



EMPREGO DA NANOTECNOLOGIA COMO MECANISMO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: APLICAÇÕES E DESAFIOS

Joice Aguiar^a, Mariana Araújo^a, Bruna B. Durço^b, Carolina S. Portel^c, Mônica M. Pagani^a,
Mariana T. C. Machado^a, Elson R. Tavares Filho^d, Erick A. Esmerino^{a,b,c}

a Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro;

b Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense;

c Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro;

d Departamento de Alimentos e Nutrição, Universidade Estadual de Campinas.

RESUMO

O uso de nanotecnologia tem crescido a nível acadêmico e industrial no setor de ciência de alimentos, com diversas aplicações em diferentes etapas da cadeia produtiva. Na agricultura tem sido relatado o uso de nanotecnologia no preparo de solos, na tecnologia de fertilizantes e no melhoramento de espécies, na produção industrial, as principais aplicações envolvem a adição de substâncias de interesse — para melhoramento sensorial, tecnológico e nutracêutico, e o aprimoramento e desenvolvimento de embalagens inteligentes. Os estudos envolvendo o uso da nanotecnologia têm apresentado resultados promissores na modificação de alimentos e embalagens, todavia, a legislação brasileira ainda é pouco clara a respeito de produtos alimentícios nanotecnológicos e seus efeitos sobre a saúde humana. Desta forma, apesar de se observar no Brasil o aumento da quantidade e da qualidade dos estudos envolvendo a nanotecnologia, a ausência de uma legislação robusta que regulamente de forma segura a aplicação de nanocompósitos impacta negativamente a chegada destes produtos ao mercado nacional.

Palavras-chave: escala nanométrica; embalagens inteligentes; nanosensores; aspectos legais.



1. INTRODUÇÃO

Mudanças nas percepções e expectativas dos consumidores em relação aos alimentos consumidos têm sido observadas, em um cenário onde fatores extrínsecos, relacionados à expectativas e atitudes vêm impactando o processo de escolha alimentar (Brečić et al., 2017). Os fatores intrínsecos dos alimentos envolvem suas características físico-químicas e sensoriais, são aqueles relacionados a composição que estimulam os órgãos do sentido durante o consumo e que desaparecem quando o alimento termina de ser consumido (Olson & Jacoby, 1972). Já os fatores extrínsecos, são relacionados ao produto, mas não fazem parte de sua composição propriamente dita, são geralmente conceitos e informações que afetam o processo de escolha do consumidor (Brečić et al., 2017), como por exemplo, o preço, país de origem, marca ou informações envolvendo apelos ecológicos, funcionais ou tecnológicos.

Os consumidores têm prestado cada vez mais atenção aos apelos ecológicos e ambientais de um produto (Paço et al., 2019), e neste cenário, diversas tecnologias emergentes vêm sendo empregadas na indústria alimentícia, buscando evitar a produção exagerada de resíduos e o desperdício, otimizando a cadeia produtiva em diferentes pontos para que possa, por exemplo, reduzir o custo de fabricação, aumentar a vida de prateleira ou adicionar algum ingrediente funcional (Hamad et al., 2018). A nanotecnologia pode ser definida como uma expressão genérica de um complexo de tecnologias, técnicas e processos voltados ao desenvolvimento de novos materiais em escala nanométrica, a partir da manipulação de moléculas ou átomos (Ferreira et al., 2018), podendo ser aplicada em diferentes setores industriais. Na indústria de alimentos, a nanotecnologia tem sido empregada com diferentes fins, como na melhora da solubilidade de ingredientes flavorizantes e de agentes de textura visando alterar as propriedades sensoriais, para promover a liberação controlada de ingredientes, para modernizar embalagens com nanosensores sensíveis à permeabilidade de gases, crescimento microbiano, variações de umidade, temperatura, e produtos de degradação (Cerqueira et al., 2011; Enescu et al., 2019; Fu et al., 2012). O uso de biossensores em embalagens, por exemplo, vem se mostrando como uma alternativa potencialmente eficaz para aumentar a segurança



alimentar e reduzir a carga de técnicas padrões devido a respostas rápidas e fácil manuseio (Mei & Wang, 2020).

