

**Desenvolvimento de microcápsulas de óleo de andiroba (carapa guianensis) por coacervação complexa em matrizes de goma arábica/ gelatina e alginato/ gelatina****Development of andiroba oil microcaps (carapa guianensis) by complex cocervation in arabic goma/ gelatine and alginate matrices**

DOI:10.34117/bjdv6n11-668

Recebimento dos originais: 25/10/2020

Aceitação para publicação: 30/11/2020

**Joice Camila Martins da Costa**

Mestranda em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá,  
Instituição: Universidade Estadual de Maringá  
Endereço: Av. Colombo, 5790 – Jd. Universitário, Maringá – PR, Brasil  
E-mail: joicecamilamart@gmail.com

**Gabriela Luiza Araújo dos Santos**

Graduanda em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá  
Instituição: Universidade Estadual de Maringá  
Endereço: Av. Colombo, 5790 – Jd. Universitário, Maringá – PR, Brasil  
E-mail: gabby.luiza@hotmail.com

**Elder dos Santos Araújo**

Mestrando em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá,  
Instituição: Universidade Estadual de Maringá  
Endereço: Av. Colombo, 5790 – Jd. Universitário, Maringá – PR, Brasil  
E-mail: elderdsa@yahoo.com.br

**Eloize da Silva Alves**

Mestranda em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá,  
Instituição: Universidade Estadual de Maringá  
Endereço: Av. Colombo, 5790 – Jd. Universitário, Maringá – PR, Brasil  
E-mail: eloizeetaus@gmail.com

**Wanderlei José do Nascimento**

Mestrando em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá,  
Instituição: Universidade Estadual de Maringá  
Endereço: Av. Colombo, 5790 – Jd. Universitário, Maringá – PR, Brasil  
E-mail: wnascimento@formatto.com.br

**Bárbara Elisabeth Teixeira-Costa**

Docente do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos  
Instituição: Universidade Federal do Amazonas  
Endereço: Av. Rodrigo Otávio, 6200 – Coroado I, Manaus – AM, Brasil  
E-mail: betcosta@gmail.com

**Rita de Cássia Bergamasco**

Docente do Departamento de Engenharia de Alimentos  
Instituição: Universidade Estadual de Maringá  
Endereço: Av. Colombo, 5790 – Jd. Universitário, Maringá – PR, Brasil

E-mail: rbergamasco@uem.br

**Mônica Regina da Silva Scapim**

Docente do Departamento de Engenharia de Alimentos

Instituição: Universidade Estadual de Maringá.

Endereço: Av. Colombo, 5790 – Jd. Universitário, Maringá – PR, Brasil

E-mail: mrsscachim@uem.br

## RESUMO

O óleo de andiroba é bastante conhecido e utilizado na região Norte do Brasil por possuir ampla propriedades medicinais e atividade biológica. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver microcápsulas por coacervação complexa em matrizes de gelatina/goma arábica e gelatina/alginato, visando o melhor desempenho como material de parede. Para tanto, o estudo do processo de microencapsulação por coacervação foi realizado, seguido da incorporação do óleo as microcápsulas e posterior análises de umidade, atividade de água e eficiência de encapsulação, de modo verificar a efetividade dos materiais encapsulantes utilizados. O estudo permitiu concluir que a formação de microcápsulas de óleo de andiroba em matriz de alginato/gelatina foi o que apresentou os melhores resultados em relação a umidade e eficiência de encapsulação, determinadas quando comparados com o sistema goma arábica/gelatina. Essa tecnologia pode ser utilizada para encapsulação de diferentes óleos vegetais, empregada nas indústrias farmacêuticas e de alimentos para veiculação de ingredientes e para proteção de substâncias sensíveis a oxidação.

**Palavras-chave:** Microencapsulação, Óleo de andiroba, *Carapa guianensis*, Coacervação complexa.

## ABSTRACT

Andiroba oil is well known and used in the North region of Brazil for its medicinal properties and biological activity. Thus, the objective of this work was to develop microcapsules by complex coacervation in gelatin/gum arabic and gelatin/alginate matrices, aiming the best performance as wall material. For this, the study of the process of microencapsulation by coacervation was carried out, followed by the incorporation of the oil to the microcapsules and later analysis of humidity, water activity and encapsulation efficiency, in order to verify the effectiveness of the encapsulating materials used. The study concluded that the formation of andiroba oil microcapsules in alginate/gelatin matrix was the one that presented the best results regarding humidity and encapsulation efficiency, determined when compared with the gum arabic/gelatin system. This technology can be used for encapsulation of different vegetable oils, used in the pharmaceutical and food industries for conveying ingredients and for protection of substances sensitive to oxidation.

