

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

ARALÍ DA COSTA GOMES

**ENCAPSULAMENTO DE BIXINA POR SPRAY-DRYING: uma Aplicação para a
Indústria de Alimentos.**

Vitória de Santo Antão
2016

ARALÍ DA COSTA GOMES

**ENCAPSULAMENTO DE BIXINA POR SPRAY-DRYING: uma Aplicação para a
Indústria de Alimentos.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Colegiado do Curso de Graduação em
Nutrição do Centro Acadêmico de Vitória da
Universidade Federal de Pernambuco em
cumprimento a requisito parcial para
obtenção do grau de Bacharel em Nutrição,
sob orientação da Professora Dra. Christine
Lamenha Luna Finkler.

Vitória de Santo Antão
2016

Catálogo na fonte
Sistema de Bibliotecas da UFPE - Biblioteca Setorial do CAV
Bibliotecária Jaciane Freire Santana - CRB-4/2018

- G633e Gomes, Arali da Costa.
Encapsulamento de bixina por spray-drying: uma Aplicação para a Indústria de Alimentos / Arali da Costa Gomes.- Vitória de Santo Antão, 2016.
61 folhas: il.: color.; tab.
- Orientadora: Christine Lamenha Luna Finkler.
TCC (Graduação)- Universidade Federal de Pernambuco. CAV, Bacharelado em Nutrição, 2016.
Inclui bibliografia.
1. Tecnologia de alimentos. 2. Corante natural - alimento. I. Finkler, Christine Lamenha Luna (Orientadora). II. Título.

664.5 CDD (23.ed.)

BIBCAV/UFPE-101/2016

Folha de Aprovação

Aralí da Costa Gomes

**ENCAPSULAMENTO DE BIXINA POR SPRAY-DRYING: uma Aplicação para a
Indústria de Alimentos.**

Data: 18/07/2016

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Christine Lamenha Luna Finkler (Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dra. Zelyta Pinheiro de Faro

Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dra. Carmem Lygia Burgos Ambrósio

Universidade Federal de Pernambuco

Dedicado a Deus, minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, senhor e dono de tudo por me permitir chegar até aqui.

Aos meus pais e familiares que me apoiaram por todo amor, carinho e atenção. Sem vocês essa caminhada teria sido mais longa e árdua.

As pessoas com as quais convivi esses quatro anos, vocês tem papel essencial, pois quando pensei em desistir vocês estavam sempre ao meu lado.

A orientadora Prof. Dra. Christine Lamenha Luna Finkler, pela oportunidade e confiança, constante incentivo, dedicação e auxílio na realização deste trabalho.

Aos colegas do laboratório de Bioprocessos do CAV pela ajuda e paciência durante a realização dos experimentos.

A Universidade Federal de Pernambuco pela oportunidade de realização da graduação e por tudo que me proporcionou e aos professores pelos ensinamentos valiosos.

A todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou
sobre aquilo que todo mundo vê.” (Arthur Schopenhauer)

RESUMO

A bixina é o principal carotenoide encontrado na porção externa das sementes de *Bixa orellana* L., popularmente conhecida como urucum. Os extratos das sementes são amplamente utilizados como condimentos e no preparo de “medicamentos” caseiros. Industrialmente são empregados em formulações farmacêuticas, cosméticas e em alimentos como corante natural em substituição aos aditivos químicos. Os carotenoides são uma extensa classe de compostos que apresentam baixa estabilidade molecular devido a sua estrutura química com duplas ligações conjugadas, deixando-a instável a diversas condições ambientais como: temperatura e presença ou ausência de luz e oxigênio, limitando assim o seu uso em potencial. A microencapsulação é uma técnica utilizada para estabilização de corantes naturais e permite uma melhor incorporação desses produtos nos alimentos, pois além de proteger o núcleo encobrindo-o com um agente encapsulante ou parede, converte materiais líquidos para forma sólida ou em pó facilitando o seu manuseio e resolvendo problemas de solubilidade e instabilidade desses compostos. Uma das técnicas mais empregadas para a encapsulação de corantes é a de *spray drying*. O objetivo deste trabalho foi encapsular a bixina pela técnica de *spray drying* utilizando-se goma arábica como agente encapsulante. Inicialmente, as sementes de urucum foram caracterizadas em termos de sua composição físico-química. Posteriormente, a bixina foi extraída das sementes empregando-se um método de lavagens sucessivas com solventes orgânicos e depois purificada por cristalização. O composto foi então microencapsulado por *spray drying* empregando-se goma arábica como polímero encapsulante. Depois de formadas, as microesferas de bixina foram submetidas a análises espectrofotométricas para a quantificação da bixina total (BT) e de superfície (BS), sendo avaliada a solubilidade em comparação aos cristais puros e o aspecto microestrutural das microcápsulas. As sementes de urucum apresentaram teores de cinzas, proteínas, lipídeos e umidade de 4,29; 8,98; 1,69 e 11,67 %, respectivamente, sendo obtido um rendimento da extração de bixina de 2,17 %. O processo de encapsulação mostrou-se viável, apresentando uma eficiência média de 94,79 %. A análise microscópica do pó microencapsulado permitiu constatar um formato e tamanho irregular das microesferas formadas. O teste de solubilidade demonstrou que a bixina encapsulada é solúvel em água, ao contrário do que foi observado com os cristais de bixina, que foram considerados insolúveis em água.

Palavras-chave: Bixina. Urucum. Microencapsulação. *Spray drying*.

Abstract

Bixin is the main carotenoid found in *Bixa orellana* L. seeds, popularly known as “urucum”. Seed extracts are widely used as condiments and preparing homemade drugs. Bixin is applied industrially in pharmaceutical formulations, cosmetic and food as a natural dye to replace the chemical additives. Carotenoids are compounds which have low molecular stability due to their chemical structure with conjugated double bonds making them unstable to various environmental conditions such as humidity, temperature and presence or absence of light or oxygen, thereby limiting its potential use. Microencapsulation is used to stabilize natural dyes and allowing their better incorporation in food. This technique protects the core material by using an encapsulating agent and converts liquid materials for solid or powder forms, making materials handling easier and solving problems of solubility and instability of these compounds. One of the most used techniques for dye encapsulating is spray drying. The aim of this study was to encapsulate bixin by spray drying technique using gum Arabic as encapsulating agent. Initially, urucum seeds were characterized in terms of their physical and chemical composition. Subsequently, bixin was extracted using a method of successive washings with organic solvents and then purified by crystallization. The compound was then microencapsulated by spray drying employing gum arabic as the encapsulating polymer. Once formed, microspheres of bixin were analyzed by spectrophotometry to quantify the total bixin (TB) and surface bixin (SB), being evaluated the solubility as compared to pure crystals and microstructural appearance of the microcapsules. Urucum seeds showed ash, proteins, lipids and moisture content of 4.3, 8.9, 1.7 and 11.6 %, respectively, with a bixin extraction yield of 2.17 %. The encapsulation process was feasible, with an average efficiency of 94.79 %. Microscopic analysis of microencapsulated powder revealed a format and irregular size of the microspheres formed. Solubility test showed that the encapsulated bixin is soluble in water, while bixin crystals were considered water insoluble.

