

# Nutrientes digestíveis da Levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) Íntegra e Autolisada para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

ARTÍCULO DE  
INVESTIGACIÓN



Blanca Stella Pardo-Gamboa<sup>1</sup>, Luis Gabriel Quintero-Pinto<sup>2</sup>, Luiz Edivaldo Pezzato<sup>1</sup>,  
Fabio Arlindo Silva<sup>3</sup>, Ana María Carolina Quintero-Pardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Universidade Estadual Paulista -Unesp-, Botucatu, SP.

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias para la Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

<sup>3</sup> Departamento de Química e Bioquímica, Instituto de Biociencias, Universidade Estadual Paulista -Unesp-, Botucatu, SP.

blancastella8@hotmail.com

(Recibido: diciembre 24, 2010; aprobado: febrero 10, 2010)

**RESUMO:** Este estudo objetivou 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 tilápia do Nilo (peso médio de 141,58±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:** ciclidae, digestibilidade, levedura, minerais, peixes

## Integral and Autolyzed Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) digestible nutrients for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

**ABSTRACT:** The objective of this study is to describe the nutritional composition and to determine the digestible nutrients of alcohol yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) both spray dried integral and autolyzed for Nile Tilapia. To do this, a reference diet (purified) based on albumin and gelatin labeled as 0.10% chromium-III and two rations with 30% substitution of the reference diet for the testing ingredient were used. Ninety juvenile Nile Tilapia were used (initial weight 141.58±7.85 g). They were stored in nine net cages submerged in the same number of tanks for feeding and five tanks were used for excreta collection. A chemical and centesimal composition of integral yeast (IY) and autolyzed yeast (AY) and digestible values for dry matter, crude protein, gross energy and minerals (phosphorus, calcium, magnesium, sodium, potassium, chlorine, sulfur, selenium, zinc, copper, iron and manganese) were determined. We concluded that integral yeast (IY) and autolyzed yeast (AY) present similar centesimal composition, except for mineral matter and crude fiber. Integral yeast (IY) and autolyzed yeast (AY) present higher coefficients of minerals availability for Nile Tilapia. The autolysis process increases both digestibility of energy and the absorption of the analyzed minerals with exception of phosphorus, sodium and sulfur.

**Key words:** ciclidae, digestibility, yeast, minerals, fish

## 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 42.000 TM 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.

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, imunostimulantes e anti-estressantes.

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 imunostimulante (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.

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.

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.

## 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 (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB) e energia bruta (EB) e, dos minerais: fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), cloro (Cl), enxofre (S), selênio (Se), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) 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 MS, da PB e da EB. Determinou-se, ainda, a disponibilidade aparente dos minerais P, Ca, Mg, Na, K, Cl, S, Se, Zn, Cu, Fe e Mn.

Para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente das leveduras foram confeccionadas uma ração de referência purificada, com base na proteína da albumina e da gelatina e duas rações teste substituindo 30,0% da ração referência pelo ingrediente levedura íntegra ou levedura autolisada. As três rações foram acrescidas de 0,1% de óxido de crômio-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), com matriz com orifícios de 5,0 mm de diâmetro. Posteriormente, foram desidratados (55,0°C/12 horas) e fracionados para obtenção de grânulos homogêneos (largura e comprimento de 5,0 mm).

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±7,85 g, os quais foram alojados em

gaiolas de polietileno que permitiram transferi-los rapidamente, minimizando os efeitos do estresse.

Diariamente às 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 por 15 dias, sendo condicionados gradativamente às rações experimentais. Estes foram alimentados, quatro vezes ao dia, a cada três horas, na proporção que possibilitou máxima ingestão sem perdas excessivas. Iniciado o período de colheita de

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

Ingrediente	Dieta Referencia	Dieta LI	Dieta LA
	%	%	%
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) <sup>(1)</sup>	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 <sup>(2)</sup>	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
<b>Análise proximal</b>			
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

<sup>1</sup> BHT = Butil hidroxi tolueno.

<sup>2</sup> 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.

fezes, a frequência alimentar foi incrementada de hora em hora no período da tarde para o grupo que coletaria fezes.

