

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos

NAYLA PÁDUA DEL BIANCO GONTIJO SOUKI

**Desenvolvimento e caracterização de géis polissacarídicos carregados
com emulsões e enriquecidos com nutrientes para suplementação de
alimentação de leitões**

PIRASSUNUNGA

2017

RESUMO

SOUKI, N. P. D. B. G. **Desenvolvimento e caracterização de géis polissacarídios carregados com emulsões e enriquecidos com nutrientes para suplementação de alimentação de leitões**. 2017. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

O presente trabalho de Mestrado teve como objetivo produzir géis carregados de emulsão contendo nutrientes incorporados, visando a complementação da alimentação de leitões neonatos. Para alcançar tal objetivo, foram produzidas emulsões utilizando-se diferentes lipídios e tensoativos para definição preliminar sobre quais destes ingredientes seriam mais eficientes na formação de emulsões estáveis. As emulsões produzidas foram avaliadas em relação à distribuição de tamanho de gota e aspecto visual dentro de 24 h após a produção. A partir de tais resultados, algumas amostras foram escolhidas e foi estudado o aumento da concentração de lipídios, bem como a razão óleo:tensoativo e intensidade de agitação. Para cada emulsão estudada, esta era incorporada ao gel polissacarídico, e então realizava-se um estudo da estabilidade térmica a 40 e 50 °C. Após a definição da melhor concentração de lipídios, ocorreu o estudo da incorporação de nutrientes em diversas concentrações na emulsão. Novamente, as emulsões foram avaliadas por meio da distribuição de tamanho de gota, bem como pelo aspecto visual. Foi avaliada a estabilidade da emulsão ao longo de 28 dias, que indicou um sistema estável para o período indicado. Os géis carregados foram analisados quanto à quantidade de energia e à atividade de água, apresentando um baixo valor energético e atividade de água alta. Foram também caracterizados por análises reológicas, que indicaram que a presença da emulsão fortaleceu a estrutura do gel, indicando adesão das gotas à matriz biopolimérica. O gel carregado de emulsão apresentou estabilidade microbiológica, não tendo havido crescimento de fungos filamentosos e não-filamentosos, bem como a manutenção do pH. No entanto, houve alteração da cor ao longo da estocagem. Assim, foi possível produzir um gel carregado de emulsão contendo nutrientes, possibilitando a formação de um sistema estável.

Palavras-chave: Fumarato ferroso. Gel carregado de emulsão. Prebióticos. Anemia ferropriva.

ABSTRACT

SOUKI, N. P. D. B. G. **Development and characterization of emulsion-filled polysaccharide gels enriched with nutrients for feeding supplementation of piglets.** 2016. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

The aim this work was to produce emulsion filled gels with the incorporation of nutrients for the complementation of nutrition of neonate piglets. For this, the emulsions were produced from a variety of lipids and surfactants to define, preliminarily, which of these ingredients would be efficient to form stable emulsions. The emulsions produced were evaluated by droplet size distribution and visual appearance within 24 hours after production. From these results, some samples were selected and the increase of lipid concentration was studied as well as the ratio oil:surfactant and the stirring intensity. For each emulsion studied, this was incorporated into the polysaccharide gel and then the thermal stability study at 40 and 50 °C was made. After setting the optimal concentration of lipids and a stirring intensity, there was the study of nutrients incorporation at different concentrations in the emulsion. Again, the emulsions were evaluated by droplet size distribution, as well as by visual appearance. The emulsion stability was evaluated over 28 days, which indicated a stable system for this time. The emulsion filled gels were characterized for the amount of energy and water activity and presented as results low amount of energy and high water activity. In the rheological characterization, the results showed that the presence of emulsion strengthened the gel structure, indicating adhesion of the droplets to the biopolymer matrix. The emulsion filled gel showed microbiological stability has not been growing of filamentous and non-filamentous fungi, as well as pH stability. However, there was a change in color over the storage. Thus, it was possible to produce an emulsion-filled gel with nutrients, on which occurred the formation of a stable system.

Keywords: Ferrous fumarate. Emulsion-filled gel. Prebiotics. Iron deficiency.