Apesar do campo da nanotecnologia ser amplamente investigado academicamente, seu uso prático na indústria de alimentos ainda é restrito. No Brasil, o uso de nanopartículas é aprovado para alimentos, todavia, não há uma legislação detalhada sobre o assunto, sendo necessários testes robustos que garantam a segurança completa das partículas para os consumidores (Gonçalves Fernandes & Paixão Silva Oliveira, 2019). Na União Europeia, o uso de nanopartículas é condicionado à aprovação da European Food Safety Agency- EFSA pela Diretiva 1333/2008 como novo aditivo, ainda que a mesma partícula na escala convencional já tenha sido aprovada. No Brasil, a substituição de materiais na forma orgânica para nanopartículas é vista como uma mudança básica de formulação, não havendo exigências formais para que as partículas reduzidas sejam consideradas como novos ingredientes ou aditivos, usadas de forma direta ou indireta, além de não possuir a necessidade de indicar nos rótulos a sua presença (Silva-Matos et al., 2020).

Ainda não existe nenhum protocolo padrão aceito internacionalmente para testes de toxicidade de nanopartículas na indústria de alimentos, e por conta disso há a necessidade de uma estrutura regulatória universal para o uso desta tecnologia. Com essas limitações, a legislação atual ainda se encontra em estágio inicial de desenvolvimento, o que gera a preocupação de seus potenciais impactos no ambiente e nos ecossistemas naturais se levado em consideração o destino ambiental dos nano materiais.

Neste sentido, buscou-se com este trabalho realizar um levantamento bibliográfico sobre a nanotecnologia e sua aplicação a nível industrial, como enfoque especial no setor alimentício, ressaltando aspectos de seu desenvolvimento, aplicação, segurança e questões legais. A pesquisa se compreendeu no período entre maio a junho de 2020, através das bases de dados Science Direct, Scopus, SciELO (Scientific Electronic Library Online) e Google Scholar, utilizando o operador booleano "nanotechnology" AND "food" AND "nanotech" AND "food industry" AND "food legislation".



2. A NANOTECNOLOGIA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

2.1 Nanotecnologia aplicada

O termo nanotecnologia se refere à escala (1nm a 100nm) justificando assim seu prefixo nano, mas também se denota as técnicas utilizadas para manipular elementos em escala atômica (Fouad Abobatta & Review, 2018). As partículas em escala nano, quando comparadas às macropartículas de mesma substância, apresentam comportamento distinto em relação às propriedades termodinâmicas, cor ou até mesmo condutividade elétrica. Essas alterações físico-químicas requerem um maior entendimento dos efeitos que o dimensionamento nano pode produzir em relação ao impacto ambiental, à saúde humana e à sociedade.

A nanotecnologia pode ser aplicada em diversas etapas da cadeia produtiva, desde a agricultura (setor primário), onde pode ser empregada na entrega de pesticidas e fertilizantes, no controle da qualidade da água — a partir de nanopartículas de prata, e na liberação controlada de hormônios de crescimento vegetal (Shang et al., 2019). No setor secundário as nano partículas são aplicadas geralmente em alimentos para: mascarar odores ou sabores indesejáveis, mitigar interação de ingredientes, controlar a liberação e proteger os ativos de interesse (Rashidi & Khosravi-Darani, 2011).

No setor terciário não há aplicação da nanotecnologia propriamente dita, pois neste setor trabalha-se com a comercialização do produto finalizado. Todavia, é neste setor que ocorre a interação do produto com seu público alvo. Em uma pesquisa realizada por Kuang et al., (2020) que avaliou a aceitabilidade sensorial e a intenção de compra dos consumidores a respeito de alimentos utilizando nanotecnologia, pode-se observar que a maioria dos consumidores se mostraram dispostos a comprar produtos com nanopartículas, alegando que a melhoria sensorial e tecnológica são fatores positivos dos produtos com nanotecnologia.

