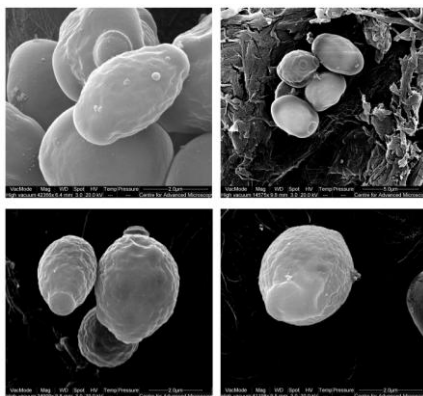


# Modo de ação de produtos à base de leveduras na nutrição animal

Hadden Graham, Tiago T. dos Santos & Guilherme Wadt  
AB Vista Feed Ingredients ([www.ab-vista.com](http://www.ab-vista.com))

## Introdução

Leveduras têm sido usadas pelo homem há milhares de anos para a produção de pão, vinho e outros produtos alimentícios, sendo ainda um sub-produto da produção de cerveja e mais recentemente, da produção de etanol. Sua utilização na nutrição animal tem sido feita, tradicionalmente, considerando-se sua composição nutricional. Nas últimas décadas, um grande número de produtos à base de levedura com características diferenciadas têm sido introduzidas neste mercado. Tais produtos incluem leveduras vivas, mortas, parede celular, conteúdo celular e leveduras enriquecidas por minerais. O Mercado mundial de produtos à base de levedura é da ordem de US\$ 200 milhões ao ano, e ainda em rápido crescimento.



*Saccharomyces cerevisiae*

O presente artigo revisa e resume as informações técnicas disponíveis para este mercado, dando indicações de potenciais usos futuros destes produtos.

Leveduras são fungos unicelulares podendo ser aeróbicos obrigatórios ou anaeróbicos facultativos (leveduras de interesse para uso na nutrição animal). Na ausência de oxigênio, leveduras fermentativas obtêm sua energia pela conversão de açúcares em etanol e gás carbônico. A levedura mais conhecida é o *Saccharomyces cerevisiae*, conhecida como levedura de panificação.

## Produtos à base de leveduras

O mercado de produtos derivado de leveduras pode ser dividido em cinco grandes segmentos:

1. Leveduras vivas: são, primordialmente, leveduras de panificação, sendo seu principal uso atualmente na alimentação de ruminantes, (vacas leiteiras de alta produção e bovinos confinados), podendo ainda ser utilizada em bezerros, ovelhas, suínos, aves e cavalos.

2. Leveduras mortas/inativadas: também são usadas principalmente em ruminantes, sendo normalmente produtos formados pelos organismos desativados, juntamente com o meio de fermentação usado para crescimento deste organismo.

3. Parede de levedura (glucomanos esterificados, mananos,  $\beta$ -glucanos e mistura de mananos e  $\beta$ -glucanos): é usualmente um sub-produto da indústria de aromatizantes que utiliza o conteúdo interno das leveduras. O conteúdo celular é isolado após autólise ou hidrólise ácida e contém peptídeos, proteínas e nucleotídeos. O resíduo da parede celular é formado basicamente por dois carboidratos mananos e  $\beta$ -(1,3),(1,6) glucanos, ambos indigeríveis pelas enzimas do trato gastro-intestinal dos animais. Devido a grande associação destes componentes, mesmo produtos relativamente puros normalmente apresentam ambos componentes, em concentrações distintas.

4. Conteúdo celular de levedura hidrolizada: são utilizados principalmente na alimentação de aves, suínos e organismos aquáticos, estando também disponível no mercado produtos à base de leveduras hidrolizadas. Estes produtos contêm uma mistura de  $\beta$ -glucanos, mananos, peptídeos e nucleotídeos sendo usados na nutrição de suínos e frangos.

5. Leveduras enriquecidas com minerais: o principal mineral usado em associação à leveduras é o selênio-levedura, produzido pelo crescimento de levedura em um meio rico em selênio. Isso leva à produção de seleno-metionina e metil-seleno-cisteína. Zinco e cromo são outros produtos oferecidos no mercado, sendo utilizados principalmente para ruminantes, poedeiras e suínos.