Key Words: Bixin. Urucum. Microencapsulation. *Spray drying*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ilustrações do urucum	18
Figura 2 – Estrutura molecular dos carotenoides bixina e norbixina	18
Figura 3 – Modelos de microcápsulas	20
Figura 4 – Diagrama esquemático do funcionamento de um <i>spray drye</i>	23
Figura 5 – Fluxograma do processo de retirada de impurezas das sementes	26
Figura 6 – Fluxograma do processo de cristalização da bixina	27
Figura 7 – Secador Mini spray dryer (SD-Basic).....	29
Figura 8 – Curva padrão (concentração x absorbância) de bixina	31
Figura 9 – Fotomicrografia da bixina encapsulada em goma arábica (A) e não microencapsulada (B) em aumento de 400x	32
Figura 10 – Imagem do teste de solubilidade em água dos cristais de bixina encapsulados em goma arábica (A) e não encapsulados (B).....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização físico-química das sementes de urucum	32
Tabela 2 – Análises espectrofotométricas da bixina total (BT), bixina não microencapsulada ou de superfície (BS), sólidos solúveis totais (STT) e turbidez (TB).....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Absorbância
A1	Amostra 1
BT	Bixina total
BS	Bixina de superfície
BX	Bixina
CV	Coefficiente de variação
DB	Determinação de bixina
DP	Desvio padrão
EM	Eficiência de microencapsulação
GA	Goma arábica
MB	Bixina microencapsulada
NE	Bixina não microencapsulada
PF	Peso final
PI	Peso inicial
R	Rendimento
SST	Sólidos solúveis totais
T	Temperatura
TE	Temperatura de entrada
TS	Temperatura de saída
UV-VIS	Ultravioleta visível

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
$\text{C}_6\text{H}_7\text{KO}_2$	Fórmula molecular do sorbato de potássio
°Brix	Grau Brix
ϵ	Constante de absorvidade molar
g	Gramas
h	Hora
min	Minutos
mL	Mililitros
nm	Nanômetro
μm	Micrômetro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
3. JUSTIFICATIVA	16
4. REVISÃO DA LITERATURA	17
4.1 Urucum (<i>Bixa orellana</i> L.)	17
4.2 Carotenoides	19
4.3 Microencapsulação dos Carotenoides	20
4.4 Técnica de Microencapsulação por Spray-Drying	21
4.5 Estabilidade para Incorporar em Alimentos	24
5. MATERIAL E MÉTODOS	25
5.1 Caracterização das Sementes	25
5.2 Extração da Bixina	25
5.2.1 Retirada das Impurezas	25
5.2.2 Obtenção dos Cristais de Bixina	26
5.3 Encapsulação por Spray Drying	28
5.3.1 Preparação da Suspensão	28
5.3.2 Microencapsulação por <i>Spray Dryer</i>	28
5.4 Métodos analíticos	29
5.4.1 Análises Espectrofotométricas	29
5.4.2 Análise Microscópica	31
6. RESULTADOS	32
7. DISCUSSÃO	35
7.1 Caracterização Físico-química das Sementes de Urucum	35
7.2 Rendimento do Processo de Extração da Bixina	36
7.3 Análises Espectrofotométricas	37
7.4 Análise Microscópica	38
7.5 Teste de Solubilidade em Água	39
8. CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

A bixina é um composto bioativo com função de pigmento e que é sintetizado por uma planta terrestre, comumente chamada de urucum, que possui nome científico de *Bixa orellana* L., nativa da América tropical (OLIVEIRA, 2005; AZZA *et al.*, 2015). A semente dessa planta apresenta um pericarpo rico em bixina, que é um diapocarotenóide de éster dicarboxílico monometil com configuração *cis*,1,8 e solúvel em solventes orgânicos. Este pigmento é predominante nas sementes, conferindo-as a cor vermelha, e pode ser extraído e utilizado em alimentos (AZZA *et al.*, 2015; BOUVIER, DOGBO, CAMARA, 2003).

Os carotenoides são metabólitos secundários do metabolismo dos lipídeos, sendo a bixina um deles, que desempenham papéis essenciais em plantas e são também elementos relevantes do ponto de vista nutricional (SILVA *et al.*, 2010; KOKIAS, GORDON, 2003 523-529 p.). Esses compostos também apresentam considerável importância na saúde humana, sendo essenciais para a visão (TAO *et al.*, 2015; TAO *et al.*, 2016; OLIVEIRA, 2005). Sob o aspecto medicinal as sementes de urucum apresentam as seguintes características: expectorante; ação estomacal; laxativo; cardiotônico; hipotensor e antibiótico; agindo como anti-inflamatório para as contusões e cicatrizante para feridas, apresentando, ainda, emprego interno nas bronquites e externo nas queimaduras (ANSELMO, 2008; SOUZA, 2001; SANTOS *et al.*, 2014; CAPELLA, 2016).

Além disso, são largamente utilizadas como ingredientes alimentares devido ao seu potencial antioxidante (UEMOJO, JURO, PASTORE, 2007; SOUZA *et al.*, 2016 p.1). Do ponto de vista industrial, as sementes são utilizadas para a extração da bixina, a qual é muito utilizada pelas indústrias de alimentos como foto protetor, e em cosméticos como um aditivo natural na forma de corante (ROJAS, CALLACNA, ARNARIZ, 2015).

Devido a essas propriedades, é crescente o interesse das indústrias em isolar a bixina a partir de substratos biológicos para o uso como produtos nutracêuticos e aplicações relacionadas, principalmente em produtos alimentares.

A grande quantidade de insaturações presentes na estrutura molecular da bixina não apenas contribui para a sua característica colorida (absorve radiação na região do visível), mas também para a instabilidade desse composto diante da degradação pela luz e pelo calor (JOHNSON, 1995 *apud*. SUBAGAIO, MORITA, 2001 p. 183).

Uma das alternativas usadas para melhorar a estabilidade dos carotenoides é a técnica de microencapsulação, que aprisiona um ingrediente sensível dentro de um material de revestimento mais resistente (BARBOSA, BORSARELLI e MERCADANTE, 2005 p. 989). A indústria de alimentos aplica a microencapsulação por um grande número de razões, tais como a estabilização das substâncias ativas, para promover a liberação controlada dessas substâncias e para mascarar gosto e cheiro desagradáveis de alguns alimentos. Hoje diferentes técnicas são empregadas para a microencapsulação de aditivos alimentares, incluindo aromatizantes, conservantes, agentes de fermentação, vitaminas e minerais (ASHADY, 1993 *apud*. KOLANOWSKI *et al.*, 2006 p.335).