**Keywords:** Microencapsulation, andiroba oil, *Carapa guianensis*, complex coacervation.

## 1 INTRODUÇÃO

A andiroba (*Carapa guianensis*) é uma espécie arbórea amazônica, pertencente à família Meliaceae, popularmente conhecido como andiroba. Sua ocorrência é predominante na floresta amazônica, o que desperta grande interesse de pesquisas e de indústrias farmacêuticas e cosmética, devido as propriedades químicas do óleo como produto. A espécie, explorada especialmente, por suas sementes das quais se extrai um óleo de grande valor comercial (Penido et al., 2006).

Geralmente, os óleos são misturas complexas de glicerídeos, sendo que os principais ácidos graxos insaturados presentes no óleo de andiroba são os ácidos palmítico, oleico e esteárico (Qi et al., 2004). Pesquisadores também identificaram a presença de limonóides nas sementes de andiroba, substância esta, comprovada com ação inseticida e repelente (Ambrozin et al., 2006). Os efeitos fitoterápicos são reconhecidos, mas poucos estudos têm sido realizados com o intuito de manter a estabilidade deste óleo e prolongar os efeitos de seus componentes (Penido et al., 2005).

Considerando um estudo relacionado à valorização deste óleo como fonte potencial de produto, a microencapsulação é uma tecnologia que permite proteger substâncias sensíveis contra as condições adversas do meio, como efeitos deletérios da exposição ao meio ambiente, incluindo a exposição a luz, umidade e temperaturas elevadas podendo ser utilizada também com o intuito de promover a liberação controlada dos compostos presentes em óleos ou extratos vegetais (Beirão-da-Costa et al., 2013).

Entre as técnicas de microencapsulação, a coacervação complexa é um processo utilizado para encapsular substâncias hidrofóbicas e consiste basicamente de uma separação espontânea de fases, que leva a formação de um complexo insolúvel (coacervado – fase rica em polímeros), e de outra fase pobre em polímeros (Wang et al., 2014).

Dessa forma, este trabalho foi realizado com o intuito de desenvolver microcápsulas por coacervação complexa em diferentes sistemas de goma arábica/gelatina e alginato de sódio/gelatina.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 MATÉRIA-PRIMA**

O óleo de andiroba não-refinado artesanal utilizado para a microencapsulação foi doado por um agricultor familiar do Estado do Amazonas. Os biopolímeros utilizados como materiais de parede usados foram a goma arábica pura (Dinâmica, Química Contemporânea Ltda, Brasil), alginato de sódio (Inlab, Alamar Tecno-Científica Ltda, Brasil) e Gelatina 240 Bloom cedida pela Gelita do Brasil S.A (Filial de Maringá, Brasil). Para o ajuste de pH, ácido acético glacial (P.M 60,05, Dinâmica, Brasil) foi utilizado. Os demais reagentes utilizados nas análises possuíam grau analítico.

### **2.2 PREPARO DAS MICROCÁPSULAS**

O preparo das microcápsulas em matrizes de goma arábica/gelatina e em alginato/gelatina foi baseado na metodologia descrita por Marfil et al., (2016) com as adaptações, como pode ser visto na Figura 1. Inicialmente, os dois procedimentos seguiram as mesmas etapas, para os diferentes sistemas, diferenciando-se apenas nas concentrações poliméricas utilizadas e no ajuste de pH. As emulsões foram preparadas separadamente nas proporções de 1:1 para goma arábica; gelatina, e 2:3 para o alginato; gelatina, conforme pode ser visualizado na Tabela 1. Primeiramente, o óleo de andiroba foi adicionado à 100 mL de solução de gelatina e homogeneizado com agitador mecânico por 5 minutos a 10.000 rpm a temperatura ambiente. Em seguida, a emulsão formada foi aquecida a  $50 \pm 3^\circ\text{C}$ , e adicionou-se 100 mL da solução polimérica de goma arábica ou alginato homogeneizou-se por 3 minutos a 10.000 rpm. Posteriormente, o pH da solução foi ajustado e as amostras GG e GA, foram acondicionadas sob refrigeração por 24 horas para a precipitação dos coacervatos. Após então, coacervatos foram congelados e para posterior liofilização a  $-40^\circ\text{C}$  por 24 horas.