## Sobre leveduras vivas e mortas:

**Ruminantes:** uma vasta literatura e revisões estão disponíveis a respeito do uso de leveduras e seu mecanismo de ação (Wallace, 1996). Sauvant (2004) efetuou uma meta-análise de 35 publicações e 40 experimentos com vacas leiteiras, não observando efeito do uso de leveduras no consumo de matéria seca e conteúdo de gordura e proteína no leite mas observou uma tendência ( $p < 0,08$ ) de aumento da produção de leite (1,3kg/dia). Em um pequeno grupo de estudos onde o conteúdo de gordura era baixo, observou-se uma maior resposta pela adição de levedura, sugerindo um efeito do uso de leveduras em quadros de acidose sub-clínicas.

*Tabela 1. Efeito da inclusão de levedura no consumo de Matéria Seca e produção de leite de vacas leiteiras (Sauvant et al, 2004)*

	N Exp.	Controle
Consumo (kg MS/dia)	34	20,0
Produção de leite (kg/dia)	39	32,2
Gordura Leite (%)	37	3,70
Proteína Leite (%)	37	3,15
Ganho/Perda de peso (kg)	34	-0,1
Digestibilidade N (%)	6	67,4
Digestibilidade MS (%)	6	46,6

Dados de bovinos em engorda mostram mudanças no consumo de até 2% em 12 estudos e melhora de ganho de peso de 6,7% (Graham & McCracken, 2005).

Tabela 2. Efeito da inclusão de levedura no consumo de MS e ganho de peso de bovinos de corte (Graham & McCracken, 2005)

	Consumo MS intake		Ganho de peso,	
	kg/d		kg/dia	
Tratamentos	Controle	Levedura	Controle	Levedura
Experimento 1	7,60	7,8	1,11	1,18
Experimento 2	6,32	6,59	0,68	0,82
Experimento 3	6,07	6,18	0,56	0,61
Experimento 4	7,55	7,90	1,37	1,43
Experimento 5	7,42	7,49	1,22	1,38
	10,63	10,77	1,28	1,37
Experimento 6	5,89	5,70	1,16	1,38
Experimento 7	6,72	6,43	1,34	1,27
Experimento 8	6,30	6,15	1,26	1,23
	6,56	6,67	1,28	1,31
Experimento 9	7,00	6,98	1,42	1,48
	5,32	5,55	1,55	1,58
Experimento 10	8,40	8,60	1,11	1,18
Experimento 11	7,85	8,08	1,15	1,16
Média	6,58	6,69 (+2%)	1,16	1,24 (+7%)

**Monogástricos (aves e suínos):** comparado com a área de ruminantes, o volume de trabalhos com leveduras para aves e suínos é muito menor. Kumar and Dingle (1996) observaram uma melhoria de 4% em conversão alimentar com rações comerciais e 23% em consumo, 27% em ganho de peso e 5% em conversão alimentar em frangos de corte alimentados a base de cevada e soja. Bradley (1994), observou um aumento numérico (7%) no consumo de perus aos 21 dias e melhoria de conversão alimentar, com adição da levedura (12%,  $P < 0,05$ ). O desempenho posterior (21-35 dias) não foi afetado pela inclusão de levedura mas animais alimentados com levedura tinham menor profundidade de cripta e menos células de Goblet aos 35 dias.

A utilização de leveduras vivas pode reduzir a severidade de aflatoxicoses. Parlat (2001) observou em codornas de 10 a 45 dias que na ausência de aflatoxinas o consumo aumentou em 40% e ganho de peso em 41% com adição de leveduras. Aflatoxinas (2,5mg/kg) reduziu o consumo em 27% e ganho de peso em 37%, e a inclusão de levedura aumentou o consumo e ganho em 21 e 15% em relação às aves sem toxinas. Outro estudo (Yildiz, 2004) observou aumento de 16% na produção de ovos em codornas alimentadas com leveduras em relação ao grupo controle quando alimentados com 5mg/kg de aflatoxinas. Line (1998), observou que o número de aves positivas para Salmonella reduziu de 70 para 20% e a quantidade de bactérias reduziu de 1,64 para 0,35 ( $\log_{10}$ ) em aves alimentadas com levedura viva.

Em suínos, a maior parte dos trabalhos estuda o uso de leveduras vivas na alimentação de suínos na creche. Mathew (1998), observou aumento de consumo (20%  $P < 0,01$ ) e

ganho de peso. Apesar de indícios interessantes, é ainda difícil traçar conclusões definitivas a respeito do uso de leveduras vivas para suínos em creche.