1 INTRODUÇÃO

Um dos problemas existentes na produção intensiva de suínos é a anemia ferropriva em leitões neonatos, que ocorre em leitões sob confinamento devido à falta de acesso do animal a terra, que representa, na natureza, uma importante fonte de ferro para os animais. A alternativa utilizada atualmente para suprir a falta de tal nutriente é a administração por via intramuscular ou subcutânea de ferro dextrana, que ocorre na região do pescoço do animal e que costuma provocar efeitos negativos tais como sensibilidade e dor no local de aplicação, fator que pode gerar inflamação, resultando em dificuldade ou impossibilidade de mamada, além de haver a possibilidade de má aplicação causando anemia, febre e calafrios, artrites causadas por contaminação por *Streptococcus suis* e *Escherichia coli* devido à contaminação de seringas, agulhas, pele dos animais e mãos dos aplicadores, estresse devido ao manejo e apanha para aplicação, entre outros fatores.

A adição de prebióticos e ácidos graxos de cadeia média na dieta do animal traz diversos benefícios à microbiota gastrointestinal do animal, o que reflete na sua saúde. Dentre os prebióticos mais utilizados na indústria, encontra-se a inulina, que é um carboidrato fermentável, de fator bifidogênico, que estimula o crescimento de bifidobactérias que possuem a capacidade de inibir o crescimento de microrganismos patogênicos. Por sua vez, os ácidos graxos de cadeia média, além de também possuir atividade antimicrobiana, possuem rápida digestão e absorção. Estes componentes, quando adicionados à dieta dos suínos neonatos, afetam o seu ganho de peso e a conversão alimentar do animal devido aos seus benefícios, melhorando índices de desempenho zootécnicos, e diminuindo, eventualmente, os custos de produção. Além disso, a utilização de tais componentes na dieta dos leitões recém-nascidos é uma alternativa ao uso de antibióticos promotores do crescimento, fato que atualmente é altamente desejável e valorizado na indústria de produção animal.

Os géis carregados de emulsão são materiais coloidais complexos, compostos por uma matriz de gel que possui gotículas de óleo incorporadas em sua estrutura. O tipo de incorporação das gotículas da emulsão na estrutura gelificada é influenciada pela afinidade da matriz com o agente emulsificante presente na interface das gotículas da emulsão e irá influenciar nas propriedades reológicas do material.

Dentro do contexto descrito, o objetivo principal da presente Dissertação de Mestrado foi desenvolver um gel polissacarídico carregado de emulsão enriquecido com diversos nutrientes, contribuindo para o desenvolvimento saudável de leitões neonatos. Para tal, se fez necessário, primeiramente, o estudo dos parâmetros de produção das

emulsões, tais como intensidade de agitação, concentrações e influência de componentes no meio. Em relação ao gel carregado, foi realizada a avaliação da influência das condições de estocagem e submissão do produto a condições extremas de temperatura sobre sua estabilidade. Realizou-se também sua caracterização reológica, microbiológica e estudo da estabilidade físico-química durante o armazenamento.

A presente Dissertação de Mestrado foi desenvolvida no Laboratório de Coloides e Funcionalidade de Macromoléculas do Departamento de Engenharia de Alimentos (ZEA) da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA/USP).

2 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nesta Dissertação de Mestrado foi possível chegar às seguintes conclusões:

- (i) Foi possível produzir emulsões a partir de ácidos graxos de cadeia média e foi possível incorporar nutrientes na emulsão. A emulsão formada se manteve estável ao longo de 28 dias de análise.
- (ii) Foi possível produzir géis polissacarídicos carregados de emulsão que se mantiveram estáveis quando submetidos a testes de estresse térmico.
- (iii) O gel carregado de emulsão apresentou baixo valor energético e alto valor de atividade de água, comportamento reológico típico de géis fracos e tixotropia;
- (iv) O gel carregado de emulsão apresentou-se microbiologicamente estável ao longo de 120 dias de estocagem, apresentando ausência de crescimento microbiano.
- (v) Os valores de pH do gel carregado de emulsão se mantiveram estáveis ao longo de 91 dias de armazenamento;
- (vi) Houve alteração da cor do gel carregado de emulsão ao longo de 63 dias de estocagem.

Assim, pode-se concluir que foi possível produzir um gel polissacarídico carregado de emulsão contendo nutrientes benéficos à saúde de leitões neonatos. Foi possível o desenvolvimento de um produto estável para o armazenamento em temperatura ambiente com estabilidade microbiológica ao longo da estocagem.

REFERÊNCIAS

ABHYANKAR, A. R.; MULVIHILL, D. M.; AUTY, M. A. E. Combined microscopic and dynamic rheological methods for studying the structural breakdown properties of whey protein gels and emulsion filled gels. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 25, p. 275-282, 2011.