A andiroba (*Carapa guianensis*) é uma espécie arbórea amazônica, pertencente à família Meliaceae, popularmente conhecido como andiroba. Sua ocorrência é predominante na floresta amazônica, o que desperta grande interesse de pesquisas e de indústrias farmacêuticas e cosmética, devido as propriedades químicas do óleo como produto. A espécie, explorada especialmente, por suas sementes das quais se extrai um óleo de grande valor comercial (Penido et al., 2006).

Geralmente, os óleos são misturas complexas de glicerídeos, sendo que os principais ácidos graxos insaturados presentes no óleo de andiroba são os ácidos palmítico, oleico e esteárico (Qi et al., 2004). Pesquisadores também identificaram a presença de limonóides nas sementes de andiroba, substância esta, comprovada com ação inseticida e repelente (Ambrozini et al., 2006). Os efeitos fitoterápicos são reconhecidos, mas poucos estudos têm sido realizados com o intuito de manter a estabilidade deste óleo e prolongar os efeitos de seus componentes (Penido et al., 2005).

Considerando um estudo relacionado à valorização deste óleo como fonte potencial de produto, a microencapsulação é uma tecnologia que permite proteger substâncias sensíveis contra as condições adversas do meio, como efeitos deletérios da exposição ao meio ambiente, incluindo a exposição a luz, umidade e temperaturas elevadas podendo ser utilizada também com o intuito de promover a liberação controlada dos compostos presentes em óleos ou extratos vegetais (Beirão-da-Costa et al., 2013).

Entre as técnicas de microencapsulação, a coacervação complexa é um processo utilizado para encapsular substâncias hidrofóbicas e consiste basicamente de uma separação

espontânea de fases, que leva a formação de um complexo insolúvel (coacervado – fase rica em polímeros), e de outra fase pobre em polímeros (Wang *et al.*, 2014).

Dessa forma, este trabalho foi realizado com o intuito de desenvolver microcápsulas por coacervação complexa em diferentes sistemas de goma arábica/gelatina e alginato de sódio/gelatina.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 MATÉRIA-PRIMA**

O óleo de andiroba não-refinado artesanal utilizado para a microencapsulação foi doado por um agricultor familiar do Estado do Amazonas. Os biopolímeros utilizados como materiais de parede usados foram a goma arábica pura (Dinâmica, Química Contemporânea Ltda, Brasil), alginato de sódio (Inlab, Alamar Tecno-Científica Ltda, Brasil) e Gelatina 240 Bloom cedida pela Gelita do Brasil S.A (Filial de Maringá, Brasil). Para o ajuste de pH, ácido acético glacial (P.M 60,05, Dinâmica, Brasil) foi utilizado. Os demais reagentes utilizados nas análises possuíam grau analítico.

### **2.2 PREPARO DAS MICROCÁPSULAS**

O preparo das microcápsulas em matrizes de goma arábica/gelatina e em alginato/gelatina foi baseado na metodologia descrita por Marfil *et al.*, (2016) com a adaptações, como pode ser visto na Figura 1. Inicialmente, os dois procedimentos seguiram as mesmas etapas, para os diferentes sistemas, diferenciando-se apenas nas concentrações poliméricas utilizadas e no ajuste de pH. As emulsões foram preparadas separadamente nas proporções de 1:1 para goma arábica; gelatina, e 2:3 para o alginato; gelatina, conforme pode ser visualizado na Tabela 1. Primeiramente, o óleo de andiroba foi adicionado à 100 mL de solução de gelatina e homogeneizado com agitador mecânico por 5 minutos a 10.000 rpm a temperatura ambiente. Em seguida, a emulsão formada foi aquecida a  $50 \pm 3^{\circ}\text{C}$ , e adicionou-se 100 mL da solução polimérica de goma arábica ou alginato homogeneizou-se por 3 minutos a 10.000 rpm. Posteriormente, o pH da solução foi ajustado e as amostras GG e GA, foram acondicionadas sob refrigeração por 24 horas para a precipitação dos coacervatos. Após então, coacervatos foram congelados e para posterior liofilização a  $-40^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.

