Yamada et al. (2003).

Os valores encontrados de matéria mineral (MM) para a LI e LA foram de 3,81 e 4,56%, respectivamente, sendo superior em 19,69% para a LA. Estes valores se mostram próximos aos encontrados para a LI (3,20 a 3,71%), com média de 3,38%, por Machado et al. (1997), Baccarin (1999), Rostagno et al. (2005), Pezzato et al. (2006); valores um tanto superiores foram encontrados por Yamada et al. (2003), Pezzato et al. (2004) e Gaiotto, (2005) abrangendo um intervalo entre 3,86 e 5,50%, com média de 4,65%.

Os teores de MM encontrados na LA, mostram diferença tanto inferiores quanto superiores aos obtidos (3,18%) por Pezzato et al. (2006), enquanto Alvim et al. (2002), Santucci et al. (2003), Yamada et al. (2003) e Gaiotto (2005) observaram valores entre 6,00 e 7,33% (média de 6,56%). Os valores médios apresentados por esses pesquisadores confirmam a tendência apresentada neste trabalho, de que o conteúdo de MM na LI é consideravelmente inferior ao da LA.

O conteúdo de fibra bruta (FB) encontrado na presente pesquisa, de 1,26% para LI, se mostrou 19,05% superior ao apresentado pela LA (1,02%). Esses valores são próximos de 1,1 e 1,0% para LI e LA, respectivamente, encontrados por Yamada et al. (2003). Valores inferiores de FB na LI (média de 0,45%) foram encontrados por Baccarin (1999), Rostagno et al. (2005) e Pezzato et al. (2006), enquanto Pezzato et al. (2006) encontrou na LA um valor médio de 0,51%. Os dados encontrados nesta pesquisa demonstram que a LI e a LA não são fontes consideráveis de fibra insolúvel.

A fração considerada como Não Determinada (ND = ENN + parte do NNP), neste estudo (Tabela 2), foi de 49,07 e 48,69%, para LI e LA, respectivamente, sendo 0,77% superior o conteúdo na LI. A fração ND para a LI se encontra próxima ao apresentado (49,76%) por Rostagno et al. (2005), sendo inferior a média de 59,69% apresentada por Machado et al. (1997); Yamada et al. (2003) e Gaiotto, (2005). Para LA um valor mais próximo (51,4%) foi encontrado por Yamada et al. (2003), contudo, valores superiores (51,40 a 56,76%) com média de 54,15% foram apresentados por Alvim et al. (2002), Yamada et al. (2003) e Gaiotto (2005).

Essa fração é de considerável importância, sendo que representa aproximadamente 50% do conteúdo da MS das leveduras e precisa ser mais detalhada nos seus conteúdos particularmente de carboidratos solúveis e bases nitrogenadas. Segundo Butolo (1997), os ácidos nucléicos representam de 8,0 a 12,0% do nitrogênio total presente na levedura. Igualmente, as leveduras apresentam de 33,0 a 46,0% de carboidratos (Horii, 1997). Grande parte desses carboidratos está contida na parede celular, a qual representa entre 15,0 e 30,0%

da matéria seca total (Rose, 1993), sendo 89,76% de carboidratos, dos quais 84,0% são glucanos e 1,67% mananos (Liu et al., 2008), moléculas com propriedades imunoestimulantes.

A densidade energética das leveduras (Tabela 2), 4554 kcal EB/kg para LI e 4631 kcal EB/kg para LA, com diferença mínima percentual de 1,69% a favor da segunda. Valores próximos de 4425 e 4409 kcal EB/kg para LI foram relatados por De Faria et al. (1996) e Hisano (2005). Porém, valores inferiores para esse ingrediente (4157 a 4312 kcal EB/kg), com média de 4210 kcal/kg foram encontrados em trabalhos de Meurer et al. (2003); Pezzato et al. (2004); Rostagno et al. (2005) e Pezzato et al. (2006). Para LA um valor inferior (4169 kcal EB/kg) foi relatado por Hisano (2005) e Pezzato et al. (2006).

Os teores dos minerais da levedura íntegra (LI) e da levedura autolisada (LA) são apresentados na Tabela 3. No sentido de melhor visualização dos resultados se adotaram medidas de composição percentual (%) para macro elementos (Ca, P, Na, K, S, Mg e Cl) e, mg/kg para os micro elementos (Zn, Cu, Fe, Mn e Se).

Tabela 3. Composição mineral (base na matéria natural) da levedura íntegra (LI) e da levedura autolisada (LA)

Mineral ⁽¹⁾	LI	LA	IRC (%) ⁽²⁾	Diferença percentual ⁽³⁾
Macro elemento (%)				
Cálcio	0,51	0,82	160,78	60,78
Fósforo	0,88	0,86	97,73	-2,27
Sódio	0,30	0,30	100,00	0,00
Potássio	1,21	1,56	128,93	28,93
Enxofre	0,42	0,40	95,24	-4,76
Magnésio	0,58	0,71	122,41	22,41
Cloro	0,03	0,03	100,00	0,00
Micro elemento (mg/kg)				
Zinco	173,92	154,15	88,63	-11,37
Cobre	56,58	43,84	77,48	-22,52
Ferro	395,46	383,59	97,00	-3,00
Manganês	57,38	63,78	111,15	11,15
Selênio	1,32	2,62	198,48	98,48

¹ Valor médio de duas determinações.

² IRC (%) = índice relativo de comparação outorgando 100% ao nutriente na LI.

³ Diferença percentual = IRC - 100.