O aprisionamento, ou mais especificamente, o encapsulamento de ingredientes sensíveis dentro de uma película contínua ou revestimento podem protegê-los de fatores ambientais, tais como umidade, ar ou luz (ONWULATA, KONSTANCE, HOLSINGER, 1998 *apud* KRITHIKA *et al.*, 2014). A liberação controlada de ingredientes alimentares no lugar certo e no momento certo é uma funcionalidade chave e altamente necessária do ponto de vista econômico para as indústrias (VENKATESAN, MANAVALAN e VALLIAPPAN, 2009 p. 26).

A crescente demanda pela procura de produtos com menos ingredientes sintéticos têm estimulado a produção e utilização de corantes naturais pelas indústrias de alimentos como substitutos de corantes artificiais. Isto tem incentivado o desenvolvimento de novas pesquisas que investiguem formas de conservação desses pigmentos, dada a sua alta instabilidade química (AZEREDO, 2005; AZZA *et al.*, 2015). Uma das alternativas é o emprego da microencapsulação pela técnica de *spray drying*.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Realizar a encapsulação de bixina extraídas das sementes de urucum pela técnica de *spray drying* utilizando goma arábica como agente encapsulante.

2.2 Específicos

- Determinar a composição centesimal das sementes de urucum (lipídeos; proteínas; umidade e cinzas);
- Extrair a bixina a partir da semente de urucum;
- Microencapsular a bixina em goma arábica;
- Avaliar parâmetros espectrofotométricos do microencapsulado: concentração de bixina total, concentração de bixina não microencapsulada, sólidos solúveis totais e turbidez;
- Avaliar a solubilidade da bixina encapsulada e de cristais de bixina em água;
- Avaliar o aspecto microestrutural das microcápsulas.

3. JUSTIFICATIVA

A adição de substâncias químicas como aromatizantes, antiespumantes, antioxidantes, flavorizantes e outros aditivos na composição de formulações industriais ocorre com frequência nos processos produtivos. A busca por uma alimentação cada vez mais saudável faz com que as indústrias produtoras de alimentos optem por alternativas mais benéficas à saúde nos métodos de conservação dos seus produtos.

Devido a isso, existe atualmente nessas indústrias uma forte tendência pela substituição de corantes e complementos sintéticos por produtos naturais, por serem estes considerados seguros e menos susceptíveis a efeitos adversos e ocorrência de danos à saúde. Os corantes obtidos do urucum destacam-se neste cenário por apresentarem uma ampla aplicação. Ademais, em comparação com outros corantes naturais, seus extratos são relativamente baratos, aumentando assim a sua relevância comercial.

Fatores como temperatura, luz, atividade de água, presença de metais, fotossensibilizantes, pró-oxidantes e antioxidantes podem afetar significativamente a qualidade dos alimentos durante o processamento e armazenamento, levando a uma série de mudanças indesejáveis, como a diminuição da qualidade nutricional, riscos à saúde e perdas econômicas. Além disso, a oxidação dos carotenoides pode ser reforçada por fotodegradação, degradação térmica, e auto-oxidação, podendo causar perda da qualidade (alterações na cor e formação de ranço). Estas alterações podem ser minimizadas em alimentos enriquecidos com antioxidantes naturais microencapsulados.

A inclusão de antioxidantes na alimentação é de grande importância e o consumo está relacionado com a diminuição do risco do desenvolvimento de doenças associadas ao acúmulo de radicais livres. Contribuem com a redução da auto-oxidação celular, já que atuam como antioxidantes também no organismo humano; agem como protetores prevenindo o desenvolvimento de cânceres e de doenças crônicas não transmissíveis além da redução da degeneração celular relacionada ao envelhecimento.

Portanto, é crucial o estudo e o desenvolvimento de um microencapsulado de bixina, tanto do ponto de vista industrial quanto nutricional, de forma a ser obtido um produto com boa estabilidade e que mantenha suas características ao ser incorporado em alimentos.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Urucum (*Bixa orellana* L.)

O urucum (*Bixa orellana* L.) é uma planta que possui ciclo de vida perene, pertencente à família das *Bixaceae* e que é comumente encontrada na região Norte do Brasil (TAYLOR, 2002 *apud* OLIVEIRA, 2005, p.19). É uma planta nativa da Floresta Tropical da América Central e do Sul (FELICISSIMO *et al*, 2004, p.1810-1814, *apud* SILVA, 2013, p. 22). Essa planta vem sendo amplamente utilizada para fins desde comerciais, devido à sua capacidade de colorir, quanto medicinais (VALÉRIO, 2012; OLEGÁRIO, SANTOS; 2014). Dentre as propriedades farmacológicas existentes, pode-se citar: antibacteriana e fúngica, antioxidante, diurética, anti-inflamatória, hipoglicêmica, hepatoprotetora e anti-hipertensiva (MORAIS *et al*, 2012; GARCIA *et al*, 2012; WALESKA *et al*, 2009; SANTOS *et al*, 2014).

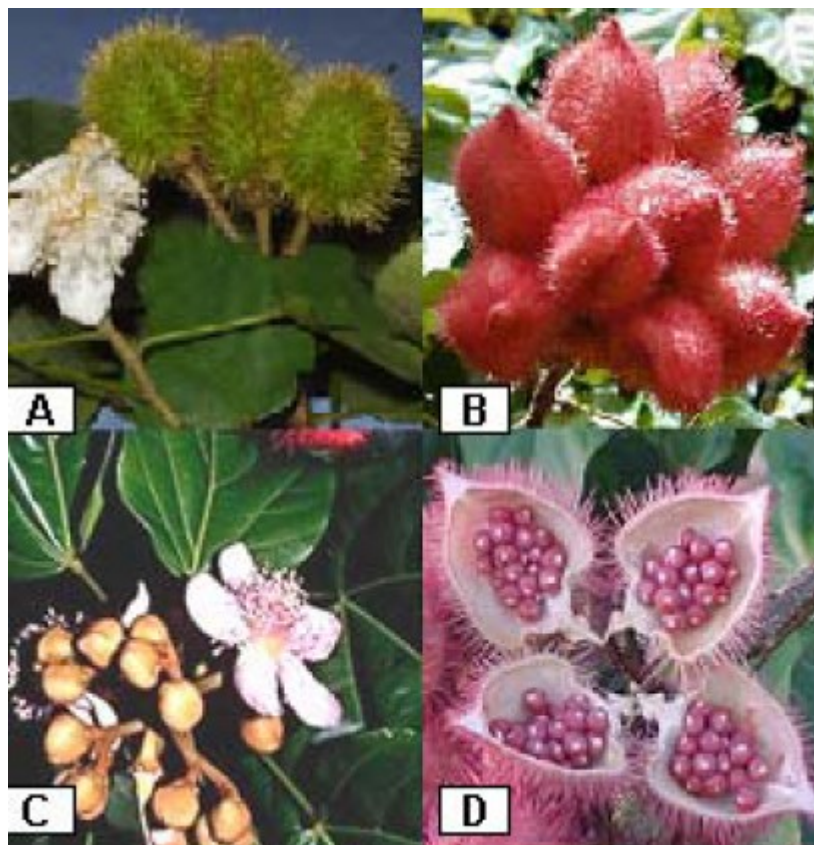
Bixa orellana L. (Figura 1) é considerada uma fonte importante de corantes naturais para as indústrias alimentícia, farmacêutica e têxtil, sendo o Brasil um dos maiores produtores e exportadores; esse corante é extraído do pericarpo (tegumento que envolve a semente do urucum) (MANTOVANI *et al*, 2013, p.355; VALÉRIO, 2012). No ano de 2012 a produção foi de 12.043 toneladas, tendo como principais regiões produtoras as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (IBGE, 2012). Na culinária regional, é comum o uso do urucum, que tem a denominação popular de “colorau”; o seu consumo é estimado em 20 a 25 mil toneladas/ano em todo o país (ANSELMO, MATA e RODRIGUES, 2008, p.1889).

