

APLICAÇÃO DE SISTEMAS NANOPARTICULADOS EM ALIMENTOS – ARTIGO DE REVISÃO

Application of nanoparticulate systems in foods - review article

FERRONATO, Camila; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, c.ferronato@hotmail.com

AMORIM, Marcelli Powzum; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, marcellipowzum@hotmail.com

PRIAMO, Wagner Luiz. Dr.; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, wagner.priamo@erechim.ifrs.edu.br

Resumo: A nanotecnologia é uma ciência recente dentro do setor alimentício. Compostos nanoestruturados oferecem diversas características únicas permitindo sua incorporação em diversas áreas desse setor. Nanopartículas têm sido adicionadas em embalagens como biosensores, utilizadas para encapsular compostos bioativos e aplicadas como antibacterianos. Nanoemulsões, lipossomas e nanopartículas metálicas são os sistemas mais utilizados na aplicação em alimentos. Assim, essa revisão tem como objetivo apresentar as características e métodos utilizados para obtenção de cada nanopartículas bem como, resultados de estudos aplicados à alimentos.

Palavras chave: Nanotecnologia. Nanopartículas. Alimentos.

Abstract: Nanotechnology is a recent science within the food sector. Nanostructured compounds offer several unique characteristics allowing their incorporation in several areas of this sector. Nanoparticles have been added to packaging as biosensors, used to encapsulate bioactive compounds and applied as antibacterials. Nanoemulsions, liposomes and metallic nanoparticles are the most used systems in food applications. Thus, this review aims to present the characteristics and methods used to obtain each nanoparticle, as well as the results of studies applied to food.

Keywords: Nanotechnology. Nanoparticles. Foods.

1 INTRODUÇÃO

A nanociência e a nanotecnologia são áreas do conhecimento e inovação que vêm despertando interesse cada vez maior da comunidade científica e de profissionais do setor industrial, esta ciência se dedica ao estudo das propriedades físicas e químicas de materiais com pelo menos uma dimensão na faixa de 1 a 100 nm (SANTOS, 2018; ORTIZ-CASTILLO *et. al.*, 2020). A nanotecnologia inaugurou uma fase revolucionária na produção de bens e serviços colocados à disposição do consumidor, considerada uma tecnologia emergente, tem inúmeras aplicações no mercado de consumo, como produtos alimentícios, farmacêuticos, cosméticos, dentre outros (GONÇALVES FERNANDES; PAIXÃO SILVA OLIVEIRA, 2019). Há uma crescente aplicação de nanopartículas (NP's) para fins de diagnósticos e terapêuticos, no campo biomédico inclui o uso em sistemas de distribuição de drogas, na área

da cosmética a inclusão de nanosistemas permite maior eficácia na penetração e liberação de substâncias na pele (MISSAOUI et. al., 2018; MORAIS, 2018; AGARWAL et.al., 2019). As aplicações da nanotecnologia no setor de alimentos abrangem uma ampla área, desde melhorar a qualidade e realçar sabores dos alimentos, até promover a atividade antibacteriana com a utilização de baixas concentrações de nanopartículas inorgânicas (SINGH et. al., 2017).

Vários métodos podem ser empregados para a síntese de nanopartículas (NP's). Basicamente são divididos em duas categorias: sínteses pelo método "Bottom-Up" onde as NP's são formadas a partir de substâncias simples usando técnicas de sedimentação e redução; sínteses pelo método "Top-Down", nessa são empregadas técnicas destrutivas para sintetização de NP's a partir de moléculas maiores (KHAN; SAEED; KHAN, 2019). Existem várias formas de NP's e são amplamente divididos em várias categorias, dependendo de sua morfologia, tamanho e propriedades químicas (KHAN; SAEED; KHAN, 2019). Dentre as nanopartículas aplicadas em alimentos podemos destacar três principais tipos, as nanopartículas metálicas, lipossomas e nanoemulsões.

Uma busca na base de dados *Web of Science* utilizando as palavras "*Nanotechnology food*" endossa a importância do tema e o crescimento do número de publicações nos últimos cinco anos (1.108), quando comparado ao total de 1.925 publicações realizadas entre os anos de 1945-2021. Para essa revisão foram consultadas as bases de dados do Google Acadêmico, *Scielo* e *Science Direct*, utilizando as palavras chaves: nanotecnologia, nanopartículas metálicas, lipossomas e nanoemulsões direcionadas para a área de alimentos para realizar as pesquisas.