Para ressaltar as diferenças aplicou-se o índice relativo de comparação (IRC%), sendo atribuído 100,0% ao valor original de cada elemento na LI. De igual forma, esses valores são comparados com os tabelados nas bases PROTECTOR (1980) e INRA (1988) e com resultados de De Carvalho (2002), Zachariadis (2002) e Rostagno et al. (2005). Ressalta-se que os valores de referencia são irregulares entre os autores, com amplos intervalos de variação, caracterizando heterogeneidade entre as leveduras, em função dos substratos utilizados e concentração de nutrientes no meio, processamento, e métodos de análises dos minerais. Porém, outros fatores determinantes de variação nos resultados podem ser: valores tabelados sem especificar a base de apresentação (natural ou seca), origem da levedura (laboratório ou indústria), ausência de padrão nas unidades de medida para os minerais (macro e micro elementos) e, ausência de padrão de comparação (material de referencia).

O conteúdo de Ca foi de 0,51% para a LI e 0,82% para a LA, com incremento de 60,78% na última. Para a LI valor similar (0,5%) é apresentado pela tabela de PROTECTOR (1980). Valores inferiores (0,04 a 0,35%) com média de 0,21% foram apresentados pelo INRA (1988), De Carvalho (2002), Zachariadis et al. (2002) e Rostagno et al. (2005). O teor de Ca (0,82%) da LA se apresentou 4,32 vezes superior ao encontrado (0,19%) por De Carvalho (2002).

Os teores de P determinados nesta pesquisa 0,88 e 0,86% para LI e LA, respectivamente, foram semelhantes entre si e próximos aos valores apresentados pelo PROTECTOR (1980) e Rostagno et al. (2005) de 0,84 e 0,82% para LI. Entretanto valores superiores de P foram reportados para LI de 1,50 e 1,52% por INRA (1988) e De Carvalho (2002) respectivamente e de 1,31% para LA por De Carvalho (2002).

Os valores de Na encontrados nesta pesquisa (Tabela 3) foram idênticos (0,30%) para as duas leveduras. Entretanto, para a LI valores inferiores na faixa de 0,01 a 0,20% (média de 0,08%) foram relatados por PROTECTOR (1980), INRA (1988), De Carvalho (2002), Zachariadis et al. (2002) e Rostagno et al. (2005). Para a LA encontrou-se um valor superior de 0,71% relatado por De Carvalho (2002).

O potássio, seguido do fósforo são os dois elementos minerais presentes em maior quantidade nas LI e LA, tanto de álcool quanto de cerveja. Os níveis do K encontrados nesta pesquisa foram de 1,21 e 1,56% para LI e LA, sendo a LA 28,93% mais rica quando comparada com a LI. Para a LI valores próximos de 1,13 e 1,43% foram encontrados por Rostagno et al. (2005) e Zachariadis et al. (2002). Outros valores um tanto superiores na faixa de 1,70 a 2,04% com média de 1,85%

foram apresentados por PROTECTOR (1980), INRA (1988) e De Carvalho (2002). Entretanto, para a LA De Carvalho (2002) reportou valor de K de 1,99%.

A LI e a LA apresentaram valores semelhantes de S de 0,42 e 0,40%, respectivamente. Esse elemento no caso da LI revelou-se inferior aos valores de 0,58 e 0,45% relatados por PROTECTOR (1980) e INRA (1988). A literatura não apresenta valores desse mineral para a LA.

O teor de Mg de 0,58% para LI foi inferior em 22,41% ao encontrado na LA (0,71%). Estes valores são superiores aos 0,09 a 0,20% (média de 0,14%) encontrados para a LI por PROTECTOR (1980), INRA (1988), De Carvalho (2002) e Zachariadis et al. (2002) e, para a LA de 0,14% (De Carvalho, 2002).

Da mesma maneira que no Na, o Cl também apresentou valor idêntico (0,03%) para os dois produtos, sendo comparativamente inferior ao teor reportado de 0,18% para LI (PROTECTOR, 1980; INRA, 1988), não havendo informações na literatura desse mineral para a LA.

O conteúdo de Zn de 173,92 mg/kg para LI e 154,15 mg/kg para LA, apresentou diferença de 11,37% a favor da LI (Tabela 3). Pesquisas relataram valores heterogêneos e inferiores aos determinados nesta pesquisa para a LI (10,00 a 127,00 mg/kg) com média de 69,4 mg/kg (PROTECTOR, 1980; INRA, 1988; De Carvalho, 2002 e Zachariadis et al., 2002); e valor semelhante de 157,00 mg/kg para LA (De Carvalho, 2002).

Teores de Cu de 56,58 e 43,84 mg/kg para a LI e LA, respectivamente, com diferença no IRC de 22,52% a favor da LI. Foram observados valores próximos de Cu para LI têm sido relatados de 65,00 mg/kg (INRA, 1988) e 49,40 mg/kg (De Carvalho, 2002). Entretanto, esses valores revelam-se inferiores aos 152,00 mg/kg reportados por PROTECTOR (1980). Já para a LA, De Carvalho (2002), relatou um valor próximo de 45,0 mg/kg.

Os valores de ferro determinados nesta pesquisa foram de 395,46 mg/kg (LI) e 383,59 mg/kg (LA). Os teores deste mineral encontrados na literatura são heterogêneos abrangendo valores entre 138,80 e 1660,00 mg/kg (média de 607,2 mg/kg) para LI (PROTECTOR, 1980; INRA, 1988; De Carvalho, 2002 e Zachariadis et al., 2002). Entre esses valores, os mais próximos dos relatados nesta pesquisa foram de 380,00 mg/kg para LI e de 368,00 mg/kg para LA (De Carvalho, 2002).