A bixina é o pigmento natural do urucum e está contida no revestimento externo da própria semente (LIMA *et al*, 2001, p.196-200, *apud* TAHAM, CABRAL, BARROZO, 2014 p.1). Segundo LIMA *et al* (2010, p.70), a partir da bixina são obtidos os demais pigmentos, como a norbixina (lipossolúvel) e o sal da norbixina (hidrossolúvel). A Figura 2 mostra a estrutura molecular dos carotenoides bixina e norbixina.

A bixina é o carotenoide responsável pela coloração “vermelho intenso” presente nos grãos, além de ser o pigmento presente em maior concentração nas sementes do urucum, sendo a principal substância responsável pelas características destas (PACHECO, 2014; MANTOVANI *et al*, 2013, FONTANA *et al*, 2000). Na semente bruta, a concentração desse carotenoide pode chegar a até 5,0 %, porém como existem as diferentes variedades de grãos,

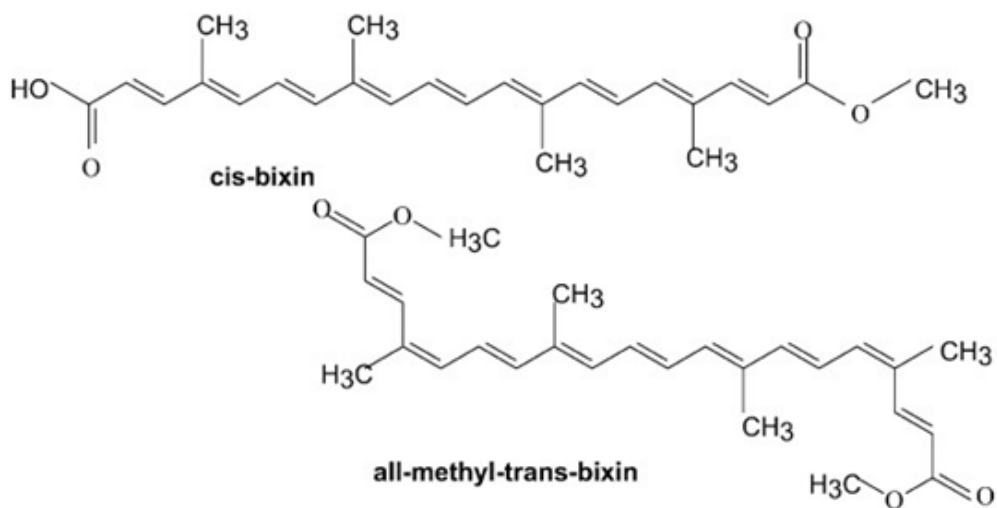
estes podem apresentar teores às vezes inferiores a 2,0 %; o valor comercial da semente é baseado no percentual de bixina (OLIVEIRA, 2005; CARVALHO *et al*, 2010).

Figura 1 – Ilustrações do urucum



A: fruto verde; B: cachopa com frutos maduros; C: em floração; D: fruto aberto com sementes expostas. Fonte: Oliveira, 2005 p. 24.

Figura 2 - Estrutura molecular dos carotenoides bixina e norbixina



Fonte: Lyng, Passos, Fontana, 2005.

4.2 Carotenoides

Os carotenoides são um grande grupo de pigmentos presentes na natureza (presentes nas frutas e hortaliças e responsáveis pela coloração do amarelo ao vermelho), com mais de 700 estruturas caracterizadas, sendo identificados em organismos fotossintetizantes e não fotossintetizantes, plantas superiores, algas, fungos, bactérias e em alguns animais. Suas moléculas podem ser compostas apenas por carbono e hidrogênio ou ainda podem conter átomos de oxigênio (FRASER e BRAMLEY, 2004 *apud* UENOJO, JUNIOR, PASTORE, 2007; CHAUDHRY, *et al.* 2003).

De acordo com SCHWARTZ, 2003 *apud* OLIVEIRA (2005, p.15) o urucum possui muitos compostos bioativos que são provenientes do metabolismo secundário das plantas, entre eles destacam-se os compostos fenólicos e os carotenoides. No organismo humano, os carotenoides atuam na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, redução da degeneração celular relacionada ao envelhecimento e na redução do desenvolvimento de cânceres (MORAIS, 2006; MATIOLI, RODRIGUEZ-AMAYA, 2003; SOUZA, 2001). Estes compostos estão relacionados com as propriedades funcionais das sementes, entre elas a atividade antioxidante, responsável pela proteção à oxidação celular (LIMA *et al*, 2003, p.21-26, *apud* MOREIRA, 2013, p. 32).

Os carotenoides são uma extensa classe estrutural de compostos caracterizados pela presença de uma cadeia poliênica conjugada. As variações estruturais encontram-se na extremidade da cadeia, podendo apresentar anéis ou terminação poliênica, sendo a bixina o principal deles (cerca de 80 % dos carotenoides totais presentes nas sementes de urucum). A grande estrutura de duplas ligações conjugadas presentes nos grupamentos cromóforos da cadeia de hidrocarboneto é a responsável pela baixa estabilidade dessa molécula, sendo esta influenciada por fatores como: presença/ausência de oxigênio, altas temperaturas e luz (PRESTON e RICKARD, 1980 *apud* MERCADANTE e PFRANDER, 2001; MONTENEGRO, *et al.* 2004 p. 62 e OLIVEIRA, 2005).