Assim, este artigo de revisão tem como objetivo apresentar os tipos de sistemas de nanopartículas utilizadas na área de alimentos, compreendido em três partes: *i*) métodos de obtenção das nanopartículas; *ii*) finalidade/aplicação desses sistemas e os resultados e *iii*) perspectivas futuras para área da nanotecnologia aplicada à alimentos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 NANOPARTÍCULAS METÁLICAS

As características das nanopartículas metálicas são muito diferentes daquelas observadas nos materiais em escalas maiores e estão ligadas diretamente à composição e morfologia da nanoestrutura (FERBONINK, 2020). Nanopartículas metálicas podem ser obtidas por métodos físicos, químicos (utilizando solventes tóxicos) e via química verde que utiliza extratos naturais de plantas, folhas ou sementes como agentes redutores. É possível obter diferentes NP's metálicas, como as de prata, ouro, zinco, platina, cobre entre outras (BAVARESCO et al., 2020).

A aplicação das NP's metálicas na área de alimentos é ampla. Em embalagens podem ser incorporadas com a finalidade de inibir o crescimento de microrganismos, detectar a

deterioração de alimentos e melhorar a resistência mecânica (HOSSAKI; VOLANTE, 2019; SINGH *et. al.*, 2017). Nanopartículas de prata (AgNP's) podem ser utilizadas como sanitizantes em vegetais minimamente processados pois possuem propriedades antibacterianas capazes de inibir microrganismos patogênicos (ARAÚJO *et.al.*, 2015).

2.2 LIPOSSOMAS

Um dos tipos de nanopartículas com crescente aplicação em alimentos são os lipossomas, isso se deve as vantagens que esses sistemas apresentam para encapsular substâncias bioativas (enzimas, vitaminas, antioxidantes, entre outros) e pela sua capacidade de liberação controlada destes componentes (CACCIATORE, 2019; PINILLA, 2020). É possível ainda com a utilização deste sistema integrar antimicrobianos de alimentos que podem auxiliar na proteção de produtos alimentícios contra a ação de microrganismos patogênicos (PATHAKOTI; MANUBOLU; HWANG, 2017).

Os lipossomas, também denominados de vesículas lipídicas, são nanoestruturas formadas por uma ou mais camadas concêntricas de lipídios, podem ser feitos de substâncias naturais e, portanto, não são tóxicos, biocompatíveis, biodegradáveis e não imunogênicos (SANTOS, 2018; MAJA, ŽELJKO E MATEJA, 2020).

Existem várias formas de preparo de lipossomas, como o método de hidratação do filme lipídico, evaporação em fase reversa, sonicação, entre outros, na área de alimentos podemos destacar dois métodos mais usados, a homogeneização por alta pressão e dispersão do princípio ativo em filme anfifílico (SANTOS, 2018; LOPES, 2018).

2.3 NANOEMULSÕES

As nanoemulsões são geralmente definidas como uma dispersão coloidal termodinamicamente instável que consiste em dois líquidos imiscíveis ou parcialmente miscíveis (óleo em água ou água em óleo) que são estabilizadas por tensoativos em proporções definidas, que, formam gotas com tamanho médio de gotícula entre 20–200 nm (OCA-AVALOS *et al.*, 2020; BORRIN, 2015; GADIOLI, 2017; BEDOYA-SERNA *et al.*, 2018).

Para obtenção das nanoemulsões podem ser aplicados processos de baixa ou alta energia. As técnicas mais comuns utilizando alta energia são microfluidização de alta pressão, homogeneização de alta pressão e métodos ultrassônicos, já os de baixa energia destaca-se o método de inversão de fase por temperatura (PIT) (GADIOLI, 2017).

Esses sistemas coloidais apresentam considerável potencial de aplicação em diversas áreas, em produtos alimentícios e bebidas a entrega de compostos funcionais, como moléculas bioativas, micronutrientes, corantes, aromatizantes ou agentes antimicrobianos é altamente desejada pois tem a capacidade de melhorar o perfil nutritivo, aparência, aroma ou prazo de validade (DONSÌ, 2018).

2.4 APLICAÇÕES DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS, LIPOSSOMAS E NANOEMULSÕES

Nanopartículas metálicas se enquadram na categoria de nanopartículas inorgânicas. Geralmente não são permitidas para consumo humano, sendo comumente estudadas para segurança alimentar e gerenciamento de qualidade, mas não usadas para encapsulamento e entrega oral de compostos bioativos (LUO, 2020). Em estudo realizado por Alkhulaifi *et al.* (2020) nanopartículas de prata obtidas a partir de síntese verde apresentaram ação antibacteriana contra *E. coli* e *S. aureus*. Nanopartículas de ouro (AuNP's) obtidas a partir de síntese verde, apresentaram atividade inibitória efetiva contra *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes* em ensaios realizados por Chandran *et al.* (2019).