Em suínos em lactação, Jurgens (1997) observou aumento no conteúdo de sólidos totais de marrãs ( $P < 0,05$ ) alimentadas com leveduras e tendência ( $P < 0,06$ ) de maior concentração de gama-globulinas. Tendência similar foi observada no ganho de peso (14%), consumo (6%) e conversão (7%) de animais pós desmama. Perez (2001), com suínos de 42 dias ao abate observaram que a adição de levedura tendeu a aumentar o ganho de peso e aumentou significativamente a conversão alimentar.

**Conclusões sobre leveduras vivas:** pesquisas disponíveis sugerem melhorias no desempenho de vacas leiteiras e bovinos de corte alimentados com leveduras. O modo de ação parece estar relacionado à redução da pressão de oxigênio no rúmen, aumento de bactérias celulolíticas, menos lactato e menor risco de acidose ruminal. O uso comercial sugere um aumento de produção de leite em vacas de alta produção alimentadas com alta proporção de concentrado entre 1 e 2kg/dia com aumento no ganho de peso de gado de corte entre 5 e 8%.

Pesquisas também sustentam o uso em suínos, particularmente na melhoria de peso de leitões lactentes e pós desmame, onde o mercado cresce rapidamente.

Uma questão chave, muitas vezes ignorada é a concentração de leveduras fornecidas. Em ruminantes, o consumo de  $10^{10}$  unidades formadoras de colônias (UFC) por dia são necessárias para o desempenho ideal, enquanto para outros fins doses entre  $10^9$ - $10^{10}$  CFU/kg seriam desejáveis. Importante ainda lembrar que leveduras são organismos vivos que podem sofrer perdas devido a problemas de armazenamento e processamento, e que as mesmas não conseguem se reproduzir e colonizar o trato gastro-intestinal, devendo-se manter o fornecimento constante aos animais.

#### Considerações sobre parede e conteúdo celular:

Carboidratos componentes da parede celular de leveduras, apesar de não serem digeridos, têm um papel importante no metabolismo intestinal. Normalmente, parede celular de leveduras são denominados como “manano-oligossacarídeos” (MOS) mesmo que mananos componham, em média, menos de 30% dos produtos disponíveis para alimentação animal e esses mananos estejam basicamente na forma de polissacarídeos. Em muitos casos estes produtos contém mais proteínas e  $\beta$ -glucanos que mananos.

Mananos presentes na parede celular de leveduras são efetivos contra um grande número de espécies patogênicas devido à sua capacidade de adsorver bactérias fimbriais que normalmente se ligariam à parede intestinal eliminando-as do trato intestinal e prevenindo a produção de toxinas. Produtos de parede celular derivados de *Saccharomyces cerevisiae* são efetivos em baixas doses, se ligando a 5 de 7 variáveis de *E. coli* e 7 de 10 espécies de Salmonella de frangos de corte (Spring, 2000). O mesmo trabalho observou a redução de colonização por *Salmonella typhimurium* e *S. Dublin* em animais desafiados. Os benefícios do uso de parede de levedura são a modificação da microflora, melhoria da integridade intestinal e redução do “turnover” e modulação do sistema imune no lúmen intestinal.

**Função Imune:** Savage e Zakrzewska (1996) observaram maior ganho de peso, conversão, IgG plasmático e IgA biliar com inclusão de parede celular em perus às 8 semanas.

Shashidhava e Devegowda (2003) observaram maior resposta de anticorpos para IBD após vacinação em matrizes. Mais anticorpos séricos foram observados 4 dias pós eclosão de progênie de matrizes alimentadas com parede celular. Fornecimento foi associado à melhora da eclosão, menos inférteis e bicados mortos.