2.2 Nanotecnologia em embalagens

Os nano materiais também são incorporados em embalagens com diversos intuitos que incluem aumentar o tempo de conservação, absorver os compostos indesejáveis ou liberando substâncias que vão favorecer a estabilidade



(Thiruvengadam et al., 2018). Dentre os ramos da indústria alimentícia, o de embalagens nanotecnológicas tem se tornado o mais promissor, uma vez que a deterioração por oxidação é deveras comum nos alimentos, reduzindo a vida de prateleira além de apresentar riscos à saúde, através da formação de compostos reativos e tóxicos.

Existem dois tipos principais de embalagens que utilizam a nanotecnologia, embalagens ativas são aquelas que interagem com os alimentos absorvendo compostos indesejáveis e/ou liberando substâncias que vão favorecer o aumento da estabilidade (Gonçalves Fernandes & Paixão Silva Oliveira, 2019). Em embalagens os nano compósitos buscam prolongar o tempo de vida mantendo as propriedades sensoriais dos alimentos, nanopartículas metálicas e seus óxidos são os exemplos mais clássicos.

O estudo de Martins et al., (2016) comprovaram que embalagens contendo 0,06% (m/m) de nanopartículas de prata eliminaram 100% de bactérias E.coli, enquanto faz-se necessário 1,9% (m/m) de micropartículas de prata, para eliminar 80%. As nanopartículas de prata também apresentaram eficácia na proteção contravapores de água e outros microrganismos, como *Staphylococcus aureus*. Nanopartículas de zinco também se mostraram eficaz em embalagens de carnes ao liberarem íons de zinco que penetram nas paredes dos microrganismos e dificultam sua função respiratória. O óxido de titânio é uma nanopartícula muito utilizada como indicador de oxigênio (Almeida et al., 2015).

O conceito de embalagens inteligentes vem ganhando destaque, ele engloba aquelas que além de proteger o alimento, são capazes de informar mudanças nas suas condições. Essa informação pode ser obtida por indicadores ou nano sensores que reagem a estímulos físicos ou químicos específicos. Através desse tipo de embalagens, pode-se saber o histórico de tempo e temperatura, o teor de oxigênio e gás carbônico, a presença de toxinas e vazamentos.

Outra aplicação que vem ganhando destaque são os frascos contendo nanocompósitos que minimizam o vazamento de dióxido de carbono da garrafa, e aumentam a vida útil de bebidas carbonatadas. Em cervejas têm sido exploradas embalagens plásticas de com incorporação de nanopartículas, que além de serem mais



leves e menos opacas, possuem menor permeabilidade ao gás carbônico com consequente redução de perdas (Santos, 2011).

No Brasil, a Nanox®, com o apoio da *FAPESP*, desenvolveu uma garrada plástica bactericida em que foram incorporadas nanopartículas de prata. Com isso o prazo de validade do leite tipo A pasteurizado aumentou de 7 para 15 dias, o aumento da vida de prateleira é estritamente relacionado com a redução do desperdício (Da Silva et al., 2016). Atualmente, tem crescido o interesse em materiais biodegradáveis capazes de reduzir impactos maléficos ao meio ambiente. Vêm surgindo filmes baseados em polpas de frutas, como goiaba, maçã, acerola e pêra. Além de serem biodegradáveis, são comestíveis e benéficos à saúde, pois contém vitaminas, minerais e antioxidantes (Barros-Alexandrino et al., 2017; FARIAS et al., 2013; MARTELLI, 2012; OHASHI et al., 2013).

A Embrapa ainda em parceria com a empresa Tanquímica desenvolveu, em 2013, uma nanoemulsão de cera de carnaúba que ao ser usado em experimentos com mamão, laranja e tangerina, mostrou formar uma barreira contra a perda de umidade, ação microbiana e barreira contra trocas gasosas, com isso, aumentou o tempo de vida desses frutos em 15 dias (Miranda, 2020).