A composição em Mn dos produtos LI e LA analisados neste trabalho foram de 57,38 e 63,78 mg/kg, com diferença de 11,15% a favor da LA. Esses valores apresentaram-se superiores aos encontrados na literatura (13,50 a 40,00 mg/kg) para a LI com média de 24,50 mg/kg (PROTECTOR, 1980; INRA, 1988 e De Carvalho, 2002) e, de 13,80 mg/kg para a LA (De Carvalho, 2002).

O Se apresentou valores de 1,32 e 2,62 mg/kg para a LI e LA, respectivamente, com um índice relativo de comparação de 198,48%. O teor de Se na LI foi 6,6 vezes superior à média de 0,20 mg/kg reportada em PROTECTOR (1980) e 13,2 vezes superior à média (0,10 mg/kg) reportada em INRA (1988).

Digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta e disponibilidade dos minerais da levedura

Na Tabela 4 são apresentados os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA), pela tilápia do Nilo, da MS, PB, EB e minerais da LI e da LA. Para comparar esses resultados aplicou-se o índice relativo de comparação (IRC%), sendo atribuído 100,0% ao valor apresentado pela LI para cada parâmetro.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB) e minerais da levedura íntegra (LI) e da levedura autolisada (LA) pela tilápia do Nilo

CDA (%)	LI	LA	IRC (%) ⁽¹⁾	Diferença percentual ⁽²⁾
Matéria seca	81,84	81,81	99,96	-0,04
Proteína bruta	79,20	78,47	99,08	-0,92
Energia bruta	79,15	83,54	105,55	5,55
Macrominerais				
Cálcio	91,86	100,00	108,86	8,86
Fósforo	100,00	100,00	100,00	0,00
Sódio	97,17	94,15	96,89	-3,11
Potássio	100,00	98,66	98,66	-1,34
Enxofre	75,70	83,42	110,20	10,20
Magnésio	72,94	85,86	117,71	17,71
Cloro	83,64	100,00	119,56	19,56
Microminerais				
Zinco	24,38	64,43	264,27	164,27
Cobre	54,93	78,78	143,42	43,42
Ferro	28,32	39,77	140,43	40,43
Manganês	100,00	100,00	100,00	0,00
Selênio	100,00	100,00	100,00	0,00

¹ IRC (%) = índice relativo de comparação atribuindo 100% ao valor encontrado para a LI.

² Diferença percentual = IRC - 100.

Os resultados obtidos (Tabela 4) demonstram que os CDA apresentaram diferenças para os nutrientes estudados. Os Coeficientes de digestibilidade da MS e

da PB apresentaram-se semelhantes entre as leveduras, contudo, o processo de autólise aumentou a digestibilidade da energia.

Os CDA da MS determinados nesta pesquisa foram de 81,84% para a LI e 81,81% para a LA, apresentando diferença mínima de 0,04%, podendo ser considerados idênticos. O CDA da MS da LI foi semelhante ao obtido na mesma espécie por Barros et al. (1988) de 81,10%. Pesquisas desenvolvidas por Meurer et al. (2003), Pezzato et al. (2004) e Hisano (2005) avaliaram diversos alimentos para a tilápia do Nilo e relataram valores inferiores de CDA da MS para LI (63,54; 74,31 e 77,86%, respectivamente). Hisano (2005) reportou CDA de 85,94% para a MS da LA, maior que o encontrado neste trabalho.

Os CDA da PB foram, respectivamente, de 79,20% para a LI e 78,47% para a LA. O CDA da PB para a LI foi inferior dos relatados por Barros et al. (1988) de 93,44% e Pezzato et al. (2004) de 88,58%, também com a tilápia do Nilo. No entanto, esse valor revelou-se superior aos determinados por Meurer et al. (2003) de 77,39% e Hisano (2005) de 69,64%. Por outro lado, para a LA o valor determinado nesta pesquisa (78,47%) foi superior ao reportado por Hisano (2005) de 72,20%.

Os CDA da energia da LI (79,15%) e LA (83,54%) revelaram diferença percentual de 5,55% (Tabela 4), confirmando que a parede celular intacta compromete a utilização da energia na LI pela tilápia do Nilo. O CDA da EB apresentado nesta pesquisa para a LI se mostrou inferior ao encontrado por Pezzato et al. (2004) quando obtiveram CDA de 86,19% com essa mesma espécie. No entanto, os CDA da EB de 62,77 e 73,56% obtidos por Meurer et al. (2003) e Hisano (2005), respectivamente, também com a tilápia do Nilo, mostraram pior digestibilidade que o encontrado na presente pesquisa para a LI. Por outro lado, o CDA da EB da LA (83,54%) revelou-se inferior ao reportado (86,53%) por Hisano (2005). Apesar das diferenças, os CDA da EB da LA podem ser considerados ótimos para a espécie.

Dentre os doze minerais avaliados nesta pesquisa (Tabela 4), todos os macroelementos apresentaram boa digestibilidade (72,94 a 100%), com média de 88,76% para a LI, e de 83,42 a 100% com média de 94,58% para LA, revelando incremento geral na taxa de absorção de 6,55% a favor da LA.

Na Tabela 4, destacam-se os altos CDA (maiores que 90%) apresentados pelos macroelementos Ca, P, Na e K na LI e do Ca, P, Na, K e Cl na LA. De forma semelhante, quando comparando os CDA dos macroelementos contidos nas leveduras, pode-se observar clara tendência de melhor digestibilidade causada pelo processo de autólise. Essa melhora, em termos percentuais, foi de 8,86% para o

Ca, 10,20% para o S, 17,71% para o Mg e 19,56% para o Cl. No caso do P essa melhoria não foi possível de se quantificar, dado que seu CDA na LI já foi de 100%. Na e K foram os únicos macro elementos que apresentaram discreta diminuição nos CDA, sendo esta diferença de 3,11 e 1,34%, respectivamente.