**β-Glucanos e desempenho:** Estudos em organismos aquáticos e monogástricos indicam que mananos purificados podem modular o sistema immune e influenciar o desempenho animal (Engstad and Raa, 1999). Glucanos se ligam a receptores de glóbulos brancos (macrófagos), resultando em maior resistência à infecção microbiana. Engstad and Raa (1999), revisando 8 experimentos com leitões observaram melhor ganho de peso (3 a 20%) e conversão (-4 a -13%) quando 225-500mg/kg de β-glucano purificado foi incluído na dieta. Os mesmos autores também observaram melhora de desempenho em salmão, truta e camarão suplementados com glucanos, entretanto, as respostas de desempenho em leitões podem ser variáveis. Decupyere (1998) observou resultados positivos em 1 de 2 trabalhos. Esses autores também descrevem que o fornecimento para marrãs pré e pós parto podem estimular a secreção de anticorpos no leite. Melhoria de desempenho foi verificada em frangos (Kristiansen and Engstad, 2003) com ótima resposta a 250mg de β-glucano purificado/kg, entretanto, em salmões a resposta pode depender da composição de β-glucano utilizada e particularmente da extensão do ramo 1-6 ligada à base 1-3 da molécula (Engstad and Robertsen, 1995).

#### **Ação de glucomananos esterificados na redução de toxicidade de micotoxinas:**

Micotoxinas são um problema comum na nutrição de animais, podendo ter origem no campo, estocagem ou processamento, quando ocorrem condições de umidade e temperatura. 25% dos cereais no mundo são contaminados por micotoxinas (Devegowda, 1998). Aflatoxina, zearalenona, vomitoxina, fumonisina, T-2 e ocratoxinas são as principais micotoxinas de importância econômica. Animais não ruminantes e vacas leiteiras, pela passagem de toxina ao leite, são os principais setores afetados.

Trabalhos demonstraram a efetividade de leveduras vivas (*Saccharomyces cerevisiae*) em reduzir os efeitos das micotoxinas, especialmente aflatoxinas (Graham & McCracken, 2005). Devegowda (1998) demonstrou que mananos se ligam fortemente à aflatoxina, zearalenona, e fumonisina, sugerindo seu mecanismo de ação. Yiannikouris (2004) demonstrou uma grande correlação entre a capacidade de adsorção de zearalenona e a concentração de β-glucanos na parede celular da levedura.

Smith (2000) observou que a inclusão de glucomananos esterificados aumentam o peso vivo aos 21 dias em perus alimentados com aflatoxina na ração. Aravind (2003) observou que ração contaminada com aflatoxina, ocratoxina, zearalenona e T-2 reduziu consumo (7%) e peso (9%) aos 35 dias, mas a inclusão de glucomananos esterificados recuperou consumo e peso a valores similares ao controle, além de maior peso e conversão (3,5 e 5%) quando glucomananos esterificados foram adicionados ao controle. Chowdhury e Smith (2004), observaram maior consumo e ácido úrico plasmático e menor produção de ovos (10% em 12 semanas) pela presença de micotoxinas. Inclusão de glucomananos esterificados restaurou a produção e o ácido úrico a níveis normais.

Glucomananos esterificados se demonstraram efetivos em dietas contaminadas por aflatoxinas, mas com benefício restrito em contaminação por fusarium toxinas. Demonstram ter, entretanto, efeito positivo em alimentação de poedeiras.

#### **Leveduras enriquecidas com minerais**

Produtos minerais-leveduras disponíveis no mercado incluem selênio, cobalto e zinco. Estudo do baixo consumo de selênio na população humana, associado com a aumento de risco de câncer (Rayman, 2004) aumentou o interesse nesse assunto. Existe hoje uma quantidade considerável de trabalhos no uso de Se-levedura. Sob o ponto de vista comercial a comparação chave é entre selênio inorgânico (ex: Selênio de sódio) e Selênio-levedura, necessitando o segundo justificar uma melhoria para o custo extra. Análises de produtos Se-levedura comerciais mostraram que os mesmos são praticamente livres de selênio inorgânico livre, com cerca de 60% do selênio presente como seleno-metionina (Graham, não publicado).

Seleno-metionina é rapidamente incorporada às proteínas, não sendo surpreendente o aumento na concentração tecidual de Se com suplementação de Se-levedura. Apesar do aumento ser descrito em vários órgãos, o maior incremento, entre 50 e 100%, tende a ocorrer nos músculos (Mahan and Parrett, 1996).

#### **Conclusões**

Os principais produtos à base de levedura são a levedura viva e morta, usados principalmente para ruminantes. Um número cada vez maior de produtos resultantes da hidrólise da levedura vêm sendo utilizado para aves, suínos e organismos aquáticos. Esses produtos incluem leveduras hidrolisadas, parede celular (mananos e β-glucanos) e conteúdo celular (nucleotídeos).