Quando NP's são incorporadas em biopolímeros, podem ser utilizadas como material para embalagens bioativas. KUMAR *et al.* (2019) utilizou filmes de ágar incorporados de nanopartículas de óxido de zinco para embalar uvas verdes, observando uma extensão da vida de prateleira da fruta por até 21 dias. Nanopartículas de prata incorporadas a mistura de biopolímero de PVA/PEG aumentam a estabilidade desse polímero, tornando apta a aplicação em embalagens de alimentos, criando ainda uma ação antibacteriana com as propriedades das AgNP's (RAVINDRAN *et al.*, 2020).

Lipossomas e nanoemulsões se enquadram na categoria de nanopartículas orgânicas, pelo fato de serem preparadas a partir de proteínas, polissacarídeos e lipídios, sendo capazes de encapsular compostos bioativos (LUO, 2020). AmnuaiKit (2016) sugere a incorporação de lipossomas de óleo de peixe em suplementos alimentares como fonte de ômega 3 e DHA, uma vez que utilizando esse processo é possível reduzir o cheiro de peixe e aumentar a aceitabilidade. Em ensaios realizados por Cui *et al.* (2016a, 2016b), lipossomas de nissina-sílica revestidos com quitosana e óleo de capim-limão encapsulado em lipossomas, aplicados em queijos, apresentaram efetiva ação antibacteriana contra *Listeria monocytogenes*, resultados estes destacados pelo autor como promissores para preservação de alimentos e aplicação em produtos lácteos.

Nanoemulsões (NE) tem muitas aplicações na indústria de alimentos, podem ser utilizadas para mascarar o gosto ou cheiro desagradável de alguns materiais bioativos, melhorar a estabilidade dos ingredientes alimentares e têm sido utilizadas como forma adequada para melhorar os caracteres de digestibilidade de alimentos e extratos naturais (SALEM; EZZAT, 2019). Em estudo conduzido por Dasgupta *et al.* (2015) obteve-se NE de acetato de vitamina E usando óleo de mostarda comestível, apresentando boa atividade antioxidante e atividade antimicrobiana, segundo o autor podem ser implementados para aumentar a vida útil de sucos de frutas e utilizado em bebidas como suplemento de saúde. Esses sistemas podem ainda encapsular agentes antimicrobianos. Nanoemulsões de grau alimentício estáveis de óleo essencial de *Cleome viscosa* apresentou efeitos fungicidas contra

Candida albicans, patogênica de origem alimentar (KRISHNAMOORTHY et al., 2020). Nanoemulsões de polpa e sementes de *P. alata* e *P. setácea* apresentaram potencial inibitório contra o crescimento de *E. coli* (GADIOLI, 2017)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nanotecnologia tem sido apontada como uma das áreas de grande potencial para atender os objetivos da nova demanda mundial. O caráter interdisciplinar e multidisciplinar garante a nanotecnologia ser uma tecnologia totalmente inovadora, trazendo benefícios a todas as áreas de estudo e na área alimentícia isso não é diferente. A aplicação da nanotecnologia tem ganhado um espaço cada vez maior em alimentos, seja na incorporação em embalagens ou no melhoramento nutricional. Ainda que esteja em mais amplo estudo no setor de embalagens já que se encontram diversos estudos de incorporação de nanocompostos para obter uma embalagem mais ativa e ainda sustentável. É uma área que possui um potencial imenso de aplicação e está em constante aperfeiçoamento e conquista de espaço. Essa tecnologia pode dinamizar o setor produtivo, em toda a cadeia e favorecer as possibilidades além da obtenção de produtos com alto padrão de qualidade. Apesar de ser uma tecnologia muito utilizada na área da saúde, a aplicação desses materiais em alimentos é recente, demandando ainda muitos estudos em relação à sua toxicidade e aplicabilidade nas diversas áreas dentro da linha de produção. É importante lembrar que também é uma área que ainda demanda legislações que a abranjam, a formulação de leis que abordem a questão da nanotecnologia é imprescindível para a garantia do desenvolvimento de forma a equilibrar fatores econômicos, sociais e ambientais. De modo geral, os sistemas apresentados têm uma ampla aplicação e contribuem principalmente na segurança alimentar, aumento da vida de prateleira dos produtos e no valor nutricional.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, Happy; NAKARA, Amatullah; SHANMUGAM, Venkat Kumar. Anti-inflammatory mechanism of various metal and metal oxide nanoparticles synthesized using plant extracts: a review. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, [S.L.], v. 109, p. 2561-2572, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopha.2018.11.116>.
- ALKHULAIFI, Manal M. *et al.* Green synthesis of silver nanoparticles using Citrus limon peels and evaluation of their antibacterial and cytotoxic properties. **Saudi Journal Of Biological Sciences**, [S.L.], p. 1-8, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.09.031>.
- AMNUAIKIT, Thanaporn. Formulation development and preparation of fish oil liposome by using high pressure homogenizer for food supplement product. **Asian Journal Of Pharmaceutical Sciences**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 126-127, fev. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajps.2015.11.094>.
- ARAUJO, Emiliane Andrade et al. Sanitização de cenoura minimamente processada com nanopartículas de prata. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 9, p. 1681-1687,