ABHYANKAR, A. R.; MULVIHILL, D. M.; AUTY, M. A. E. Combined confocal microscopy and large deformation analysis of emulsion filled gels and stirred acid milk gels. **Food Structure**, Amsterdam, v. 1, p. 127-136, 2014.

ALMEIDA, R. F. et al. Metabolismo do ferro em suínos recebendo dietas contendo fitase, níveis reduzidos de fósforo inorgânico e sem suplemento micromineral e vitamínico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1097-1103, 2007.

ANDERSON, B. K; EASTER, R. A. **A review of iron nutrition in pigs: pig book**. Champaign: Illinois University, 1999.

ANTON, N.; BENOIT, J. P.; SAULNIER, P. Design and production of nanoparticles formulated from nano-emulsion templates - a review. **Journal of Controlled Release**, Amsterdam, v. 128, p. 185-199, 2008.

ANTON, N.; VANDAMME, T. F. The universality of low-energy nano-emulsification. **International Journal of Pharmaceutics**, Amsterdam, v. 377, p. 142-147, 2009.

BENJAMINS, J. et al. Partial coalescence as a tool to control sensory perception of emulsions. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 23, p. 102-115, 2009.

BERTECHINI, A. G. Nutrição mineral de leitões. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 12., 2006, Curitiba/PR. **Anais...** Curitiba/PR, 2006. 1 CD-ROM.

BERTOL, T. M.; SANTOS FILHO, J. I.; LUDKE, J. V. Níveis de suplementação com lactose na dieta de leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 1387-1393, 2000.

BIRD, P. H.; HARTMANN, P. E. The response in the blood of piglets to oral doses of galactose and glucose and intravenous administration of galactose. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 71, p. 553-561, 1994.

BOEHM, G.; STAHL, B. Oligosacarídeos de leite. **The Journal Nutrition**, Bethesda, v. 137, p. 847S-849S, 2007.

CALEFFI, E. R. et al. Isolation and prebiotic activity of inulin-type fructan extracted from *Pfaffia glomerata* (Spreng) Pedersen roots. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdam, v. 80, p. 392-399, 2015.

CANÇADO, R. D.; LOBO, C.; FRIEDRICH, J. R. Tratamento da anemia ferropriva com ferro por via oral. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, São José do Rio Preto, v. 32, p. 114-120, 2010.

CANEVAROLO JR, S. V. **Ciência dos polímeros**: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2002.

CHANDRA, R.; RUSTGI, R. Biodegradable polymers. **Progress in Polymer Science**, London, v. 23, p. 1273 -1335, 1998.

COALHO, M. R. et al. **Anemia ferropriva em leitões recém-nascidos**: sua influência sobre a produção de suínos. 2010. Disponível em: <[http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/4753/material/Us o%20do%20Ferro%20Dextran%20em%20Leit%C3%B5es%20.pdf](http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/4753/material/Us%20do%20Ferro%20Dextran%20em%20Leit%C3%B5es%20.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2016.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DICKINSON, E.; STAINSBY, G. **Colloids in foods**. London: Elsevier, 1982.

DICKINSON, E. **Introduction to food colloids**. Oxford: Oxford University Press, 1992.

DICKINSON, E.; CHEN, J. Heat-set whey protein emulsion gels: role of active and inactive filler particles. **Journal of Dispersion Science and Technology**, New York, v. 20, p. 197-213, 1999.

DICKINSON, E. Emulsion gels: the structuring of soft solids with protein-stabilized oil droplets. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 28, p. 224-241, 2012.

DOW CHEMICAL COMPANY. Using METHOCEL cellulose for controlled release of drugs in hydrophilic matrix systems. 2000.

EGELI, A. K.; FRAMSTAD, T. An evaluation of iron-dextran supplementation in piglets administered by injection on the first, third or fourth day after birth. **Research in Veterinary Science**, London, v. 66, p. 179-184, 1999.

FERNANDES, P. B. Influence of galactomannan on the structure and thermal behaviour of xanthan/galactomannan mixtures. **Journal of Food Engineering**, London, v. 24, p. 269-283, 1995.

FERREIRA, A. M. D.; BARBOSA, P. E. B.; CEDDIA, R. B. A influência da suplementação de triglicérides de cadeia média no desempenho em exercícios de ultra-resistência. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 9, p. 420-425, 2003.

FREDERICK, E.; WALSTRA, P.; DEWETTINK, K. Factors governing partial coalescence in oil-in-water emulsions. **Advances in Colloid and Interface Science**, Amsterdam, v. 153, p. 30-42, 2010.