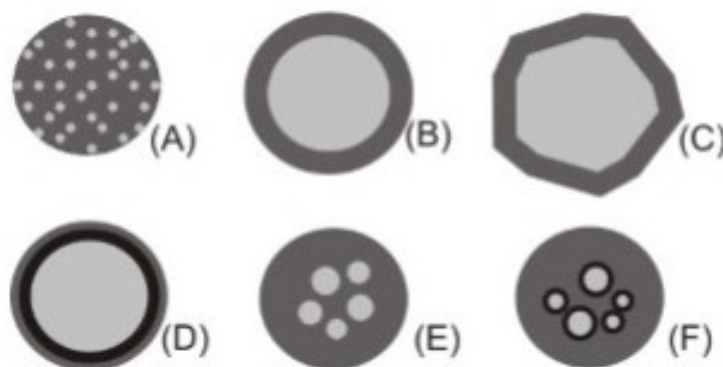
Além dos carotenoides, os flavonoides de alguns corantes naturais têm apresentado propriedades farmacológicas que são benéficas na prevenção dos processos de aterosclerose e das doenças cardiovasculares, como também outras desordens do metabolismo lipídico e nos processos de cicatrização (POMPELLA, 1997, p. 289-297, *apud* MOREIRA, 2013, p.18).

4.3 Microencapsulação dos Carotenoides

Uma das alternativas usadas para melhorar a estabilidade dos carotenoides é a técnica de microencapsulação (RUNTZ, 2013). Esta técnica, segundo SIMATOS e MULTON, 1985, p.661–679, consiste em um processo de empacotamento de partículas, como por exemplo: compostos de sabor, pigmentos, acidulantes, nutrientes, enzimas e conservantes em cápsulas comestíveis. Ainda pode-se definir como o aprisionamento de um ingrediente sensível dentro de um material de revestimento (mais resistente). A estrutura formada em torno do microencapsulado é chamada de parede, o material exterior, que dá a sua forma de microcápsula, é chamado agente de encapsulação, enquanto o ingrediente interno constitui o material ativo (RUTZ, 2013 p. 24-25; AZEREDO, 2005).

A tecnologia de microencapsulação tem sido utilizada na indústria de alimentos há mais de 60 anos para o revestimento de partículas sólidas, gotículas de líquido ou de materiais gasosos, formando microcápsulas, que liberam seus conteúdos a taxas controladas no âmbito de condições específicas. As microcápsulas (Figura 3) podem ter o tamanho variando entre frações de um micron até vários milímetros e apresentando-se em diferentes formas, dependendo dos materiais e métodos utilizados na sua preparação. A microencapsulação de corantes se destina a protegê-los contra a oxidação, fornecendo um aumento vida de prateleira, que permite uma solubilização mais eficiente e incorporação em alimentos (BARBOSA, 2005; AZEREDO, 2005; FAVARO-TRINDADE, PINHO e ROCHA, 2008).

Figura 3 – Modelos de microcápsulas



Modelos: (A): matriz (microesfera); (B): microcápsula simples; (C): simples, irregular; (D): duas paredes; (E): vários núcleos; (F): agrupamento de microcápsulas. Fonte: Azeredo, 2005 p.89

O objetivo principal desse processo é proteger o material contido na cápsula de condições adversas, contribuindo assim para a redução de sua instabilidade. Isto ocorre devido à capacidade que as microcápsulas ou microesferas possuem de reduzir a taxa de evaporação e de transferência de material do núcleo para o ambiente. Além disso, modificam as características físicas do material, facilitando seu manuseio e propiciando a liberação do material encapsulado de maneira controlada (SCHROOYEN, VAN DER MEER e DE KRUIJF, 2001; FANGA e BHANDARIA, 2010).

A principal diferença entre as microcápsulas e as microesferas está no fato de que nas microesferas uma pequena fração do material encapsulado permanece exposta na superfície, o que não ocorre nas microcápsulas. As microcápsulas podem ter ainda mais de um núcleo, ou várias paredes para um mesmo núcleo (AZEREDO, 2005; KRITHIKA, 2014).

As várias propriedades das microcápsulas podem ser alteradas para se adequar a aplicações específicas que incluem composição, mecanismo de liberação, tamanho das partículas e a forma física final. A arquitetura de microcápsulas é geralmente dividida em várias classificações. A classificação de encapsulamento mais simples consiste numa estrutura de partícula única, em que uma esfera está rodeada por uma parede ou membrana de espessura uniforme. É também possível conceber microcápsulas que têm vários núcleos distintos dentro da mesma ou, mais comumente, um grande número de partículas de núcleo embebidas numa matriz contínua do material da parede. Este tipo de concepção é chamado de estrutura agregada (DESAI e PARK, 2012; GIRO-PALOMA *et al.*, 2016; AZAGHESWARI; PADMA e PRIYA, 2015).

Diversas técnicas têm sido empregadas na elaboração de microcápsulas, tais como: coacervação, extrusão, extrusão centrífuga, recobrimento em leito fluidizado, lipossomas, *spray drying*, *spray cooling*, e complexação por inclusão (AZEREDO, 2005; FAVARO-TRINDADE, PINHO e ROCHA, 2008; MENDES, 2012; SOUZA, 2012; ALVES, 2014).

4.4 Técnica de Microencapsulação por Spray-Drying

O *spray drying* é uma tecnologia bem conhecida na indústria alimentar. A sua utilização em escala industrial data de 1920, e os primeiros itens produzidos através deste processo foram leite e sabão em pó. Depois disso, seu uso foi disseminado em todo o meio industrial, com uma ampla aplicação nas indústrias de alimentos, farmacêutica e química. Essa técnica de secagem é a mais habitualmente utilizada na indústria de alimentos devido à

sua relação custo-eficácia, fácil disponibilidade de equipamentos e por ser uma técnica de baixo custo (BARROS e STRINGHETA, 2006; MARCO *et al.*, 2013; SILVEIRA *et al.*, 2013; COSTA *et al.*, 2015).

Nos últimos anos, o emprego desta técnica, tem sido ampliada devido ao aumento da demanda da indústria de alimentos por propriedades cada vez mais complexas nas formulações dos seus produtos, que muitas vezes, só podem ser conferidas através da microencapsulação. Este processo é rentável, flexível e produz partículas de boa qualidade. Desse modo, o conceito de liberação controlada tem sido cada vez mais solicitado (SANGUANSRI e AUGUSTIN, 2006; UBBINK e KRÜGER, 2006; GOUIN, 2004; AHN *et al.*, 2008).