2.3 Nanotecnologia aplicada em alimentos

2.3.1 Frutas e hortaliças

No ano de 2020, a Embrapa Hortaliças e a Embrapa Instrumentação, através de nano compósitos, produziram uma nova fórmula de hidrogel capaz de reduzir o uso da água em 12% nas produções de mudas de hortaliças, e capaz de antecipar o ciclo de produção em até três dias. Tornando possível acelerar o crescimento das raízes e folhas de tomate e pimentão, através da liberação controlada da ureia (EMBRAPA, 2020).

Prakash et al., (2018) desenvolveram uma nanoemulsão a base de óleo essencial para melhorar a qualidade microbiológica de frutas e legumes minimamente processados, os autores observaram uma melhora no processo conservativo, principalmente na associação da nanoemulsão com embalagens especializadas. Em quiabo, Gundewadi et al., (2018) produziu um revestimento orgânico a base de



alginato nanoemulsionado com óleo de manjeriço para aumentar o prazo comercial. O ensaio in vivo confirmou a eficácia da emulsão no controle de fungos deteriorantes, tornando uma abordagem natural promissora.

2.3.2 Nanotecnologia no setor lácteo

Na saúde do animal, a nanotecnologia já contribuiu com o desenvolvimento de nanobiossensores que ajudam no diagnóstico de doenças como tuberculose, brucelose, neosporose e anaplasmosse bovina. Conseguem apresentar diagnósticos de maneira rápida e em grande número de amostras de soro de animais. Dentre outras aplicações na cadeia primária (Neiva & Henrique, 2018).

Nas indústrias lácteas as aplicações da nanotecnologia têm caminhado principalmente para o uso de embalagens ativas, tratamento de efluentes e controle de microrganismos (Ayelén Vélez et al., 2017).

Os lácteos são produtos altamente nutritivos, disponíveis em inúmeras apresentações que podem ser utilizadas na produção de vários outros produtos. Dada essa versatilidade e alta disponibilidade comercial para população, os laticínios tornam-se produtos de alta relevância para o mercado de alimentos. Todavia, são produtos altamente perecíveis, principalmente quando disponíveis em produto fluido ou em apresentações com alta *Aw*, como queijos frescos e bebidas lácteas (Ayelén Vélez et al., 2017).

Com isso, buscam-se principalmente tecnologias que auxiliem na expansão do prazo comercial dos produtos, e também na incorporação de compostos que aumentem ainda mais o perfil nutricional e funcional, sem, contudo, comprometer as características sensoriais (Maurya & Aggarwal, 2019). Erfanian et al., (2014) avaliaram a influência da redução nanométrica do cálcio, em leite pó, em relação a absorção e disponibilidade. Entre os resultados foi verificada a maior disponibilidade do cálcio com maior presença detectada nos tecidos ósseos do grupo alimentado com o produto nanotecnológico. Erfanian et al., (2017) compararam a biodisponibilidade do cálcio nanométrico em dois tipos diferente de leites enriquecidos constatando maior absorção do mineral em escala nano. Maurya & Aggarwal, (2019) elaboraram uma bebida à base de leite com nanoestruturas encapsuladas de vitamina D3. Os autores constaram



melhor aceitação sensorial do produto com vitamina encapsulada do que a amostra controle não encapsulada e não nanométrica.

Outras utilidades estão sendo estudadas para aplicações em lácteos como a nanoemulsão de gordura em queijo cheddar (Sharma Khanal et al., 2019), nanoemulsão de óleos aplicado a queijo (Bedoya-Serna et al., 2018), aplicações de compostos nano carotenoides em lácteos (Sharaf et al., 2019) e a nanoencapsulação de probióticos, para incorporação em alimentos como, leite fermentado, iogurte e queijos já é estudada, oferecendo benefícios a flora intestinal e a saúde gastrointestinal.

2.3.3 Nanotecnologia em produtos cárneos

Em produtos cárneos os estudos têm sido orientados principalmente para expansão do prazo comercial, dada a alta perecibilidade da matriz responsável por uma alta taxa de perdas e desperdício. Huang et al., (2020) prepararam um revestimento comestível a base de nanoemulsão de extrato de alecrim e ϵ -poli-L-lisina, que quando aplicados em frango carbonado pronto para o consumo promoveram aumento significativo na vida de prateleira. Noori et al., (2018) também realizaram estudos com nanotecnologia aplicada a filé de frangos, onde elaboraram um revestimento comestível a base de nanoemulsão de gengibre eficaz no aumento da eficiência antimicrobiana e antioxidante do produto.