set. 2015. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000901681&lng=en&nrm=iso>. access on 26 Oct. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20130820>.

BAVARESCO, Juliane B. *et al.* Síntese verde de nanopartículas de prata a partir do extrato de folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*). **Scientia Cum Industria**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 39-45, 3 ago. 2020. Universidade Caixias do Sul. <http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v8iss1p39>.

BEDOYA-SERNA, Carolina M. *et al.* Antifungal activity of nanoemulsions encapsulating oregano (*Origanum vulgare*) essential oil: in vitro study and application in minas padrão cheese. **Brazilian Journal Of Microbiology**, [S.L.], v. 49, n. 4, p. 929-935, out. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjm.2018.05.004>.

BORRIN, Thais Ribeiro. **Nanoemulsões produzidas pelo método do ponto de inversão da emulsão (EIP) para encapsulação de curcumina: parâmetros de produção, estabilidade físico-química e incorporação em sorvete**. 2015. 114 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia e Ciências de Materiais, Engenharia de Alimentos, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassunga, 2015.

CACCIATORE, Fabíola Ayres. **Encapsulação de carvacrol em nanolipossomas e nanocápsulas visando à inibição de bactérias de importância em alimentos aderidas em aço inoxidável**. 2019. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

CHANDRAN, Krishnaraj; SONG, Seonhwa; YUN, Soon-Il. Effect of size and shape controlled biogenic synthesis of gold nanoparticles and their mode of interactions against food borne bacterial pathogens. **Arabian Journal Of Chemistry**, [S.L.], v. 12, n. 8, p. 1994-2006, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.11.041>.

CUI, H.y.; WU, J.; LIN, L.. Inhibitory effect of liposome-entrapped lemongrass oil on the growth of *Listeria monocytogenes* in cheese. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 99, n. 8, p. 6097-6104, ago. 2016a. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11133>.

CUI, H.y.; WU, J.; LI, C.Z.; LIN, L.. Anti-listeria effects of chitosan-coated nisin-silica liposome on Cheddar cheese. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 99, n. 11, p. 8598-8606, nov. 2016b. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11658>.

DASGUPTA, Nandita *et al.* Fabrication of Food Grade Vitamin E Nanoemulsion by Low Energy Approach, Characterization and Its Application. **International Journal Of Food Properties**, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 700-708, 17 jun. 2015. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10942912.2015.1042587>.

DONSÌ, Francesco. Applications of Nanoemulsions in Foods. In: JAFARI, Seid Mahdi; MCCLEMENTS, David Julian (ed.). **Nanoemulsions: formulation, applications, and characterization**. Cambridge, Massachusetts: Academic Press, 2018. p. 1081. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128118382/nanoemulsions?via=ihub=#book-info>. Acesso em: 28 out. 2020.

FERBONINK, Guilherme Ferreira. **Dinâmica ultrarrápida de nanopartículas metálicas**. 2020. 121 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, SP. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/346590>. Acesso em: 26 out. 2020.

GADIOLI, Izabel Lucena. **Obtenção, caracterização química, propriedades antioxidantes e antimicrobianas de extratos de polpas, sementes e folhas de passifloras silvestres para formulação de nanoemulsões**. 2017. 133 f. Tese (Doutorado) - Curso de Nutrição Humana, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

GONÇALVES FERNANDES, R.; PAIXÃO SILVA OLIVEIRA, L. ENTRE RISCOS E DESINFORMAÇÃO: A UTILIZAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS. **Revista Jurídica da FA7**, v. 16, n. 2, p. 63-81, 24 jul. 2019.

HOSSAKI, B. A.; VOLANTE, C. R. NANOTECNOLOGIA APLICADA AS EMBALAGENS DE ALIMENTOS. **SIMTEC - Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga**, v. 5, n. 1, p. 614-628, 22 dez. 2019.