Quanto aos CDA dos micro elementos Zn, Cu, Fe, Mn e Se, destaca-se a alta digestibilidade (100%) do Mn e do Se nos dois produtos, fato que impede quantificar a ação do processo de autólise. Para o Zn, Cu e Fe, registraram-se CDA de 24,38; 54,93 e 28,32% para LI e, de 64,43; 78,78 e 39,77% para LA, respectivamente. Da mesma maneira que para os macro elementos, revelou-se efeito benéfico causado pelo rompimento celular na LI, que por meio do IRC podem ser quantificados acréscimos de 164,27% para o Zn, 43,42% para o Cu e 40,43% para o Fe.

Nutrientes e energia digestíveis da levedura íntegra e da levedura autolisada

Os valores médios dos nutrientes digestíveis da LI e da LA encontram-se apresentados na Tabela 5. Considerando a procedência desses produtos da mesma empresa e safra, pode-se inferir que as diferenças absolutas em termos de nutrientes digestíveis entre as LI e LA são principalmente devidas ao processo de autólise.

Os resultados apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5 demonstram que o processo de autólise na LI teve efeito benéfico sobre a fração absorvível da energia bruta e minerais, com exceção do P e Na. O fósforo digestível apresentou valor aparentemente diminuído em 2,27% (IRC) para a LA. Porém, essa diferença pode ser explicada em grande parte pelo conteúdo desse nutriente na biomassa inicial (Tabela 3) e não pela habilidade da tilápia para absorvê-lo (Tabela 4), pois as duas leveduras apresentaram CDA de 100%. Com relação ao Na, pode-se inferir que o decréscimo percentual (3,45%) foi causado por uma leve diminuição do CDA para o Na da LA, pois os valores absolutos analisados nos substratos foram idênticos (Tabela 3).

Observa-se na Tabela 5 que o valor total da matéria seca digestível (MSD) de 76,79% para LI e 76,66% para LA, foi muito próximo entre as leveduras, o que reflete a capacidade do trato digestório da tilápia para fracionar e absorver os nutrientes contidos nas leveduras (LI e LA). Segundo Olvera-Novoa (2002) uma das características mais notáveis da tilápia é a sua elevada eficiência na utilização do alimento, relacionada com a alta capacidade para digerir microalgas e matéria

vegetal em geral, que é favorecida ainda pelo baixo pH do estômago. Este fato lhe permite obter os nutrientes do interior da célula vegetal ou também aproveitar bactérias e microalgas. Nas leveduras analisadas no presente estudo (Tabela 5), a LI revelou níveis de MSD (76,79%) superiores aos reportados pela literatura para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), os quais estiveram na faixa de 58,68 a 73,40% com média de 67,06% (Meurer et al., 2003, Pezzato et al., 2004 e Hisano, 2005). Para a LA, Hisano (2005) encontrou valor superior de 81,42 na MSD, superior em 5,85% ao encontrado nesta pesquisa (76,66%).

Tabela 5. Valores digestíveis para matéria seca, proteína e energia, e minerais disponíveis da levedura íntegra (LI) e da levedura autolisada (LA) pela tilápia do Nilo (base na matéria seca)

Nutriente digestível	LI	LA	IRC (%) ⁽¹⁾	Diferença percentual ⁽²⁾
Matéria seca (%)	76,79	76,66	99,82	-0,18
Proteína (%)	30,77	30,25	98,31	-1,69
Energia (kcal/kg)	3604	3869	107,32	7,32
Macrominerais (%)				
Cálcio	0,47	0,82	174,47	74,47
Fósforo	0,88	0,86	97,73	-2,27
Sódio	0,29	0,28	96,55	-3,45
Potássio	1,21	1,56	127,27	27,27
Enxofre	0,32	0,33	103,13	3,13
Magnésio	0,42	0,61	145,24	45,24
Cloro	0,026	0,031	119,23	19,23
Microminerais (mg/kg)				
Zinco	42,40	99,32	234,25	134,25
Cobre	31,08	34,54	111,13	11,13
Ferro	111,99	152,55	136,22	36,22
Manganês	57,38	63,78	110,35	10,35
Selênio	1,32	2,62	198,48	98,48

¹ IRC (%) = índice relativo de comparação atribuindo 100% ao nutriente na LI.

² Diferença percentual = IRC - 100.

Os valores da proteína digestível (PD) de 30,77% (LI) e 30,25% (LA), apresentaram diferença percentual de 1,69% por meio do IRC. Hori (1997) e Butolo (1997) reportaram que a biomassa de levedura contém altos níveis de nitrogênio não protéico (NNP) principalmente nas formas de ácidos nucléicos e amoniacal, entre outros. O valor de PD determinado nesta pesquisa para LI (30,77%) mostrou-se similar ao encontrado por Pezzato, et al (2004) de 30,12% e inferior aos obtidos

por Meurer et al. (2003) de 32,19% e Hisano (2005) de 34,24%, em pesquisa de digestibilidade com a mesma espécie. Para a LA acontece o contrario, encontrando-se um valor inferior para a PD de 24,87% (Hisano, 2005) quando comparado com o analisado neste trabalho de 30,25%. Os resultados apresentados pela PD das leveduras permitem inferir que esses produtos são fontes protéicas intermediarias para os peixes, especialmente quando usadas como complemento de fonte vegetal de alta qualidade.