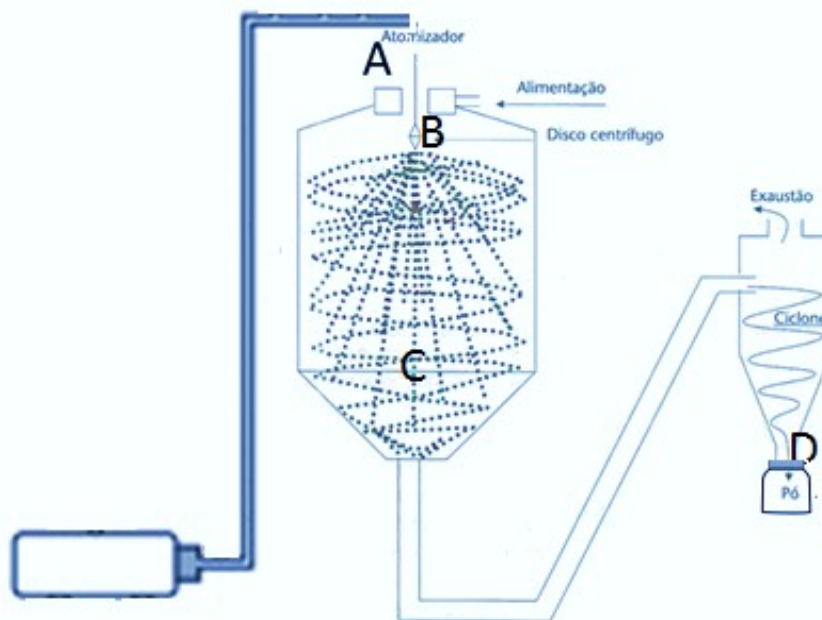
O encapsulamento por *spray drying* envolve a dispersão do material de interesse num revestimento de substância liquefeita para a pulverização ou introdução da mistura numa câmara de secagem, ocorrendo a rápida solidificação do revestimento e a microencapsulação do material. Sendo assim, a solidificação do revestimento é efetuada por rápida evaporação (a uma temperatura entre 180° - 230°) de um solvente no qual o material de revestimento é dissolvido a fim de aumentar a estabilidade do produto encapsulado (VENKATESAN, MANAVALAN e K.VALLIAPPAN, 2009; COSTA, 2013, p. 21; NUNES, 2015; GAVA, 2002, p.183 – 194).

A Figura 4 mostra, de forma esquemática, o processo de secagem por *spray drying*. O método consiste basicamente na atomização de uma mistura sólido-fluido que é submetida a um fluxo de ar quente (co-corrente, contracorrente ou misto) na câmara de secagem, promovendo assim a evaporação do solvente e levando a formação de um produto seco (SOUZA, 2003). As partículas sólidas secas são então separadas por um ciclone e recolhidas na forma de um pó.

O equipamento possui um sistema de bombeamento, por onde a suspensão é aspirada até a região A, onde há um sistema de aquecimento do ar de entrada. Localizado na região B existe um bocal (bico atomizador), que possui saída para a suspensão e o ar. A atomização é iniciada quando a suspensão, sob efeito da compressão do gás, entra pelo pequeno orifício do bico atomizador, formando pequenas gotículas. Este representa um dos pontos críticos do processo, já que o tamanho da gota formada determina o tamanho da partícula. A atomização é realizada usando-se um sistema centrífugo ou de alta pressão, e as gotículas atomizadas imediatamente entram em contato com um fluxo de ar quente na câmara de secagem (C), transformando-se em partículas sólidas. Pela formação de um sistema de sucção o gás

movimenta-se de forma circular, formando um movimento de ciclone que encaminha as partículas secas para o recipiente coletor (D).

Figura 4 – Diagrama esquemático do funcionamento de um *spray dryer*.



A: sistema de aquecimento do ar de entrada; B: bico atomizador; C: câmara de secagem; D: ciclone e recipiente coletor. Fonte: Adaptado de Pessoa, Júnior e Kilikian (2005).

A produção de partículas por *spray drying* envolve a formação de uma emulsão que contém como materiais as estruturas que formarão a parede e o núcleo, seguido pela atomização da emulsão numa câmara de secagem com circulação de ar quente. Um dos passos fundamentais na encapsulação de óleos e sabores por secagem por pulverização é a preparação da emulsão, que desempenha um papel importante no teor de óleo de superfície presente no pó final encapsulado (DESAI; PARK, 2012; JAFARI *et al.*, 2008; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007).

Os parâmetros importantes a serem considerados na formação da emulsão são: concentração de sólidos totais, viscosidade, estabilidade, tamanho das gotas e o método de emulsificação que será utilizado. Se a emulsão é suficientemente estável e apresenta condições ótimas de viscosidade e de tamanho das gotas, o processo de encapsulação pode ter a sua eficiência aumentada desde que seja feita a escolha certa da secagem pelos parâmetros de atomização, incluindo as temperaturas de entrada e de saída do ar, condições de atomização, vazão de entrada da suspensão, qualidade do ar de secagem e a sua umidade (JAFARI *et al.*, 2008; FRASCARELI, *et al.* 2012; HIGUITA, 2013).

4.5 Estabilidade para Incorporar em Alimentos

As razões para a microencapsulação são incontáveis. Na indústria de alimentos esse procedimento é utilizado com o objetivo de revestir um ou mais ingredientes ou aditivos por um agente encapsulante de natureza comestível, modificando e melhorando as propriedades e a aparência de algumas substâncias. Outras finalidades são: aumentar o tempo de armazenamento das substâncias a encapsular; melhorar a solubilidade da substância encapsulada e a sua incorporação em sistemas secos; diminuir as interações da substância encapsulada em relação aos fatores ambientais, impedindo perdas sensoriais e nutricionais; mascarar substâncias com sabores indesejáveis; permitir que a liberação da substância encapsulada seja modificada, ocorrendo de forma lenta ou a partir de determinado estímulo; reduzir a velocidade de evaporação de substâncias voláteis além de aumentar o tempo de armazenamento das substâncias a encapsular (AZEREDO, 2005; ANAL; SHAH, 2007; KUANG, OLIVEIRA e CREAN, 2010; BURGAIN *et al.*, 2011).

A eficiência da microencapsulação foi testada por diferentes técnicas e pode-se observar: quantificação do encapsulado antioxidante relativamente ao material de revestimento; proteção do antioxidante ao meio ambiente; estabilidade do encapsulado antioxidante por um longo período de tempo; liberação do antioxidante sob condições específicas. Este processo é particularmente adequado para a encapsulação de antioxidantes naturais que serão utilizados em alimentos, produtos farmacêuticos, cosméticos e indústrias (KANDASWAMI e MIDDLETON, 1994; DURANTE, *et al.*, 2012).

Em suma, esses aditivos são encapsulados para que a sua vida útil seja aumentada, reduzindo a volatilidade e a degradação oxidativa. Vantagens adicionais incluem a facilidade de incorporação em misturas em pó e consistência melhorada (SOUZA, 2000).

5. MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de urucum (*Bixa orellana* L.) utilizadas para a elaboração deste trabalho foram obtidas na zona rural da cidade de Glória de Goitá (PE-Brasil) e foram estocadas no Laboratório de Bioprocessos da Universidade Federal de Pernambuco (Centro Acadêmico de Vitória). O presente trabalho será estruturado com base na metodologia (adaptada) segundo estudo feito por VENKADESWARAN *et al*, 2014 e BARBOSA, BORSARELLI, MERCADANTE, 2005.

5.1 Caracterização das Sementes

Antes do processo as sementes para o processo de encapsulação, estas foram submetidas a uma etapa “pré-analítica”, que consistiu na realização de testes bromatológicos visando à obtenção da composição centesimal das sementes. A caracterização físico-química foi feita de acordo com ZENEBON; PASCUET e TIGLEA, 2008 dentro dos aspectos da análise de alimentos nos seguintes parâmetros: cinzas; proteínas; lipídeos e umidade.