O uso de levedura viva em ruminantes está bem documentado e é aceito mundialmente. O fornecimento deste produto para vacas de alta produção no início de lactação em dietas com alto fornecimento de concentrado possibilita aumentar a produção leiteira entre 1 e 2kg/dia. Em bovinos de corte confinados, a experiência comercial possibilita sugerir um aumento de 6 a 8% no ganho de peso. Em suínos, dados demonstram melhora no peso da leitegada. Para se obter esse resultado, deve-se atentar para a qualidade e estabilidade do produto fornecido. Em ruminantes, a dose diária deve ser de aproximadamente 10<sup>10</sup> leveduras vivas para se obter o desempenho ótimo, devendo o produtor estar certo da concentração de levedura no produto e na sua capacidade de sobrevivência dentro do processamento da ração/suplemento.

A parede de levedura, incorretamente chamada “manano-oligosacarídeo”, tem também o uso consolidado para organismos aquáticos, aves e leitões. Esses produtos são essencialmente complexos de proteínas, β-glucanos e mananos. Os mananos presentes podem inibir a ligação de bactérias à mucosa intestinal, ajudando a prevenir o aparecimento de doenças enquanto os β-glucanos estimulam a imunidade animal.

Conteúdo celular de leveduras são denominados como nucleotídeos mas contém quantidades significativas de outros componentes como proteínase peptídeos. Podem melhorar a resposta imune e são usados amplamente em organismos aquáticos por essa razão. Glucomananos

esterificados podem reduzir os efeitos negativos das aflatoxinas em monogástricos.

Leveduras enriquecidas com Se são usadas atualmente em matrizes pesadas, suínos reprodutores e vacas leiteiras principalmente para aumentar a reprodução e reduzir casos de mastite. Aparentemente, a combinação 50:50 de Se-levedura e Se inorgânico seria uma dosagem ótima.

## Referências:

Aravind, K.L., Patil, V.S., Devegowda, G., Umakantha, B. and Ganpule, S.P. (2003) Efficacy of esterified glucomannan to counteract mycotoxicosis in naturally contaminated feed on performance and serum biochemical and haematological parameters in broilers. *Poultry Science*, **82**: 571-576.

Arthur, J.R. (1997) Non-glutathione peroxidase functions of selenium. In *Proceedings 13<sup>th</sup> Alltech Annual Symposium*, Nottingham University Press, pp 143 – 154.

Awadeh, F.T., Kincaid, R.L. and Johnson, K.A. (1998) Effect of level and source of dietary selenium on concentrations of thyroid hormones and immunoglobulins in beef cows and calves. *Journal of Animal Science*, **76**: 1204-1215.

Bradley, G.L., Savage, T.F. and Timm, K.I. (1994) The effects of supplementing diets with *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* on male poult performance and ileal morphology. *Poultry Science*, **73**: 1766-1770.

Clyburn, B.S., Richardson, C.R., Miller, M.F., Cloud, C.E., Mikus, J.H. and Pollard, G.V. (2000) Vitamin E levels and selenium form: effects on beef cattle performance and meat quality. In *Proceedings 16<sup>th</sup> Alltech Annual Symposium*, Nottingham University Press, pp197-203.

Decuyper, J., Dierick, N. and Boddez, S. (1998) The potential for immunostimulatory substances ( $\beta$ -1,3/1,6 glucans) in pig nutrition. *Journal of Animal and Feed Science*, **7**, 259-265.

Devegowda, G., Raju, M.V.L.N., Afzali, N. and Swamy, H.V.L.N. (1998) Mycotoxin picture worldwide: novel solutions for their counteraction. In: *Biotechnology in the Feed Industry* (T P Lyons and K A Jacques eds), Nottingham University Press, pp241–255.

Edens, F.W. (2001) Involvement of Sel-Plex in physiological stability and performance of broiler chickens. In *Proceedings 17<sup>th</sup> Alltech Annual Symposium*, (Lyons TP and Jacques KA, Eds), Nottingham University Press, pp 349–376.

Edens, F.W. (2002) Practical applications for selenomethionine: broiler breeder production. In *Proceedings 18<sup>th</sup> Alltech Annual Symposium*, (Lyons TP and Jacques KA, Eds), Nottingham University Press, pp 29–42.