O valor médio de energia digestível (ED) determinado nesta pesquisa foi de 3604 e 3869 kcal/kg para LI e LA, respectivamente (Tabela 5). Essa fração na LA revelou-se 7,32% superior quando comparada por meio do IRC com a LI, tendência já apresentada nos conteúdos brutos (Tabela 3) e nos CDA (Tabela 4).

A ED contida na LI determinada nesta pesquisa (3604 kcal/kg) se revelou similar aos 3601 kcal ED/kg (Barros et al., 1988) e de 3620 kcal ED/kg Pezzato et al. (2004) obtidos com a mesma espécie e, superior aos níveis reportados por Meurer et al. (2003) e Hisano (2005) de 2707 e 3243 kcal ED/kg, respectivamente. Para LA o valor obtido neste trabalho de 3869 Kcal ED/kg revelou-se superior ao encontrado por Hisano (2005) de 3607 Kcal ED/kg. O comportamento observado neste parâmetro confirma que o processo de autólise disponibiliza ainda mais os nutrientes energéticos da levedura.

Pode-se observar (Tabela 5) que a levedura autolisada apresentou tendência de maior disponibilidade de minerais que a levedura íntegra. Isso ocorreu, mesmo naqueles minerais que mostraram valores brutos mais altos na LI (Tabela 3), com exceção do P que não mostrou diferença após a autólise.

Destacam-se os altos incrementos (diferença percentual maior de 20%) nos valores disponíveis para os minerais Ca (IRC 174,47%), K (IRC 127,27%), Mg (IRC 145,24%), Zn (IRC 234,25%), Fe (IRC 136,22%) e Se (IRC 198,48%) da LA quando comparada com a LI. De igual maneira comportamento levemente superior na fração absorvível foi mostrada pelo S (IRC 103,13%), Cl (IRC 119,23%), Cu (ICR 111,13%) e Mn (IRC 110,35%). P e Na foram os únicos macro elementos que apresentaram ligeira diminuição nos valores digestíveis, sendo esta diferença de 2,27 e 3,45%, respectivamente.

Conclusões

Com base nos resultados desta pesquisa pode-se concluir:

A levedura íntegra (LI) e a levedura autolisada (LA) apresentam composição centesimal semelhante, com exceção da matéria mineral e fibra bruta;

As leveduras íntegra e autolisada apresentam, pela tilápia do Nilo, altos coeficientes de disponibilidade dos minerais;

O processo de autólise melhora a digestibilidade da energia e o valor absorvível dos minerais analisados com exceção do P, Na e S.

LITERATURA CITADA

- ALVIM, I.D.; SGARBIERI, V.C.; CHANG, K.C. Desenvolvimento de farinhas mistas e extrusadas à base de milho, derivados de levedura e caseína. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.22, n.2, p.170-176, 2002.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. 17th ed. AOAC International Ed. Maryland, USA. 2000, 2200p.
- BACCARIN, A.E. Desempenho produtivo e características morfológicas do aparelho digestivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada com levedura desidratada de álcool. Jaboticabal, SP. 1999, p.79 (Mestrado em Aqüicultura) – Universidade Estadual Paulista, 1999.
- BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; SILVEIRA, A.C.. Digestibilidade aparente de fontes alimentares alternativas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: Simpósio Latinoamericano de Aqüicultura, 1988, Florianópolis. Anais ... ABRAq, Florianópolis, 1988, p. 428-432.
- BOYD, C.E. Water quality in ponds for Aquaculture. Auburn, Birmingham, 482p, 1990.
- BREMER NETO, H.; FESSEL, G.C.A.; PEZZATO, L.E. Determinação de rotina do cromo em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n.3, p.691-697, 2005.
- BUTOLO, J.E. Uso da levedura desidratada na alimentação de aves. In: Simpósio sobre tecnologia da produção e utilização da levedura desidratada na alimentação animal, 1997, Campinas. Anais... Campinas, CBNA, 1997, p.51-83.
- CHO, C.Y.; SLINGER, S.J. Apparent digestibility measurements in feedstuffs for rainbow trout. In: HALVER, J.E. & TIEWS (Eds). *Finfish nutrition and fishfeed technology*, II, Berlin, Alemanha, 1979, p.239-247.
- COOKBOOH SHIMADZU – Operation manual: Atomic absorption spectrophotometer AA 6800, 2002. 157p.
- DE CARVALHO, M. Utilização de levedura íntegra (*Saccharomyces cerevisiae*) e seus derivados em dietas para juvenis de tilápia do Nilo. Pirassununga, SP. 2002, p.70 (Mestrado em zootecnia) – Universidad de São Paulo, 2002.
- DE FARIA, H.G. ; FURLAN, A.C. ; SCAPINELLO, C. Valor nutritivo da levedura de recuperação (*Saccharomyces sp*), seca em rolo rotativo e pelo método spray-