Figura 1. Fluxograma da produção de microcápsulas de óleo de andiroba por coacervação complexa.

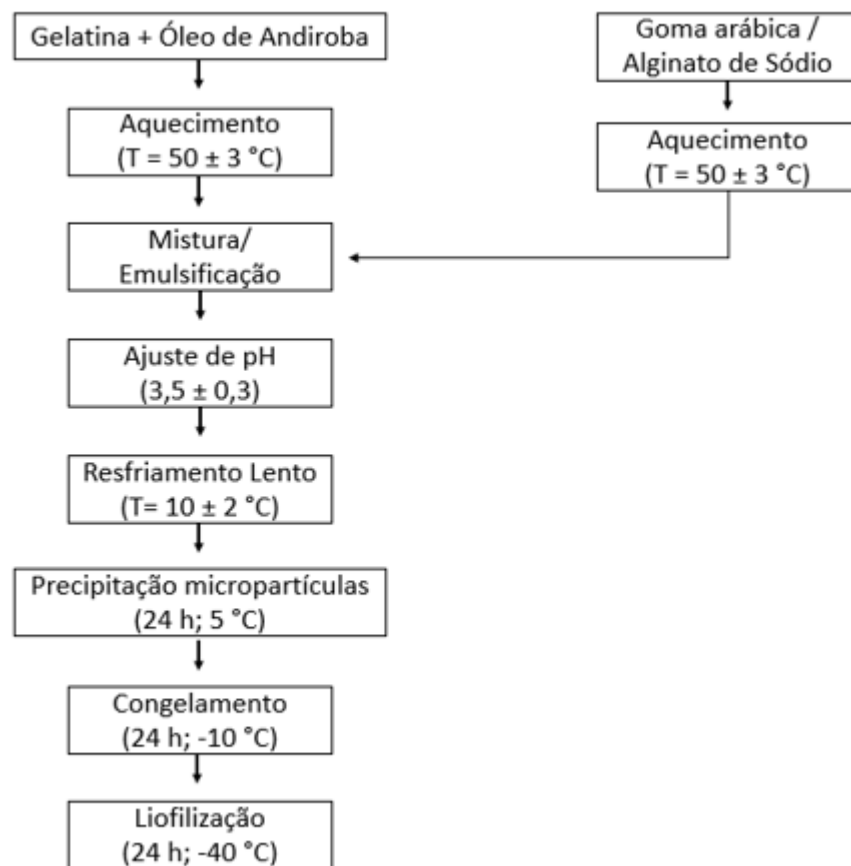


Tabela 1. Formulações das dispersões de microcápsulas de óleo de andiroba em matrizes de goma arábica/gelatina (GG) e alginato/gelatina (AG) por coacervação complexa.

Código da Amostra	Gelatina (g/100mL)	Goma arábica (g/100mL)	Alginato (g/100mL)	Óleo de andiroba (g)
GG	1	1	-	1
AG	3	-	1	2

### 2.3 CARACTERIZAÇÃO DAS MICROCÁPSULAS

As microcápsulas obtidas por coacervação complexa, GG e AG, foram caracterizadas quanto ao teor de umidade, atividade de água e eficiência de encapsulação.

#### 2.3.1 TEOR DE UMIDADE

O teor de umidade foi determinado para as microcápsulas liofilizadas de goma arábica/gelatina (GG) e alginato/gelatina (AG). Cerca de 1,5g de amostras foram pesados e avaliados em analisador de umidade modelo MB25 (Ohaus, Switzerland, China) utilizando radiação infravermelha de fonte de halogênio. As amostras foram avaliadas em triplicata. Os resultados foram expressos em porcentagem (%)  $\pm$  desvio-padrão.

#### 2.3.2 ATIVIDADE DE ÁGUA

A atividade de água (Aa) das micropartículas liofilizadas foi determinada utilizando um medidor de atividade de água 4TE (Aqualab, Pullman, USA) a 25 °C. O equipamento foi calibrado com água ultrapura *Milli-Q*.