GARCÍA-OCHOA, F.; CASSAS, J. A. Viscosity of locust bean (*Ceratonia siliqua*) gum solutions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 59, p. 97-100, 1992.

GARTI, N.; BENICHO, A. Recent development in double emulsions for food applications. In: FRIBERG, S. E.; LARSSON, K.; SJOBLOM, J. **Food emulsions**. 4. ed. New York: Marcel Dekker, 2004. cap. 10, p. 353.

GIBSON, G. R. et al. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. **Gastroenterology**, Maryland Heights, v. 108, p. 975-982, 1995.

GIBSON, G. R. et al. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 17, p. 259-275, 2004.

GRECCO, H. A. T. **Acidificantes em dietas de leitões desmamados: desempenho, peso de órgãos, pH, morfometria e microbiota intestinal**. 2014. 65 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

HAULY, M. C. O.; MOSCATTO, J. A. Inulina e oligofrutoses: uma revisão sobre as propriedades funcionais, efeito prebiótico e importância na indústria de alimentos. **Ciências Exatas e Tecnológica**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 105-118, 2002.

HAVENAAR, R. et al. Inulin: fermentation and microbial ecology in the intestinal tract. **Food Reviews International**, New York, v. 15, p. 109-120, 1999.

HAYATI, I. N.; CHING, C. W.; ROZAINI, M. Z. H. Flow properties of o/w emulsions as affected by xanthan gum, guar gum and carboxymethyl cellulose interactions studied by a mixture regression modeling. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 53, p. 199-208, 2016.

HERRERA, M. L. **Analytical techniques for studying the physical properties of lipid emulsions**. New York: Springer US, 2012.

HIGIRO, J. et al. Rheological study of xanthan and locust bean gum interaction in dilute solution: Effect of salt. **Food Research International**, Kidlington, v. 40, p. 435-447, 2007.

HORNER, D. S. Formation and structure of acidified milk gels. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 9, p. 261-268, 1999.

HUANG, C. B. et al. Short- and medium-chain fatty acids exhibit antimicrobial activity for oral microorganisms. **Archives of Oral Biology**, Kidlington, v. 56, p. 650-654, 2011.

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

JUNQUEIRA, O. M. et al. Uso de aditivos em rações para suínos nas fases de creche, crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 12, p. 2394-2400, 2009.

KENNEDY, J. R. M.; KENT, K. E.; BROWN, J. R. Rheology of dispersions of xanthan gum, locust bean gum and mixed biopolymer gel with silicon dioxide nanoparticles. **Material Science and Engineering C: Materials for Biological Applications**, Amsterdam, v. 48, p. 347- 353, 2015.

KHOURYIEH, H. A. et al. Influence of mixing temperature on xanthan conformation and interaction of xanthan–guar gum in dilute aqueous solutions. **Food Research International**, Kidlington, v. 39, p. 964-973, 2006.

KHOURYIEH, H. A. et al. Effects of xanthan–locust bean gum mixtures on the physicochemical properties and oxidative stability of whey protein stabilised oil-in-water emulsions. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 167, p. 340-348, 2015.

KUNDU, P.; MISRHA, I. M. Removal of emulsified oil from oily wastewater (oil-in-water emulsion) using packed bed of polymeric resin beads. **Separation and Purification Technology**, Kidlington, v. 118, p. 519-529, 2013.

LI, R.; FEKE, D. L. Rheological and kinetic study of the ultrasonic degradation of locust bean gum in aqueous saline and salt-free solutions. **Ultrasonics Sonochemistry**, Amsterdam, v. 27, p. 334-338, 2015.

LORENZO, G.; ZARITKY, N.; CALIFANO, A. Rheological analysis of emulsion-filled gels based on high acyl gellan gum. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 30, p. 672-680, 2013.

LYNCH, M. B. et al. The effect of high and low dietary crude protein and inulin supplementation on nutrient digestibility, nitrogen excretion, intestinal microflora and manure ammonia emissions from finisher pigs. **Animal**, Cambridge, v. 8, p. 1112-1121, 2007.

MAO, C.; ZENG, Y.; CHEN, C. Enzyme-modified guar gum/xanthan gelation: an analysis based on cascade model. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 27, p. 50-59, 2012.

MASON, T. G. et al. Nanoemulsions: formation, structure, and physical properties. **Journal of Physics: Condensed Matter**, Bristol, v. 18, p. R635-R666, 2006.