- dry para coelhos em crescimento. In: XXXIII REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 1996, FORTALEZA. ANAIS DA XXXIII REUNIAO ANUAL DA SBZ, 1996.
- EL-SAYED, A.F.M. Current State and Future Potential. In: Beveridge, M.C.M; McAndrew, B. (Eds) Tilapia Culture. CABI Publishing, Cambridge: Cambridge University, p.1-24, 2006.
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION (FAO), 2003. Food energy: methods of analysis and conversion factors. Report of a technical workshop. FAO, Food and Nutrition Paper, 77, Rome., 2003, 93p.
- GAIOTTO, J.R. Utilização de levedura de cana-de-açúcar (*Saccharomyces cerevisiae*) e seus subprodutos na alimentação de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*). Pirassununga, SP. USP, 2005, p.87 (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) – Universidade de São Paulo, 2005.
- GATESOUBE F.J. Live yeasts in the gut: Natural occurrence, dietary introduction, and their effects on fish health and development. *Aquaculture*, v.267, p.20-30, 2007.
- GLENCROSS, B.D; BOOTH, M; ALLAN, G.L. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, v.13, p.17-34, 2007.
- GREENBERG, A.E.; CLESCERI, L.S.; EATON, A.D. Standard Methods for the examination of water and wastewater. Washington: American Public Health Association, 18th edition, 1992.
- HEINRICH J.N.; KWAK S.P.; HOWLAND D.S. et al. Disruption of ShcA signaling halts cell proliferation - Characterization of ShcC residues that influence signaling pathways using yeast. *Cellular Signalling*, v.18, n.6, p.795-806, 2006.
- HISANO, H. Levedura desidratada íntegra, autolisada e componentes da parede celular como pró-nutrientes para a tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): Botucatu, SP: UNESP, 2005, p.90 (Doutorado em Zootecnia: Nutrição e Produção Animal) – Universidade Estadual Paulista, 2005.
- HORII, J. Tecnologia da produção de levedura desidratada visando a qualidade do produto final. In: Simpósio sobre tecnologia da produção e utilização da levedura desidratada na alimentação animal. 1997. Anais... CBNA, Campinas, 1997, p.7-25.
- INA, Report of the american institute of nutrition ad hoc committee on standards for nutritional studies. *Journal of Nutrition*, v.107, p.1340-1348, 1977.
- INRA. L'alimentation des animaux monogastriques, - 2e edition, Editions INRA, Paris, 1988.

- LIU, X.Y. ; WANG, Q. ; CUI, S.W. et al. A new isolation method of B-D-glucans from spent yeast *Saccharomyces cerevisiae*, *Food hydrocolloids*, v.22, n.2 p 239-247, 2008.
- MACHADO, P.F. Uso de levedura desidratada na alimentação de ruminantes. In: Simpósio sobre tecnologia da produção e utilização da levedura desidratada na alimentação animal, 1997, Campinas, Anais... CBNA, Campinas, 1997, p.111-128.
- MARKZENK, Z. Spectrophotometric determination of elements. Chichester, Ellis Horwood, p.211-215, 1976.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, p.1801-1809, 2003 (Supl. 2).
- OLVERA-NOVOA, M.A. Nutrición y alimentación de tilapia. In: II Curso LANCE em Acuicultura, 13 al 17 de Mayo del 2002. Monterrey Nuevo León México, p 57, 2002.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; et al. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta scientiarum*, v.26, n.3, p.329-337, 2004.
- PEZZATO, L.E.; MENEZES, A.; BARROS, M.M. et al. Levedura em dietas para alevinos de tilápia do Nilo. *Veterinária e Zootecnia*, v.13, n.1, p.84-94, 2006.
- PROTECTOR. Tables de composition des matieres premieres destinees a l'alimentation animale. Comite d'Etude International Protector, Bruxelles, 1980.
- ROSE, A.H. Composition of the envelope layers of *Sacharomyces cerevisiae* in relation to flocculation and ethanol tolerance. *Journal of Applied Bacteriology. Symposium Supplement*. v.74, n.22, p.110S-118S, 1993.
- ROSTAGNO, H.S.; ALVINO, T.L.F.; DONZELE, J.L. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências. – 2.ed. – Viçosa : UFV, Departamento de Zootecnia, 2005, 186p.
- SANTUCCI, M.C.C.; ALVIM, I.D.; SCHMIT, E.V.F. et al. Enriquecimento de macarrão tipo tubo (massa curta) com derivados de levedura (*Saccharomyces* sp.): impacto nutricional e sensorial. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.23, n.2, p.290-295, 2003.
- SILVA, F.A.; NEVES, R.C.F.; QUINTERO-PINTO, L.G. et al. Determination of selenium by GFAAS in slurries of fish feces to estimate the bioavailability of this

micronutrient in feed used in pisciculture. *Chemosphere*, v.68, p.1542–1547, 2007.

YAMADA, A.M.; ALVIM, I.; COSTA M.C. et al. Composição centesimal e valor protéico de levedura residual da fermentação etanólica e de seus derivados. *Revista de Nutrição*. Campinas, v.16, n.4, p.423 – 432, 2003.

ZACHARIADIS, G.A.; RAIDOU, E.S.; THEMELIS, D.G. et al. Determination of mineral content of active dry yeast used in pharmaceutical formulations. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, v.28, p.463-473, 2002.

Capítulo - III

Implicações

Os sistemas de alimentação para tilapia criada em sistemas intensivos, além de atender as exigências nutricionais para ótimo rendimento, exigem dietas de alta qualidade e da inclusão de alternativas alimentícias que otimizem os recursos e diminuam os custos de produção, além de evitar a aparição de doenças e servirem como promotores do crescimento, imunoestimulantes e antiestressantes.

Nessa linha de pesquisa têm-se estudado alternativas de suplementação alimentar procurando determinar as quantidades e momento de inclusão sem ocasionar efeitos adversos aos peixes e resíduos para o consumidor final. Estudos recentes têm procurado identificar e utilizar microorganismos e/ou seus derivados, na forma ativa ou inativa, que, além de servirem como fontes de nutrientes, atuam de forma sinérgica com os demais nutrientes da dieta potencializando a sua ação e servindo ao organismo como pronutrientes, probióticos, imunoestimulantes. Nesse grupo de microorganismos podemos incluir as leveduras procedentes de destilarias e seus derivados de processamento, usados como ingredientes ou suplementos nas rações para diferentes espécies de organismos aquáticos.