As fezes de cada um dos aquários foram coletadas, secas em estufa com circulação forçada de ar a 55,0°C/24 horas, 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). Para a determinação de PB, utilizaram-se os fatores de 5,8 para as leveduras e de 6,25 para os demais materiais. 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 (ENN) e parte do nitrogênio não protéico (NNP).

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 Se, Cl e S, realizou-se a digestão nitro/perclórica para posterior quantificação. Cr, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe e Mn foram determinados por Espectrometria de Absorção Atômica em Chama (FAAS) (Cookbook Shimadzu, 2002); P por espectrofotometria no visível (Markzenk, 1976); Na e K por Espectrometria de Emissão Atômica (AES) (Cookbook Shimadzu, 2002). O teor de Se foi determinado por espectrometria de absorção atômica em forno de grafite (GFAAS) (Silva et al., 2007). O teor de Cl foi determinado pelo método titulométrico e o S pelo turbidimétrico (Greenberg et al., 1992).

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

Nutriente (% ms)	LI	LA	IRC (%) <sup>(2)</sup>	Diferença percentual <sup>(3)</sup>
	Média ± dp <sup>(1)</sup>	Média ± dp		
Matéria seca	93,83±3,32	93,70±3,05	99,86	-0,14
Proteína bruta (N x 5,8)	38,85±0,39	38,55±0,87	99,23	-0,77
Extrato etéreo	0,84±0,03	0,88 0,02	104,76	4,76
Matéria mineral	3,81±0,18	4,56±0,03	119,69	19,69
Fibra bruta	1,26±0,18	1,02±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

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

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

<sup>3</sup> Diferença percentual = IRC – 100.

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

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia das rações e leveduras foram calculados pela técnica de proporções, utilizando as formulas propostas por Cho & Slinger (1979).

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, 1998).

### 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.

Os produtos analisados LI e LA apresentaram composições próximas com exceção da MM e a FB. 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 de MS encontrado foi de 93,83% para LI e de 93,70% para LA. 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%; valores discordantes, um pouco inferiores, foram relatados (na faixa de 91,79 e 88,06%) por De Faria et al. (1996), Machado (1997), Rostagno et al. (2005) e Pezzato et al. (2006); e um valor considerado superior (95,75%) por Gaiotto (2005). Para LA valores 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 PB (N x 5,8) observados, de 38,85 e 38,55% para as LI e LA, respectivamente. 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%), foram reportados por Baccarin (1999), Meurer et al. (2003), Gaiotto (2005) e Hisano (2005);

valores inferiores (31,87 a 36,75%), foram reportados por De Faria et al. (1996), Machado (1997), Pezzato et al. (2004), Rostagno et al. (2005) 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%), foram encontrados 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 NNP, no cálculo desse parâmetro, ao utilizar o fator de conversão de nitrogênio (N) para PB de 6,25 no lugar de 5,8. Segundo FAO (2003) o fator de conversão de N total para proteína é específico para cada tipo de material analisado.

O conteúdo de EE 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% para LI (Machado, 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% para LA (Gaiotto, 2005; Hisano, 2005 e Pezzato et al., 2006). O teor de EE apresentado pela LA discordou dos valores de lipídios totais (1,9; 1,2 e 1,2%) reportados por Alvim et al. (2002), Santucci et al. (2003) e Yamada et al. (2003).

Os valores encontrados de MM para a LI e LA (Tabela 2) 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%), por Machado (1997), Baccarin (1999), Rostagno et al. (2005), Pezzato et al. (2006); valores pouco superiores foram encontrados por Yamada et al. (2003), Pezzato et al. (2004) e Gaiotto (2005) abrangendo um intervalo entre 3,86 e 5,50%.

Os teores de MM da LA, mostraram diferenças 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%. Esses valores confirmam a tendência apresentada neste trabalho, de que o conteúdo de MM na LI é consideravelmente inferior ao da LA.

O conteúdo de 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 aos 1,1 e 1,0% para LI e LA, respectivamente, encontrados por Yamada et al. (2003). Valores inferiores de FB na LI (0,30 a

0,63%) 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. Valores superiores de 54,2 e 51,4% para LI e LA, respectivamente, foram apresentados por Yamada et al. (2003).