McCLEARY, B. V. Enzymic hydrolysis, fine structure, and gelling interaction of legume-seed d-galacto-d-mannans. **Carbohydrate Research**, Kidlington, v. 71, p. 205-230, 1979.

McCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems. **Journal of Food Science**, Hoboken, v. 65, p. 1270-1282, 2000.

McCLEMENTS, D. J. **Food emulsions: principles, practices and techniques**. 2. ed. Florida: CRC Press, 2005.

McCLEMENTS, D. J.; LI, Y. Structured emulsion-based delivery systems: controlling the digestion and release of lipophilic food components. **Advances in Colloid and Interface Science**, Amsterdam, v. 159, p. 213-228, 2010.

McCLEMENTS, D. J.; RAO, J. Food-Grade Nanoemulsions: formulation, fabrication, properties, performance, biological fate, and potential toxicity. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, New York, v. 51, p. 285-330, 2011.

MIRSHA, S.; SEN, G. Microwave initiated synthesis of polymethylmethacrylate grafted guar (GG-g-PMMA), characterizations and applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdam, v. 48, p. 688-694, 2011.

MITCHELL, K. et al. The influence of additives on the cloud point, disintegration and dissolution of hydroxypropylmethylcellulose gels and matrix tablets. **International Journal of Pharmaceutics**, Amsterdam, v. 66, p. 233-242, 1990.

MOLINO, J. P.; BALBINO, E. M. Lactose em rações para leitões desmamados. **Nutritime**, Viçosa, v. 7, n. 1, p. 1133-1149, 2010.

MORRIS, C.; MORRIS, G. A. The effect of inulin and fructo-oligosaccharide supplementation on the textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: A review. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 133, p. 237-248, 2012.

MORRISSEY, P. A. et al. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, Amsterdam, v. 49, p. 73-86, 1998.

MOSCA, A. C. et al. Inhomogeneous distribution of fat enhances the perception of fat-related sensory attributes in gelled foods. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 27, p. 448-455, 2012.

ODLE, J. New insights into the utilization of medium-chain triglycerides by the neonate: observations from a piglet model. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 127, p. 1061-1067, 1997.

PARADISO, V. M. et al. Production and characterization of emulsion filled gels based on inulin and extra virgin olive oil. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 45, p. 30-40, 2015.

PEKEL, N. et al. Radiation crosslinking of biodegradable hydroxypropylmethylcellulose. **Carbohydrate Polymers**, Kidlington, v. 55, p. 139-147, 2004.

PIERCE, K. M. et al. Performance of weanling pigs offered low or high lactose diets supplemented with avilamycin or inulin. **British Society of Animal Science**, Scotland Midlothian, v. 80, p. 313-318, 2005.

PIERCE, K. M. et al. The interaction between lactose level and crude protein concentration on piglet post-weaning performance, nitrogen catabolism and faecal

volatily fatty acid concentrations. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 132, p. 267-282, 2007.

PIMENTA, G. T. **Modificação da liberação de um fármaco muito solúvel mediante a utilização de sistemas matriciais contendo hidroxipropilmetilcelulose**. 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado em Farmacotecnia Avançada) - Faculdade de Farmácia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010.

POSSAMAI, M. **Desempenho, metabolismo e microbiota intestinal de leitões alimentados com rações contendo probióticos e simbióticos**. 2010. 64 f. Dissertação (Mestrado em Produção e Nutrição Animal) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2010.

POZZA, P. C. et al. Desempenho, microbiota intestinal e peso de órgãos de leitões na fase inicial recebendo rações com simbiótico e probiotico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, p. 1327-1334, 2010.

RAJABI-SIABOOMI, A. R. et al. Structure and behavior in hydrophilic matrix sustained release dosage forms: 4. Studies of water mobility and diffusion coefficients in the gel layer of HPMC tablets using NMR imaging. **Pharmaceutical Research**, New York, v. 13, n. 3, p. 376-380, 1996.

RIZKALLA, S. W. et al. Chronic consumption of fresh but not heated yogurt improves breath-hydrogen status and short-chain fatty acid profiles: a controlled study in healthy men with or without lactose maldigestion. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 72, p. 1474-1479, 2000.

REY, A. I. et al. Modification of lipid composition and oxidation in porcine muscle and muscle microsomes as affected by dietary supplementation of n-3 with either n-9 or n-6 fatty acids and -tocopheryl acetate. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 113, p. 223-238, 2004.