A composição centesimal das leveduras no Brasil tem evoluído cronologicamente como resultado das melhoras nos processos e da padronização das cepas de fermentação. Além disso, no mercado atual existem produtos diferenciados extraídos a partir dos componentes da levedura integra como levedura autolisada, parede celular, concentrados protéicos, mananooligossacarídeos, β -glucanas, leveduras enriquecidas com minerais, todos com maior ou menor grau de pureza, dependendo dos processos de extração e dos meios de cultura. Nesse sentido diversas pesquisas precisam ser desenvolvidas para caracterizar as composições nutricionais e possíveis efeitos como pronutrientes, probióticos e imunoestimulantes desses produtos, nas formas ativas ou inativas, visando diferenciar ainda os efeitos por espécie e categoria de peixe, considerando seus hábitos alimentares, nível tecnológico de produção e possíveis fatores estressantes.

A levedura desidratada de álcool obtida pelo método spray dry, utilizada nesta pesquisa, mostrou-se como interessante fonte de proteína, energia e minerais de alta digestibilidade pela tilapia do Nilo. Entretanto, sugerimos

aprofundar as pesquisas dos componentes digestíveis e os da fração caracterizada neste estudo como “não determinada”, que inclui: nitrogênio não protéico (ácidos nucléicos, aminas, amidas, amônia, uréia), extrativo não nitrogenado (polissacarídeos não amiláceos e amiláceos), além dos aportes em pronutrientes, vitaminas, enzimas e ácidos graxos voláteis.

Considerando a ampla variabilidade da composição centesimal reportada nos trabalhos consultados, recomenda-se efetuar análise prévia da levedura de acordo com as aplicações de uso, seja ingrediente para compor rações, pronutrientes ou fontes de alguns dos seus nutrientes específicos. É importante levar em consideração os limites superiores de inclusão que poderiam ser limitados pela abundância de alguns dos seus componentes específicos.

É importante salientar que os resultados encontrados nesta pesquisa mostraram a levedura como rica fonte de minerais de alta digestibilidade, especialmente a levedura autolisada. Assim, a mesma pode reduzir os níveis de suplementação mineral quando da formulação de rações para organismos aquáticos, diminuindo os custos de produção, além de reduzir as descargas ao ambiente aquático, contribuindo à produção aquícola sustentável.

Apêndice

Tabela I. Composição centesimal e de energia bruta, e valores digestíveis da levedura íntegra (LI) e da levedura autolisada (LA) de álcool e cervejaria

	MS	CDA MS	MSD	PB	CDA PB	PD	FATOR	EB	CDA EB	ED	EE	CDA EE	EED	FB	MM	CHS SOLUVEIS (ENN)	RNA	Nao determ	REFERENCIA	
LEVEDURA INTEGRA ALCOOL	93,83	81,84	76,79	38,85	79,20	30,77	5,80	4554	79,15	3604	0,84			1,26	3,81			49,07	Pardo, 2008	
	88,06			33,65				4170			0,43			0,63	3,20			-	Pezzato et al., 2006 / tilápia	
	90,85			36,75	75,12	27,61		4157	81,07	3370	0,48			0,50	3,36				Rostagno et al., 2005/ suínos	
	94,27	77,86	73,40	49,17	69,64	34,24		4409	73,56	3243	0,12		94,82	0,11					Hisano, 2005 / tilápia	
	95,75			40,31	71,54	28,84					0,13				3,86				Galoto, 2005 / pintado	
	93,00	74,31	69,11	34,00	88,58	30,12		4200	86,19	3620	0,75				5,50				Pezzato et al., 2004 / tilápia	
				39,60	68,00	26,93		5,80				0,5	Lip. Tot.		1,10	4,60		14,90	Yamada et al., 2003 / ratos	
	92,35	63,54	58,68	41,59	77,39	32,19		4312	62,77	2707					0,30	3,71			Meurer et al., 2003 / tilápia	
	92,39			41,29								0,81			0,00	3,25			Baccarin, 1999 / tilápia	
	89,13			32,64								0,81			0,00	3,25			Machado et al., 1997 / Px Agua doce	
91,79	82,33	75,57	31,87	79,14	25,22		4425	87,19	3858					0,38				De Faria et al., 1996 / coelhos		
Media *	91,95	74,51	69,19	38,09	75,63	29,31	5,80	4279	78,16	3360	0,50	94,82	0,11	0,49	3,93		45,98	9,00	14,90	
DP	2,39	8,02	7,50	5,37	7,00	3,13		120	10,16	435	0,28			0,37	0,85		10,51			
LEVEDURA INTEGRA CERVEJARIA				46,55			5,80				3,15	Lip. Tot.		1,99	7,99		23,58	5,70	Vilela et al., 2000	
				48,74			5,80				3,33	Lip. Tot.		1,88	8,55		22,52	5,70	Sgarbieri et al., 1999	
				47,65			5,80				3,24			1,94	8,27		23,05	5,70		
				1,55							0,13			0,08	0,40		0,75	0,00	0,31	
	93,70	81,81	76,66	38,55	78,47	30,25	5,80	4631	83,54	3869	0,88			1,02	4,56			48,69	Pardo, 2008	
	94,79			34,44				4169			0,15			0,51	3,18				Pezzato et al., 2004 / tilápia	
	94,79	85,90	81,42	34,44	72,20	24,87		4169	86,53	3607	0,15	93,78	0,14						Hisano, 2005 / tilápia	
	96,71			32,46							0,34				7,33				Galoto, 2005 / pintado	
				40,40	76,60	30,95	5,80					1,2	Lip. Tot.		1,00	6,20		30,40	15,40	Yamada et al., 2003 / ratos
	96,50			38,40				5,80				1,2	Lip. Tot.		6,00				32,00%* Fibra total, 13,5% CHOS	Sgarbieri et al. 2003/ enriquec. macarrao
LEVEDURA ALCOOL				37,10			5,80				1,9	Lip. Tot.		6,70					40,6% Fibra total, 13,7% CHOS	Alvim, et al, 2002/ farinhas mistas
	95,70	85,9	81,42	36,21	74,40	27,91	5,80	4169	86,53	3607	0,82	93,78	0,14	0,76	5,88		46,74	5,5	15,4	
	1,05			0,92	3,11	4,30		0,00			0,49			0,35	0,49		11,92	0,14		
				43,94			5,80				3,34	Lip. Tot.		0,29	7,06		26,17	7,90	11,30	Vilela et al., 2000
				46,45			5,80				3,30	Lip. Tot.		0,27	8,83		24,76	7,90	10,82	Sgarbieri et al., 1999
	0,00	0,00	0,00	45,20			5,80				3,32			0,28	7,95		25,47	7,90	11,06	
				1,77							0,03			0,01	1,25		1,00	0,00	0,34	