5.2 Extração da Bixina

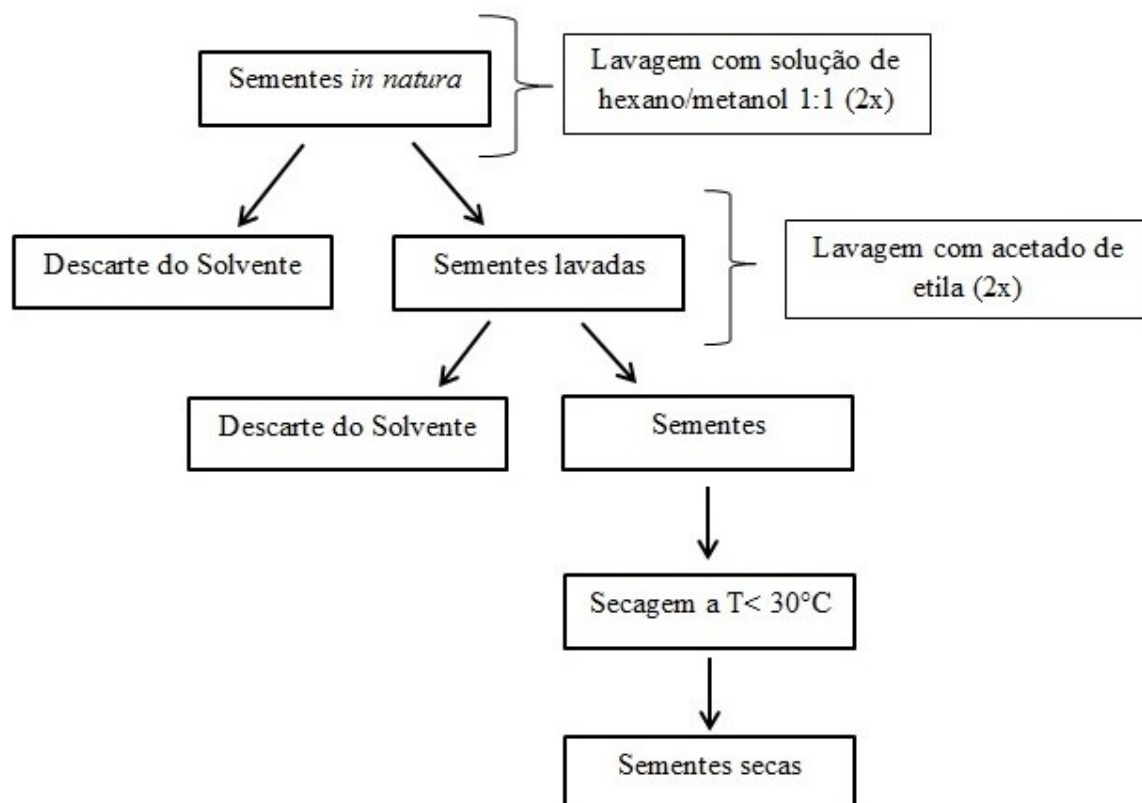
5.2.1 Retirada das Impurezas

O processo de extração da bixina foi realizado segundo RIOS e MERCADANTE, 2004. Para a obtenção de um extrato de bixina com menor teor de impurezas, fez-se necessária a lavagem das sementes como etapa anterior à extração propriamente dita (Figura 5). O objetivo dessa etapa consiste em remover os compostos indesejáveis que afetam a pureza do produto final, sendo na maioria das vezes constituídos por: lipídeos e compostos polares.

Primeiramente, as sementes foram pesadas em balança analítica Shimadzu AUY220 (Peso inicial, PI = 65,2250 g). O processo de retirada desses agentes interferentes consiste em lavagens sucessivas das sementes de urucum. Inicialmente, foi realizada uma lavagem com 260 mL de uma solução de hexano/metanol (1:1) por 15 min e sob agitação. Repetiu-se a operação e, em seguida, lavou-se duas vezes as sementes secas obtidas na etapa anterior com

130 mL de acetato de etila por 15 min sob agitação. Após a purificação, os solventes utilizados foram descartados e o extrato seco foi obtido por meio de secagem em exaustor ($T < 30^{\circ}\text{C}$) por 24 horas.

Figura 5 – Fluxograma do processo de retirada de impurezas das sementes

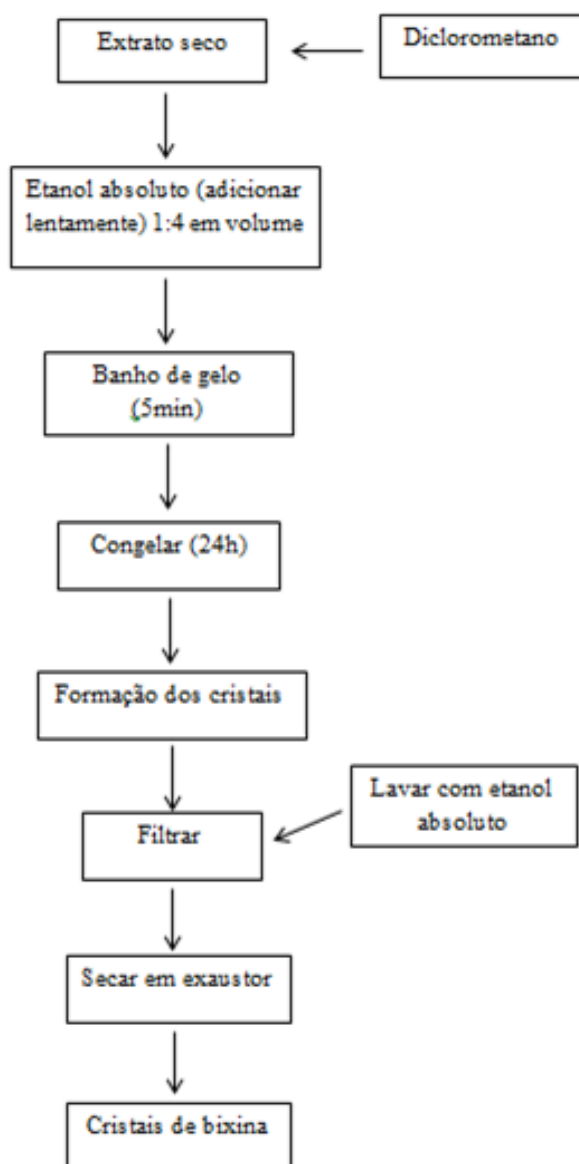


5.2.2 Obtenção dos Cristais de Bixina

Esta etapa consiste em promover a purificação do extrato de bixina por meio da cristalização (Figura 6). As sementes secas contendo os pigmentos foram lavadas com 72 mL de diclorometano, sendo adicionado lentamente 287 mL de etanol absoluto (gerando assim uma proporção em volume de 1:4). Em seguida, levada para banho de gelo por 5 minutos, cuja temperatura ($0,8^{\circ}\text{C}$) foi verificada utilizando-se termômetro Inconterm L-216/05 e posteriormente congelada ($- 0,7^{\circ}\text{C}$) em refrigerador combinado (Whirlpool S. A. Consul CRD 45/220) em *overnight*.