Engstad, R. and Raa, J. (1999) Immune-stimulation improving health and performance. *Kraffutter*, July-August, 2-6.

Engstad, R.E. and Robertsen, B. (1995) Effect of structurally different  $\beta$ -glucans on immune responses in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Marine Biotechnology*, **3**: 203-207.

Givens, D.I., Allison, R., Cottrill, B. and Blake, J.S. (2004) Enhancing the selenium content of bovine milk through alteration of the form and concentration of selenium in the diet of the dairy cow. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **84**: 811-817.

Graham, H. and McCracken, K.J. (2005) Yeasts in Animal Feeds. In *Recent Advances in Animal Nutrition 2005*, (Garnsworthy PC and Wiseman J) Nottingham University Press, p 169-211.

Hooge, D.M. (2004a) Meta-analysis of broiler chicken pen trials evaluating dietary mannan oligosaccharide, 1993-2003. *International Journal of Poultry Science*, **3**: 163-174.

Hooge, D.M. (2004b) Turkey pen trials with dietary mannan oligosaccharide: meta-analysis, 1993-2003. *International Journal of Poultry Science*, **3**: 179-188.

Jacyno, E., Kolodziej, A., Kawecka, M., Kamyczek, M. and Elzanowski, C. (2005) Reproductive performance of young boars receiving during their rearing inorganic or organic selenium + vitamin E in diets. *Electronic Journal of Polish Universities, Animal Husbandry*, **8**, pp7.

Jurgens, M.H., Rikabi, R.A. and Zimmerman, D.R. (1997) The effect of dietary active dry yeast supplement on performance of sows during gestation-lactation and their pigs. *Journal of Animal Science*, **75**: 593-597.

Kristiansen, A.L. and Engstad, R. (2003) The use of beta-1,3/1,6-glucan in diets for poultry. Proc WPSA Conference, Lillehammer, Norway.

Kumar, A. and Dingle, J. (1996) Australian experience with yeast culture in broiler diets. In: *Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings 12<sup>th</sup> Alltech Annual Symposium*, (T P Lyons and K A Jacques, eds), Nottingham University Press, pp 189-194.

Line, J.E., Bailey, S.J., Cox, N.A., Stern, N.J. and Tompkins, T. (1998) Effect of yeast-supplemented feed on *Salmonella* and *Campylobacter* populations in broilers. *Poultry Science*, **77**: 405-410.

McIntosh, G.H. and Royle, P.J. (2002) Supplementation of cows with organic selenium and the identification of selenium-rich protein fractions in milk. In *Proceedings 18<sup>th</sup> Alltech Annual Symposium*, Nottingham University Press, pp 233-238.

Mahan, D.C. and Parrett, N.A. (1996) Evaluating the efficacy of selenium-enriched yeast and sodium selenite on tissue selenium retention and serum glutathione peroxidase activity in grower and finisher swine. *Journal of Animal Science*, **74**: 2967.

Mahan, D.C. and Peters, J.C. (2004) Long-term effects of dietary organic and inorganic selenium sources and levels on reproducing sows and their progeny. *Journal of Animal Science*, **82**: 1343-1358.

Mathew, A.G., Chattin, S.E., Robbins, C.M. and Golden, D.A. (1998) Effects of direct-fed yeast culture on enteric microbial populations, fermentation acids and performance of weanling pigs. *Journal of Animal Science*, **76**: 2138-2145.

Miguel, J.C., Rodriguez-Zas and Pettigrew, J.E. (2004) Efficacy of a mannan oligosaccharide (Bio-MosReg) for improving nursery pig performance. *Journal of Swine Health and Production*, **12**: 296-307.

Newbould, C.J., Wallace, R.J. and McIntosh, F.M. (1996) Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants. *British Journal of Nutrition*, **76**: 249-261.

Parlat, S.S., Ozcan, M. and Oguz, H. (2001) Biological suppression of aflatoxicosis in Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*) by dietary addition of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). *Research in Veterinary Science*, **71**: 207-211.

Paton, N.D., Cantor, A.H., Pescatore, A.J., Ford, M.J. and Smith, C.A. (2002) The effect of dietary selenium source and level on the uptake of selenium by developing chick embryos. *Poultry Science*, **81**: 1548-1554.