**Tabela 3.** Composição mineral da levedura íntegra e da levedura autolisada (base matéria seca)

Mineral <sup>(1)</sup>	LI	LA	IRC (%) <sup>(2)</sup>	Diferença percentual <sup>(3)</sup>
<u>Macro elemento (%)</u>				
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
<u>Micro elemento (mg/kg)</u>				
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	109,41	9,41
Selênio	1,32	2,62	198,48	98,48

<sup>1</sup> Valor médio de duas determinações.

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

<sup>3</sup> Diferença percentual = IRC - 100.

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 nucleicos 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 LI e LA foram 4554 e 4631 kcal EB/kg, respectivamente (Tabela 2). 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), 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 LI e da LA são apresentados na Tabela 3. Ressalta-se que os valores de referencia encontrados na literatura 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.

Entre os macrominerais analisados os dois produtos apresentaram semelhantes conteúdos de P, Na, S e Cl (Tabela 3). 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 (0,50%) foi apresentado pela tabela de PROTECTOR (1980). Valores inferiores (0,04 a 0,35%) foram apresentados por 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. Valores semelhantes para LI foram apresentados por PROTECTOR (1980) e Rostagno et al. (2005) de 0,84 e 0,82%, respectivamente. 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% 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 K, seguido do P são os dois elementos minerais presentes em maior quantidade nas leveduras. Os níveis do K encontrados nesta pesquisa foram de 1,21 e 1,56% para LI e LA. 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% 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%.

Pode-se observar na Tabela 3 que 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.

Conforme observado na Tabela 3, 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 de 0,09 a 0,20% 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.

Os micro elementos analisados nesta pesquisa (Tabela 3) apresentaram composições diferentes com exceção do Fe que se revelou relativamente próximo nas duas leveduras.

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 para a LI (10,00 a 127,00 mg/kg) por PROTECTOR (1980), INRA (1988), De Carvalho (2002) e Zachariadis et al. (2002); e valor semelhante de 157,00 mg/kg para LA por De Carvalho (2002).

A Tabela 3 mostra 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. 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 Fe 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 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 62,78 mg/kg (Tabela 3). Esses valores apresentaram-se superiores aos encontrados na literatura (13,50 a 40,00 mg/kg) para a LI (PROTECTOR, 1980; INRA, 1988 e De Carvalho, 2002) e, de 13,80 mg/kg para a LA (De Carvalho, 2002).

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

**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 (%) <sup>(1)</sup>	Diferença percentual <sup>(2)</sup>
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
Minerais				
Macro elementos				
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
Micro elementos				
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

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

<sup>2</sup> Diferença percentual = IRC - 100.

### Digestibilidade aparente dos nutrientes 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. Esses valores apresentaram diferenças para os nutrientes estudados. Os Coeficientes de digestibilidade da MS e da PB apresentaram-se semelhantes entre as leveduras. O processo de autólise aumentou a digestibilidade da energia.

Os CDA da MS determinados nesta pesquisa (Tabela 4) foram de 81,44% para a LI e 81,81% para a LA, 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 (81,81%).

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

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

Nutriente digestível (%)	LI	LA	IRC (%) <sup>(1)</sup>	Diferença percentual <sup>(2)</sup>
Matéria seca	76,79	76,65	99,82	-0,18
Proteína	30,77	30,25	98,31	-1,69
Energia (kcal/kg)	3604	3869	107,32	7,32
Mineral digestível				
Macro elementos (%)				
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
Micro elementos (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

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

<sup>2</sup> Diferença percentual = IRC - 100.

tilápia do Nilo. O CDA da EB apresentado nesta pesquisa para a LI se mostrou inferior ao encontrado por Pezzato et al. (2004) 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) 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, todos os macro elementos apresentaram boa digestibilidade (72,94 a 100%) para a LI, e de 83,42 a 100% para LA, revelando incremento médio 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.

Na Tabela 4 observam-se, ainda, os CDA dos micro elementos Zn, Cu, Fe, Mn e Se. Destes, se ressalta 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.

### Nutrientes 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 devidas ao processo de autólise.

Os resultados apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5 demonstram que a 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 na 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 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, 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 sem ter que degradar completamente as paredes celulares. 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% (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%).