### 2.3.2 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE ENCAPSULAÇÃO

Para determinação da eficiência de encapsulação cerca de 0,3g das amostras foram pesadas e adicionadas em tubos falcon com 5 mL de isopropanol, 2 mL de água ultrapura *Milli-Q* e 2 mL de hexano. Em seguida, os tubos foram agitados em vórtex (LS Logen, Magnetic Stern, Brasil) e centrifugados a 8000 rpm por 15 minutos, de acordo com metodologia de Bastos et al., (2020). As amostras foram analisadas em duplicata. A eficiência de encapsulação foi calculada (%), dividindo-se a massa do óleo encapsulado (g) pela massa do óleo retido (g), multiplicando por 100.

$$\text{Eficiência de Encapsulação (\%)} = \frac{\text{Óleo encapsulado}}{\text{Óleo retido}} \times 100$$

### 2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de médias de Tukey a 5% ( $p < 0,05$ ), utilizando o programa de estatística ASSISTAT (Version 7.6, DEAG-CTRN-UFGC, Campina Grande, Paraíba, Brasil).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As micropartículas de GA e AG após a liofilização apresentaram aparência de um pó fino, de fácil manipulação, como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2. (G.G) - Microcápsulas de goma arábica e gelatina; (A.G) - Microcápsulas de alginato de sódio e gelatina.





O teor de umidade e atividade de água são parâmetros importantes a serem caracterizados em produtos secos, uma vez que elevados teores destes podem alterar as características sensoriais e físico-químicas de produtos em pó, tais como conservação, estocagem e aplicação. Os resultados dos teores de umidade, atividade de água (Aa) e eficiência de encapsulação estão listados na Tabela 2.

Tabela 2. Umidade, atividade de água e eficiência de encapsulação das microcápsulas em matrizes de goma arábica/gelatina e alginato de sódio/gelatina.

Parâmetros	GA	AG
Umidade (%)	3,6 ± 0,2a	2,7 ± 0,3b
Atividade de Água (Aa)	0,52 ± 0,01a	0,51 ± 0,01a
Eficiência de encapsulação (%)	18,1 ± 0,6b	26,4 ± 2,0a

\*Resultados expressos em média ± desvio padrão da triplicata. Valores com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Os teores de umidade das amostras GA e AG variaram de 2,7 a 3,6 %, respectivamente. Baixos teores de umidade são resultados esperados para produtos desidratados por liofilização. Os valores determinados neste trabalho são inferiores aos valores encontrados por Rocha-Selmi et al., 2013, em microcápsulas de aspartame obtidas por emulsão na coacervação complexa utilizando materiais de parede gelatina e goma arábica, variaram de 4,0 a 7,40 %.

Os valores determinados para atividade de água de GG e AG, ~0,5, não apresentaram diferença significativa ( $p < 0,5$ ) entre si. Os resultados de Aa encontrados no presente trabalho estão em acordo com os valores determinados por Comunian et al., (2013) para microcápsulas de ácido ascórbico obtidos por coacervação complexa usando gelatina e goma arábica como agentes encapsulantes. Da mesma forma, a Aa determinada para GG e GA foi similar aos valores encontrados por Gomez-Estaca (2016), para microcápsulas de astaxantina de camarão, utilizando como material de parede gelatina e goma de cajueiro.



A eficiência de encapsulação do óleo de andiroba em GG e AG variaram de 18,1 a 26,4% respectivamente. O sistema AG foi significativamente ( $p < 0,5$ ) mais eficiente que o sistema GG. Este resultado também foi encontrado por Dima et al., (2016) para encapsulação de óleo essencial de coentro (*Conandrum sativum* L) em microcápsulas de quitosana/alginato/inulina. A coacervação complexa pode produzir sistemas eficientes, entretanto, diversos fatos podem influenciar o processo de encapsulação, dentre eles, concentração e razão de biopolímeros usados como material de parede, assim como, pH, quantidade e características do material encapsulado, taxa de homogeneização e outros (Teixeira-Costa et al., 2020). Os valores obtidos na encapsulação do óleo de andiroba em GG e AG podem ter sido influenciados por alguns destes fatores. Santos et al., (2015) encontraram valores de eficiência de encapsulação variando de 31,0 a 72,0% na microencapsulação de uma dupla emulsão de xilitol.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As microcápsulas de óleo de andiroba apresentaram características como atividade de água, umidade e eficiência de encapsulação influenciadas significativamente pelo material de parede. A matriz de alginato/gelatina apresentou melhores resultados, como baixa umidade e maior eficiência de encapsulação, quando comparado com o sistema goma arábica/gelatina.