* As médias dos valores não incluem os resultados encontrados na presente pesquisa.

Tabela II. Composição mineral da levedura íntegra (LI) e da levedura autolisada (LA) de álcool e cervejaria

TIPO DE LEVEDURA	%	Macrominerais (%)						Microminerais (mg/kg)						AUTORES	
		Cálcio	Fósforo	Sódio	Potássio	Enxofre	Magnésio	Cloro	Zinco	Cobre	Ferro	Manganês	Selênio		
LEVEDURA DE ALCOOL	LI	4,49	0,51	0,88	0,30	1,21	0,42	0,58	0,03	173,92	56,58	395,46	57,38	1,32	Pardo, 2008
			0,29	0,82	0,20	1,13									Rostagno et al., 2005
			0,04		0,04	1,43		0,09		56,60		138,80			Zachariadis et al., 2002
			0,15	1,52	0,01	2,04		0,14		127,00	49,40	380,00	13,50		Sgarbieri, 2000. Citado por De Carvalho, Marcia, 2002.
		8,20	0,35	1,50	0,07	1,80	0,45	0,20	0,18	10,00	65,00	250,00	20,00	0,10	INRA, 1990
		7,50	0,50	0,84	0,07	1,70	0,58	0,11	0,18	84,00	152,00	1660,00	40,00	0,20	PROTECTOR, 1980
	MEDIA *	7,85	0,27	1,17	0,08	1,62	0,52	0,14	0,18	69,40	88,80	607,20	24,50	0,15	
	DP	0,49	0,18	0,39	0,07	0,35	0,09	0,05	0,00	49,07	55,29	708,75	13,81	0,07	
	LA	4,69	0,82	0,86	0,30	1,56	0,40	0,71	0,03	154,15	43,84	383,59	63,78	2,62	Pardo, 2008
			0,19	1,31	0,71	1,99		0,14		157,00	45,00	368,00	13,80		Sgarbieri, 2000. Citado por De Carvalho, Marcia, 2002.
LEVEDURA DE CERVEJARIA	LI	7,25	0,14	1,40	0,07	1,70	0,45	0,20	0,15	60,00	25,00	175,00	5,00	0,60	INRA, 1990
		7,40	0,20	1,40	0,04	2,00	0,53	0,17	0,15	40,00	17,00	343,00	16,00	0,10	PROTECTOR, 1980
	MEDIA	7,33	0,17	1,40	0,06	1,85	0,49	0,19	0,15	50,00	21,00	259,00	10,50	0,35	
	DP	0,11	0,04	0,00	0,02	0,21	0,06	0,02	0,00	14,14	5,66	118,79	7,78	0,35	
LA		0,41	1,18	0,61	1,37		0,16		40,00	6,00	100,00	37,00		Sgarbieri et al., 1999	

* As médias dos valores não incluem os resultados encontrados na presente pesquisa.

Tabela III. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) para matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) da levedura íntegra (LI) e da levedura autolisada (LA) pela tilápia do Nilo

	MS	CDA MS	MSD	PB	CDA PB	PD	EB	CDA EB	ED	REFERENCIA
LEVEDURA ÍNTEGRA DE ALCOOL	93,83	81,84	76,79	38,85	79,20	30,77	4554	79,15	3604	Pardo, 2008
	94,27	77,86	73,40	49,17	69,64	34,24	4409	73,56	3243	Hisano, 2005
	93,00	74,31	69,11	34,00	88,58	30,12	4200	86,19	3620	Pezzato et al., 2004
	92,35	63,54	58,68	41,59	77,39	32,19	4312	62,77	2707	Meurer et al., 2003
		81,10			93,44				3601	Barros et al., 1988
Media *	93,21	74,20	67,06	41,59	82,26	32,18	4307	74,17	3293	
DP	0,98	7,63	7,57	7,59	10,77	2,06	105	11,72	427	
LEVEDURA AUTOLISADA DE ALCOOL	93,70	81,81	76,66	38,55	78,47	30,25	4631	83,54	3869	Pardo, 2008
	94,79	85,90	81,42	34,44	72,20	24,87	4169	86,53	3607	Hisano, 2005

* As médias dos valores não incluem os resultados encontrados na presente pesquisa.