ROCKS, J. K. Xanthan gum. **Food Technology**, Chicago, v. 25, n. 5, p. 22-31, 1971.

RODRIGUES, M. et al. Probióticos e prebióticos em rações sobre o metabolismo do nitrogênio em leitões. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. **Anais...** Maringá, 2009. 1 CD-ROM.

RODRIGUES, M. et al. Effects of inulin and a probiotic mixture on nutrient digestibility and nitrogen balance in piglets. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 62, p. 255-264, 2013.

SALA, G. et al. Effect of droplet–matrix interactions on large deformation properties of emulsion-filled gels. **Journal of Texture Studies**, Hoboken, v. 38, p. 511-535, 2007.

SALA, G. et al. Deformation e fracture of emulsion-filled gels: effect of oil content and deformation speed. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 23, p. 1381-1393, 2009a.

SALA, G. et al. Deformation and fracture of emulsion-filled gels: effect of gelling agent concentration and oil droplet size. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 23, p. 1853-1863, 2009b.

SANTOS, E. M. Final reporto on the safety assessment of hydroxyethylcellulose, hydroxypropylcellulose, methylcellulose, hydroxypropyl methylcellulose, and cellulose gum. **Journal of the American College of Toxicology**, Thousand Oaks, v. 5, n. 3, p. 1-59, 1986.

SCHNEIDER, C. Chemistry and biology of vitamin E. **Molecular Nutrition & Food Research**, Weinheim, v. 29, p. 7-30, 2005.

SCHUBERT, H.; ENGEL, R. Product And Formulation Engineering of Emulsions. **Chemical Engineering Research and Design**, London, v. 82, p. 1137-1143, 2004.

SECOUARD, S.; GRISEL, M.; MALHIAC, C. Flavour release study as a way to explain xanthan–galactomannan interactions. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 21, p. 1237-1244, 2007.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV, 1981.

SILVA, P. **Farmacologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1994.

SILVA, R. A. M. et al. Desempenho, qualidade de carcaça e carne de suínos alimentados com dietas contendo antioxidantes e ractopamina. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, p. 3971-3982, 2013.

SILVA, J. C. et al. Characterization, physicochemical stability, and evaluation of in vitro digestibility of solid lipid microparticles produced with palm kernel oil and tristearin. **Food Science and Technology**, London, v. 34, p. 532-538, 2014.

SOLÈ, I. et al. Optimization of nano-emulsion preparation by low-energy methods in an ionic surfactant system. **Langmuir**, Washington, v. 22, p. 8326-8332, 2006.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Organic chemistry**. 7. ed. New York: John Wiley & Sons Inc, 2000.

SOUZA, V. L. F. et al. Vitamina E no desempenho, características de carcaça e qualidade do presunto cozido de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 581-587, 2007.

SRIVASTAVA, M.; KAPOOR, V. P. Seed galactomannans: an overview. **Chemistry & Biodiversity**, Weinheim, v. 2, p. 295-317, 2005.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. Michigan: Freeman Press, 1996.

TIENGTAM, N. et al. Effects of inulin and Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) as prebiotic ingredients in the diet of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 207 p. 120-129, 2015.

TOMBS, M. P. Biotechnology of protein and polysaccharide gels. **Biotechnology and Genetic Engineering Reviews**, v. 14, p. 337-363, 1997.

VAN DAM, H. Organic acids and their salts. **Pig Progress**, Belfast, v. 22, p. 26-28, 2006.

VAN VLIET, T. Rheological properties of filled gels. influence of filler matrix interaction. **Colloid & Polymer Science**, Heidelberg v. 266, p. 518-524, 1988.

VIOLA, E. S. **Deficiências de microelementos: enfoque metabólico e nutricional**. 2003. Disponível em:< <https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/oligoelementos.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

VRIESMANN, L. C. **Extração, caracterização e aspectos reológicos de polissacarídeos da polpa dos frutos de theobroma grandiflorum (cupuaçu)**. 2008. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Bioquímica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ZENTEK, J. et al. Nutritional and physiological role of medium-chain triglycerides and medium-chain fatty acids in piglets. **Animal Health Research Reviews**, Cambridge, v. 12, p. 83- 93, 2011.

WALSTRA, P. Principles of emulsion formation. **Chemical Engineering Science**, Kidlington, v. 48, p. 333-349, 1993.

WALSTRA, P. Emulsion stability. In: BECHER, P. **Encyclopedia of emulsion technology**. New York: Editora Marcel Dekker, 1996. v. 4, capítulo 1.