Dessa forma, o sistema alginato/gelatina mostrou-se mais eficiente para encapsulação de substâncias hidrofóbicas e susceptíveis a oxidação lipídica, como o óleo vegetal de andiroba. Essa tecnologia pode ser utilizada para encapsulação de diferentes óleos vegetais, empregadas nas indústrias farmacêuticas e de alimentos para veiculação de ingredientes e para proteção de substâncias sensíveis a oxidação.

#### **REFERÊNCIAS**

BASTOS, LÍVIA PINTO HECKERT et al. Encapsulation of black pepper (*Piper nigrum* L.) essential oil with gelatin and sodium alginate by complex coacervation. *Food Hydrocolloids*, v. 102, p. 105605, 2020.

BEIRÃO-DA-COSTA, S.; DUARTE, C.; BOURBON, A. I.; PINHEIRO, A. C.; JANUÁRIO, M. I. N.; VICENTE, A. A.; BEIRÃO-DA-COSTA, M. L.; DELGADILLO, I. Inulin potential for encapsulation and controlled delivery of Oregano essential oil. *Food Hydrocolloids*, v. 33, p. 199–206, 2013.

COMUNIAN, T. A. et al. Microencapsulation of ascorbic acid by complex coacervation: protection and controlled release. *Food Research International*, v. 52, p. 373-379, 2013.

DIMA, C., et al. The kinetics of the swelling process and the release mechanisms of *Coriandrum sativum* L. essential oil from chitosan/ alginate/ inulin microcapsules. *Food Chemistry*, v. 195, p. 29-48, 2016.

GOMEZ-ESTACA, J. Encapsulation of an astacanthin-containing lipid extract from shrimp waste by complex coacervation using a novel gelatincashew gim complex. *Food Hydrocolloids*, v. 61, p. 155-162, 2016.

MARFIL, P. H. M., VASCONCELOS, F. H. T., PONTIERI, M. H., TELIS, V. R. N. Development and validation of analytical method for palm oil determination in microcapsules produced by complex coacervation. *Química Nova*. v. 39, p. 94-99, 2016.

PENIDO, C., CONTE, F. P., CHAGAS, M. S. S., RODRIGUES, C. A. B., PEREIRA, J. F. G., & HENRIQUES, M. G. M. O. Antiinflammatory effects of natural tetranortriterpenoids isolated from *Carapa guianensis* Aublet on zymosan-induced arthritis in mice. *Inflammation Research*, v. 55, p. 457-464, 2006.

PENIDO, C., COSTA, K. A., PENNAFORTE, R. J., COSTA, M. F. S., PEREIRA, J. F. G., SIANI, A. C., & HENRIQUES, M. G. M. O. Anti-allergic effects of natural tetranortriterpenoids isolated from *Carapa guianensis* Aublet on allergen-induced vascular permeability and hyperalgesia. *Inflammation Research*, v. 54, p. 295-303. 2005.

QI, S.H., WU, D.G., ZHANG, S., LUO, X.D. Constituents of *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae). *Pharmazie* 59, 2004.

ROCHA-SELMÍ, G. A. et al. Microencapsulation of aspartame by double emulsion followed by complex coacervation to provide protection and prolong sweetness. *Food Chemistry*, v. 139, p. 72-7, 2013.

TEIXEIRA-COSTA, B.E., PEREIRA, B.C.S, LOPES, G.K. & ANDRADE, C.T. Encapsulation and antioxidant activity of assai pulp oil (*Euterpe oleracea*) in chitosan/alginate polyelectrolyte complexes. *Food Hydrocolloids*, v. 109, p. 1-9, 2020.

SANTOS, M. G. et al. Microencapsulation of xylitol/l by double emulsion followed by complex coacervation. *Food Chemistry*, v. 17, p. 32-39, 2015.

WANG, B., ADHIKARI, B., & BARROW, C. J. Optimization of the microencapsulation of tuna oil in gelatin-sodium hexametaphosphate using complex coacervation. *Food Chemistry*, n. 158, p. 358–365, 2014.