Os valores da proteína digestível (PD) de 30,77% (LI) e 30,25% (LA), apresentaram diferença percentual de 1,69% por meio do IRC. Butolo (1997) e Horii (1997) reportaram que a biomassa de levedura contém altos níveis de nitrogênio não protéico (NNP) principalmente nas formas de ácidos nucleicos 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 intermediárias 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 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 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 que a levedura autolisada apresentou tendência de maior disponibilidade de minerais que a levedura íntegra. Isso ocorreu, mesmo naqueles elementos 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 igual ou levemente superior na fração absorvível foi mostrada pelo S (IRC 103,13%), Cl (IRC 119,23%), Cu (IRC 111,13%) e Mn (IRC 110,35%). P e Na foram os únicos macro elementos que apresentaram leve diminuição nos valores digestíveis, sendo esta diferença de 2,27 e 3,45%, respectivamente.

É importante salientar que os resultados encontrados nesta pesquisa mostraram a levedura como uma rica fonte de minerais de alta digestibilidade, especialmente a levedura autolisada, fato que pode ser considerado para poupar níveis de suplementação mineral quando da formulação de rações para organismos aquáticos.

A levedura desidratada de álcool obtida pelo método spray dry, utilizada em esta pesquisa, mostrou-se como interessante fonte de proteína, energia e minerais de alta digestibilidade pela tilápia do Nilo. Entretanto, aconselhamos aprofundar nas pesquisas dos componentes digestíveis e resultados dos processos de autólise para a fração caracterizada neste estudo como “não determinada”, que inclui: nitrogênio não protéico –NNP– (ácidos nucleicos, amins, amidas, amônia, uréia, etc.) e extrativo não nitrogenado –ENN– (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. Deve-se prestar atenção, de igual forma, aos limites superiores de inclusão que poderiam ser limitados pela abundância de alguns dos seus componentes específicos.

### 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.

### Agradecimento

À *Usina São Luiz S/A*, Ourinhos – SP pelo apoio financeiro na execução desta pesquisa.

### 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. Maryland, USA: AOAC International Ed., 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, Brasil: Universidade Estadual Paulista, 1999. p.79. Dissertação de Mestrado em Aqüicultura.
- 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...** Florianópolis: ABRAq, 1988, p.428-432.
- Boyd, C.E. **Water quality in ponds for Aquaculture**. Auburn, Birmingham, 1998. 482p.
- Bremer Neto, H.; Fessel, G.C.A.; Pezzato, L.E. Determinação de rotina do crômio 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.
- Cookbook Shimadzu – **Operation manual: Atomic absorption spectrophotometer AA 6800**, 2002. 157p.
- De Carvlho, M. **Utilização de levedura íntegra (*Saccharomyces cerevisiae*) e seus derivados em dietas para juvenis de tilápia do Nilo**. Pirassununga, Brasil: Universidade de São Paulo, 2002. p.70. Dissertação de Mestrado em zootecnia.
- 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...** XXXIII Reunião anual da SBZ, 1996.
- El-Sayed, A.F.M. **Current State and Future Potential**. In: Beveridge, M.C.M; McAndrew, B. (Eds.). *Tilapia Culture*. Cambridge: Cambridge University: CABI Publishing, 2006. p.1-24.
- Food and Agricultural Organization (FAO). **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, Brasil: Universidade de São Paulo, 2005. p.87. Dissertação de Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal.
- Gatesoupe, 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.
- Greenberg, A.E.; Clesceri, L.S.; Eaton, A.D. **Standard Methods for the examination of water and wastewater.** 18th edition. Washington: American Public Health Association, 1992.
- Hisano, H. **Levedura desidratada íntegra, autolisada e componentes da parede celular como pró-nutrientes para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).** Botucatu, Brasil: Universidade Estadual Paulista. 2005. p.90. Tese de Doutorado em Zootecnia: Nutrição e Produção Animal.
- 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.
- INRA. **L'alimentation des animaux monogastriques.** 2e edition. Paris : Editions INRA, 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. **Anais...** CBNA, Campinas, 1997. p.111-128.
- Markzenk, Z. **Spectrophotometric determination of elements.** Chichester, Ellis Horwood, 1976. p.211-215.
- Meurer, F.; Hayashi, C.; Boscolo, W.R. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia 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, 2002. p.57.
- 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**, v.74, n.22, p.110S-118S, 1993. (Symposium Supplement).
- 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, Brasil: 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.