2.4 Aspectos legais

A legislação brasileira ainda não contempla de forma detalhada a política sobre o uso de nanotecnologia em alimentos. Todavia, os fabricantes utilizam as normativas relacionadas ao processo, como no caso de embalagens contendo nanotecnologia que são avaliadas, dentre outras, quanto a normativa regula a permeabilidade a gases, por exemplo. Na indústria alimentar, certos materiais têm que ser aprovados para o consumo humano ou para contato com os alimentos, e estes não podem oferecer toxicidade e riscos para a saúde humana. Esse assunto está ganhando notoriedade e os avanços em pesquisas vêm acontecendo.

Exemplo são as nanopartículas de dióxido de titânio, amplamente utilizadas na produção de embalagens nanotecnológicas aplicadas a alimentos. Alguns estudos



avaliando sua ação in vivo demonstraram alterações em tecidos do organismo que podem ser maléficas aos consumidores (BARROS, 2011).

Assim, faz-se necessário ampliar os estudos e a profundidade das legislações específicas que abordem o uso de tecnologias nem escala nanométrica nas indústrias de alimentos, principalmente para a liberação aos mercados e consumidores. A indústria em parceria com o órgão público deve buscar, em harmonia a comunidade científica, estabelecer as normas visando à saúde da sociedade, em conciliação ao uso benefício da nanotecnologia (BARROS, 2011).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nanotecnologia tem se mostrado promissora em diversos setores da indústria alimentícia, em especial no desenvolvimento de embalagens inteligentes. Dentre as vantagens de sua aplicação, o aumento da vida de prateleira e a consequente redução do desperdício são fatores alinhados a atual tendência do mercado consumidor que vem buscando cada vez mais um consumo saudável e de menor agressividade ao meio ambiente. Apesar dos fatores positivos a implementação da nanotecnologia na indústria alimentícia, no Brasil, ainda se faz necessário a melhoria da regulamentação legal destes produtos, principalmente a respeito dos parâmetros de toxicidade e tecnologia.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A. C. S., Franco, E. A. N., Peixoto, F. M., Pessanha, K. L. F., & Melo, N. R. (2015). Aplicação de nanotecnologia em embalagens de alimentos. *Polimeros*, 25, 89–97.
- Ayelén Vélez, M., Cristina Perotti, M., Santiago, L., María Gennaro, A., & Hynes, E. (2017). Bioactive compounds delivery using nanotechnology: design and applications in dairy food. *Nutrient Delivery*, 221–250.
- Barros-Alexandrino, T. T. de, Martelli-Tosi, M., Filho, R. B., & Assis, O. B. G. (2017). COMPARAÇÃO ENTRE O USO NANOPARTÍCULAS DE QUITOSANA E NANOFIBRAS DE CELULOSE COMO MATERIAL DE REFORÇO EM FILMES A BASE DE POLPA DE FRUTAS. *IX Workshop de Nanotecnologia Aplicada Ao Agronegócio*, 4.
- BARROS, R. M. da S. (2011). *Nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos - riscos potenciais, necessidades regulatórias e proposta de instrumento para*



verificar opiniões sobre riscos potenciais à saúde e ao ambiente. 0–75.

Bedoya-Serna, C. M., Dacanal, G. C., Fernandes, A. M., & Pinho, S. C. (2018). Antifungal activity of nanoemulsions encapsulating oregano (*Origanum vulgare*) essential oil: in vitro study and application in Minas Padrão cheese. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49(4), 929–935.

Brečić, R., Mesić, Ž., & Cerjak, M. (2017). Importance of intrinsic and extrinsic quality food characteristics by different consumer segments. *British Food Journal*, 119(4), 845–862.

Cerqueira, M. A., Vicente, A. A., & Teixeira, J. A. (2011). Nanotecnologia na indústria alimentar. *Ingenium*, 28–29.