KHAN, Ibrahim; SAEED, Khalid; KHAN, Idrees. Nanoparticles: properties, applications and toxicities. **Arabian Journal Of Chemistry**, [S.L.], v. 12, n. 7, p. 908-931, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011>.

KRISHNAMOORTHY, Rajapandiyan *et al.* Antifungal activity of nanoemulsion from Cleome viscosa essential oil against food-borne pathogenic Candida albicans. **Saudi Journal Of Biological Sciences**, [S.L.], p. 1-8, out. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.10.001>.

KUMAR, Santosh *et al.* Bionanocomposite films of agar incorporated with ZnO nanoparticles as an active packaging material for shelf life extension of green grape. **Heliyon**, [S.L.], v. 5, n. 6, p. 1-8, jun. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01867>.

LOPES, Nathalie Almeida. **Desenvolvimento de lipossomas nanométricos para armazenamento e liberação controlada de peptídeos antimicrobianos**. 2018. 130 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

LUO, Yangchao. Perspectives on important considerations in designing nanoparticles for oral delivery applications in food. **Journal Of Agriculture And Food Research**, [S.L.], v. 2, p. 100031-100031, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100031>.

MAJA, Leitgeb; ŽELJKO, Knez; MATEJA, Primožič. Sustainable technologies for liposome preparation. **The Journal Of Supercritical Fluids**, [S.L.], v. 165, p. 104984-105000, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2020.104984>.

MENAZEA, A.A. *et al.* Physical characterization and antibacterial activity of PVA/Chitosan matrix doped by selenium nanoparticles prepared via one-pot laser ablation route. **Journal Of Materials Research And Technology**, [S.L.], v. 9, n. 5, p. 9598-9606, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.06.077>.

MISSAOUI, Wided N.; ARNOLD, Robert D.; CUMMINGS, Brian S.. Toxicological status of nanoparticles: what we know and what we don't know. **Chemico-Biological Interactions**, [S.L.], v. 295, p. 1-12, nov. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbi.2018.07.015>.

MORAIS, Ana Francisca Correia. **Nanotecnologia & Cosmética**. 2018. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Farmácia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/84407>. Acesso em: 26 out. 2020.

OCA-AVALOS, Juan Manuel Montes de *et al.* Structural characterization of nanoemulsions stabilized with sodium caseinate and of the hydrogels prepared from them by acid-induced

gelation. **Current Research In Food Science**, [S.L.], v. 3, p. 113-121, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crfs.2020.03.010>.

ORTIZ-CASTILLO, Jose E.; GALLO-VILLANUEVA, Roberto C.; MADOU, Marc J.; PEREZ-GONZALEZ, Victor H.. Anisotropic gold nanoparticles: a survey of recent synthetic methodologies. **Coordination Chemistry Reviews**, [S.L.], v. 425, p. 213489-213512, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ccr.2020.213489>.

PATHAKOTI, Kavitha; MANUBOLU, Manjunath; HWANG, Huey-Min. Nanostructures: current uses and future applications in food science. **Journal Of Food And Drug Analysis**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 245-253, abr. 2017. The Journal of Food and Drug Analysis (JFDA), Food and Drug Administration, Taiwan (TFDA). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfda.2017.02.004>.

PINILLA, Cristian Mauricio Barreto. **Estudo da estabilidade em longo prazo e aplicação de lipossomas contendo nisina e extrato de alho**. 2020. 164 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

RAVINDRAN, R.s. Ernest *et al.* Silver nanoparticles blended PEG/PVA nanocomposites synthesis and characterization for food packaging. **Arabian Journal Of Chemistry**, [S.L.], v. 13, n. 7, p. 6056-6060, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.05.005>.

SALEM, Mohamed A.; EZZAT, Shahira M.. Nanoemulsions in Food Industry. **Some New Aspects Of Colloidal Systems In Foods**, [S.L.], p. 1-23, 20 mar. 2019. IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.79447>.

SANTOS, Camila Lais Alves dos. **Diferentes nanossistemas veiculando princípios ativos para alimentos**. 2018. 38 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas Agroindustriais, Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2018.

SINGH, Trepti; SHUKLA, Shruti; KUMAR, Pradeep; WAHLA, Verinder; BAJPAI, Vivek K.; RATHER, Irfan A.. Application of Nanotechnology in Food Science: perception and overview. **Frontiers In Microbiology**, [S.L.], v. 8, p. 1-7, 7 ago. 2017. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2017.01501>.