Pehrson, B., Ortman, K., Madjid, N. and Trafikowska, U. (1999) The influence of dietary selenium as selenium yeast or sodium selenite on the concentration of selenium in the milk of suckler cows and on the selenium status of their calves. *Journal of Animal Science*, **77**: 3371-3376.

Perez, V.G., Solorio, S., Juarez, A., Becerril, J., Castaneda-Silva, E.O. and Cuaron, J.A. (2001) *Saccharomyces cerevisiae* for lactating sows in a septic environment. *Journal of Dairy Science*, **84**: Suppl 1, p 454, Abs 1882.

Rayman, M.P. (2004) The use of high-selenium yeast to raise selenium status: how does it measure up? *British Journal of Nutrition*, **92**: 557-573.

Rosen, G. (2005) Holo-analysis of the effects of genetic, management, chronological and dietary variables on the efficacy of a pronutrient mannoglycosaccharide in broilers. *British Poultry Abstracts*, **1**, 27-29.

Sauvant, D., Giger-Reverdin, S. and Schmidely, P. (2004) Rumen acidosis: modelling ruminant response to yeast culture. In: *Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings 20<sup>th</sup> Alltech Annual Symposium*, (T P Lyons and K A Jacques, eds), Nottingham University Press, pp 221-229.

Savage, T.F. and Zakrzewska, E.I. (1996) The performance of male turkeys fed a starter diet containing a mannan-oligosaccharide (Bio-Mos) from day old to eight weeks of age. In *Biotechnology in the Feed Industry: Proceedings Alltech 12<sup>th</sup> Annual Symposium*, (eds T P Lyons and J A Jacques), Nottingham University Press, pp 47- 54.

Smith, T.K., Modirsanet, M. and MacDonal, E.J. (2000) The use of binding agents and amino acid supplements for dietary treatment of *Fusarium* mycotoxicoses. In: *Biotechnology in the Feed Industry* (T P Lyons and K A Jacques eds), Nottingham University Press, pp383 –389.

Spring, P., Wenk, C., Dawson, K.A. and Newman, K.E. (2000) The effects of dietary mannan oligosaccharides on caecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the caeca of salmonella-challenged broiler chicks. *Poultry Science*, **79**: 205-211.

Surai, P.F. (2002) Selenium in poultry nutrition: a new look at an old element 1. Antioxidant properties, deficiency and toxicity. *World's Poultry Science Journal*, **58**: 333-347.

Taylor, D. J. (2003) Effect of Ascogen on the development of the intestinal structure in chickens. Report from University of Glasgow, Veterinary School/Nottingham University, unpublished.

Wallace, R.J. (1996) The mode of action of yeast culture in modifying rumen fermentation. In: *Biotechnology in the Feed Industry* (T P Lyons and K A Jacques, Eds), Nottingham University Press, pp 217-232.

Weiss, W.P. (2003) Selenium nutrition of dairy cows: comparing responses to organic and inorganic forms. In *Proceedings 19<sup>th</sup> Alltech Annual Symposium*, Nottingham University Press, pp 333- 343.

Williams, P.D., Burrells, C., Forn, P. (2001) Dietary nucleotides: a novel supplement in fish feeds. 1. Effects on resistance to disease in salmonids. *Aquaculture*, **199**: 159-169.

Wolfram, S. (1999) Absorption and metabolism of selenium: differences between inorganic and organic sources. In *Proceedings 15<sup>th</sup> Alltech Annual Symposium*, Nottingham University Press, pp 547- 566.

Yiannikouris, A., Francois, J., Poughon, L., Dussap, C.-G., Bertin, G., Jeminet, G. and Jouany, J.-P. (2004) Adsorption of Zearalenone by  $\beta$ -D-glucans in the *Saccharomyces cerevisiae* cell wall. *Journal of Food Protection*, **67**: 1195-1200.

Yildiz, A.O., Parlat, S.S. and Yildirim, (2004) Effect of dietary addition of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on some performance parameters of adult Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) induced by aflatoxicosis. *Revue Medicin Veterinaire*, **155**: 38-41.

Yu, I.T., Wu, J.F., Yang, P.C., Liu, C.Y., Lee, D.N and Yen, H.T. (2002). Roles of glutamine and nucleotides in combination on growth, immune responses and FMD antibody titres of weaned pigs. *Animal Science*, **75**: 379-385.