Da Silva, T. E. M., Engelmann, W., & Hohendorf, R. (2016). Nanotecnologias e os desafios no campo alimentar: Que futuro nos espera? *Revista TOMO*.

EMBRAPA. (2020). *Hidrogel nanotecnológico economiza cerca de 12% de água na produção de mudas de hortaliças*. Produção Vegetal. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/51737710/hidrogel-nanotecnologico-economiza-cerca-de-12-de-agua-na-producao-de-mudas-de-hortalicas>

Enescu, D., Cerqueira, M. A., Fucinos, P., & Pastrana, L. M. (2019). Recent advances and challenges on applications of nanotechnology in food packaging. A literature review. *Food and Chemical Toxicology*, 134.

Erfanian, A., Mirhosseini, H., Manap, M. Y. A., Rasti, B., & Bejo, M. H. (2014). Influence of nano-size reduction on absorption and bioavailability of calcium from fortified milk powder in rats. *Food Research International*, 66(1), 1–11.

Erfanian, A., Rasti, B., & Manap, Y. (2017). Comparing the calcium bioavailability from two types of nano-sized enriched milk using in-vivo assay. *Food Chemistry*, 214, 606–613.

FARIAS, M. G., DE CARVALHO, C. W. P., & ASCHERI, J. L. R. (2013). Elaboração de filmes finos comestíveis de amido adicionado de vitamina C e caratenóides na forma de polpa de acerola. *VII Workshop Da Rede de Nanotecnologia Aplicada Ao Agronegócio*, 5.

Ferreira, H. S., Do, M., & Rangel, C. (2018). Nanotecnologia: Aspectos Gerais E Potencial De Aplicação Em Catálise. *Quim. Nova*, 32(7), 1–11.

Fouad Abobatta, W., & Review, M. (2018). Nanotechnology Application in Agriculture. *Acta Scientific Agriculture*, 2(6), 99–102.

Fu, Y.-J., Ong, W.-K., Kuang-Sheng Lee, O., Hui-Chun Ho, J., Wong, Y.-S., Chang, T.-H., Chien, S., Tsai, C.-T., Huang, H.-D., Yen, D.-J., & Chen, H.-F. (2012). The activation of directional stem cell motility by green light-emitting diode irradiation.



Biomaterials, 34(8), 1911–1920.

Gonçalves Fernandes, R., & Paixão Silva Oliveira, L. (2019). Entre Riscos E Desinformação: a Utilização Da Nanotecnologia Na Indústria De Alimentos. *Revista Jurídica Da FA7*, 16(2), 63–81.

Gundewadi, G., Rudra, S. G., Sarkar, D. J., & Singh, D. (2018). Nanoemulsion based alginate organic coating for shelf life extension of okra. *Food Packaging and Shelf Life*, 18, 1–12.

Hamad, A. F., Han, J. H., Kim, B. C., & Rather, I. A. (2018). The intertwine of nanotechnology with the food industry. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(1), 27–30.

Huang, M., Wang, H., Xu, X., Lu, X., Song, X., & Zhou, G. (2020). Effects of nanoemulsion-based edible coatings with composite mixture of rosemary extract and ϵ -poly-L-lysine on the shelf life of ready-to-eat carbonado chicken. *Food Hydrocolloids*, 102.

Kuang, L., Burgess, B., Cuite, C. L., Tepper, B. J., & Hallman, W. K. (2020). Sensory acceptability and willingness to buy foods presented as having benefits achieved through the use of nanotechnology. *Food Quality and Preference*, 83.

MARTELLI, M. (2012). Síntese e caracterização mecânica e da permeação de filmes comestíveis de purê de banana madura e pectina. *VI WORKSHOP DA REDE DE NANOTECNOLOGIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO*, 5.

Martins, V. de C., Braga, E. C. de O., Godoy, R. L. de O., Borguini, R. G., Pacheco, S., Santiago, M. C. P. de A., & Nascimento, L. da S. de M. (2016). Nanotecnologia Em Alimentos: Uma Breve Revisão. *Revista Eletrônica Perspectivas Da Ciência e Tecnologia - ISSN: 1984-5693*, 7(2), 25.

Maurya, V. K., & Aggarwal, M. (2019). Fabrication of nano-structured lipid carrier for encapsulation of vitamin D3 for fortification of 'Lassi'; A milk based beverage. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 193.

Mei, L., & Wang, Q. (2020). Advances in Using Nanotechnology Structuring Approaches for Improving Food Packaging. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11, 339–364.

Miranda, M. (2020). *Atividade Antifúngica de Extratos e Óleo Essencial de Gengibre em Revestimentos Nanoestruturados de Cera de Carnaúba na Conservação Pós-colheita de Tangerina e Mamão*. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho."

Neiva, R., & Henrique, F. (2018). Nanotecnologia: trata mastite e muito mais. In *ANUÁRIO Leite 2018: Indicadores, tendências e oportunidades para quem vive no setor leiteiro*. (p. 3). São Paulo: Texto Comunicação Corporativa, 2018.



Noori, S., Zeynali, F., & Almasi, H. (2018). Antimicrobial and antioxidant efficiency of nanoemulsion-based edible coating containing ginger (*Zingiber officinale*) essential oil and its effect on safety and quality attributes of chicken breast fillets. *Food Control*, *84*, 312–320.

OHASHI, T. L., PILON, L., SPRICIGO, P. C., MIRANDA, M., CORREA, D. S., & FERREIRA, M. D. (2013). Qualidade pós-colheita de mamões "golden" utilizando nanoemulsão de cera da carnaúba. *VII Workshop Da Rede de Nanotecnologia Aplicada Ao Agronegócio.*, 5.

Olson, J., & Jacoby, J. (1972). Cue utilization in the quality perception process. *Proceedings of the Third Annual Conference of the of the Association for Consumer Research, 1972*, 167–179.

Paço, A. do, Shiel, C., & Alves, H. (2019). A new model for testing green consumer behaviour. *Journal of Cleaner Production*, *207*, 998–1006.

Prakash, A., Baskaran, R., Paramasivam, N., & Vadivel, V. (2018). Essential oil based nanoemulsions to improve the microbial quality of minimally processed fruits and vegetables: A review. *Food Research International*, *111*, 509–523.

Rashidi, L., & Khosravi-Darani, K. (2011). Critical Reviews in Food Science and Nutrition The Applications of Nanotechnology in Food Industry The Applications of Nanotechnology in Food Industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *51*(51). Disponível em <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=bfsn20%5C>

Santos, A. M. P. (2011). *Embalagens* (1st ed.). EDUFRPE.

Shang, Y., Kamrul Hasan, M., Ahammed, G. J., Li, M., Yin, H., & Zhou, J. (2019). Applications of nanotechnology in plant growth and crop protection: A review. *Molecules*, *24*(14).

Sharaf, O. M., Al-Gamal, M. S., Ibrahim, G. A., Dabiza, N. M., Salem, S. S., El-ssayad, M. F., & Youssef, A. M. (2019). Evaluation and characterization of some protective culture metabolites in free and nano-chitosan-loaded forms against common contaminants of Egyptian cheese. *Carbohydrate Polymers*, *223*.

Sharma Khanal, B. K., Budiman, C., Hodson, M. P., Plan, M. R. R., Prakash, S., Bhandari, B., & Bansal, N. (2019). Physico-chemical and biochemical properties of low fat Cheddar cheese made from micron to nano sized milk fat emulsions. *Journal of Food Engineering*, *242*, 94–105.

Silva-Matos, R. R. S. da, Pereira, R. Y. F., & Oliveira, P. S. T. de. (2020). Ciências Agrárias: Conhecimentos Científicos e Técnicos e Difusão de Tecnologias. *Ciências Agrárias: Conhecimentos Científicos e Técnicos e Difusão de Tecnologias*.

Thiruvengadam, M., Rajakumar, G., & Chung, I. M. (2018). Nanotechnology: current uses and future applications in the food industry. *3 Biotech*, *8*(1).