Posteriormente, a mistura foi filtrada e lavada com 260 mL de etanol absoluto e seca em exaustor à temperatura ambiente de 25 °C por 24 h. Deste modo, pôde-se verificar a formação dos cristais de bixina, sendo estes coletados e pesados em balança analítica para obtenção do peso final (PF = 1,4148 g).

Figura 6 – Fluxograma do processo de cristalização da bixina



O rendimento (R) da extração (em percentual) é dado pela relação entre a quantidade de bixina em pó produzida ao final da extração e a quantidade de sementes utilizadas (Equação 1).

$$Rendimento = \frac{\text{peso dos cristais}}{\text{peso das sementes}} \times 100\% \quad (1)$$

5.3 Encapsulação por Spray Drying

5.3.1 Preparação da Suspensão

Inicialmente, uma massa de 0,05 g de cristais de bixina (BX) foi dissolvida em 20 mL de etanol absoluto. Esta solução foi adicionada a uma solução aquosa de goma arábica (GA) (180 mL de água e 60 g de GA), previamente preparada sob agitação a 60 °C e resfriada a 30 °C, de forma a ser obtida uma solução contendo 30 % do polissacarídeo. A solução foi agitada vigorosamente em agitador magnético Tecnal TE-0851 por 30 min e utilizada para o processo de encapsulação por *spray drying* (BARBOSA, BORSARELLI, MERCADANTE, 2005).

Após o preparo da suspensão, foram realizadas medidas de sólidos solúveis totais (SST) e a turbidimetria (TB). Para a análise de SST foram colocadas 3 a 4 gotas da solução em refratômetro Hanna HI 96801, sendo realizada a leitura na escala de °Brix. A turbidez foi determinada por meio da leitura de absorbância (A) em espectrofotômetro UV-VIS (Thermo scientific Genesys 10S) a um comprimento de onda de 550 nm. As medições foram feitas utilizando água destilada como o branco. Todos os experimentos foram realizados em triplicata.

5.3.2 Microencapsulação por *Spray Dryer*

A microencapsulação foi realizada no equipamento mini *spray dryer* (SD-Basic) (LabPlant™ SD-Basic) (Figura 7). O equipamento dispõe de um sistema de atomização, soprador, aquecedor, câmara principal de 215 mm x 500 mm e ciclone. Possui uma capacidade de evaporação de água de até 1 L/h, com temperatura máxima de entrada de 200 °C e circulação de ar seco de 70 m³/h.

Durante o procedimento de secagem por pulverização a amostra foi mantida sob lenta agitação, sendo bombeada para o secador a uma vazão de 30 mL/min. A temperatura de entrada do ar (TE) foi ajustada para 150 °C, a temperatura final de saída do ar (TS) foi 114 °C, a pressão de ar foi 4,9 bar e o bico de aspersão tinha um diâmetro de 1,5 mm. As partículas em pó produzidas foram separadas da corrente gasosa, sendo coletadas em um

recipiente de vidro hermeticamente fechado e guardadas em dessecador com sílica para não absorver umidade do ar ambiente.

Figura 7 – Secador mini *spray dryer* (SD-Basic)



SD-Basic Laboratory Scale Spray Dryer

Fonte: Manual do equipamento

5.4 Métodos analíticos

5.4.1 Análises Espectrofotométricas

Inicialmente, foi elaborada uma curva padrão de bixina em diclorometano a uma faixa de concentração de 5×10^{-5} a 3×10^{-4} g/mL empregando-se espectrofotômetro UV-VIS (Thermo scientific, Genesys 10S). As leituras de absorbância foram realizadas a 470 nm, tendo o diclorometano como o “branco” da análise.

a) Determinação da Bixina Total (BT)

Para a determinação da concentração total de bixina nas microcápsulas, preparou-se uma solução contendo 0,02 g do microencapsulado em 10 mL de água destilada estéril. A solução foi agitada por 1 min em agitador tipo vortex (Phoenix AP56). Em seguida, adicionou-se 20 mL de água destilada, 10 mL de diclorometano e 10 mL de metanol. A adição de metanol foi necessária para romper as microcápsulas formadas com GA. O método empregado nesta etapa foi adaptado de BARBOSA, BORSARELLI, MERCADANTE (2005). A bixina, dissolvida em diclorometano, foi quantificada em espectrofotômetro UV-VIS (Thermo scientific, Genesys 10S) a 470 nm e empregando uma absorvidade molar (ϵ) de 2.826 (STRINGHETA *et al.* 1999; SILVA; NACHTIGALL e STRINGHETA, 2010).

b) Determinação da Bixina de Superfície (BS)

A bixina da superfície das microcápsulas (bixina não encapsulada) foi determinada por extração direta de 0,02 g de microcápsulas com 5 mL de diclorometano. A mistura foi agitada em vortex durante 30 segundos e em seguida centrifugada (centrífuga Marconi®) a 2000 rpm durante 15 min. Após a centrifugação observou-se a formação de uma mistura com duas fases. Após a separação das fases, a fase líquida contendo a bixina foi recolhida e filtrada em membrana Millipore (0,22 μ m). A bixina, dissolvida em diclorometano, foi quantificada como descrito anteriormente. O método empregado nesta etapa foi adaptado de BARBOSA, BORSARELLI, MERCADANTE (2005).

O cálculo da eficiência da microencapsulação (EM) (NAMEE, RIORDAN, SULLIVAN, 2001) é dado pela relação entre a quantidade de bixina total (BT) e a bixina da superfície (BS), de acordo com a Equação 2:

$$EM = \frac{BT-BS}{BT} \times 100\% \quad (2)$$

5.4.1. Teste de Solubilidade em Água

O teste de solubilidade em água do microencapsulado de bixina (MB) foi realizado de acordo com SANTOS, 2003. O pó foi colocado em água numa proporção de 0,4 % m/v (0,02 g em 5 mL). A mistura foi agitada suavemente em vortex até a sua solubilização. O mesmo procedimento foi realizado com os cristais de bixina não microencapsulados (NE). O pó foi

considerado solúvel quando o tempo de solubilização não foi maior do que 5 min. Esta determinação foi realizada em triplicata.

5.4.2 Análise Microscópica

Os cristais de bixina e o material microencapsulado foram analisados microscopicamente pela técnica de microscopia ótica (MO), através de microscópio óptico (Primostar, Zeiss), com aumento final de 400x, acoplado a uma câmera digital (Axiocam, Zeiss).

6. RESULTADOS

A Tabela 1 mostra a composição centesimal das sementes de bixina.

Tabela 1 – Caracterização físico-química das sementes de urucum

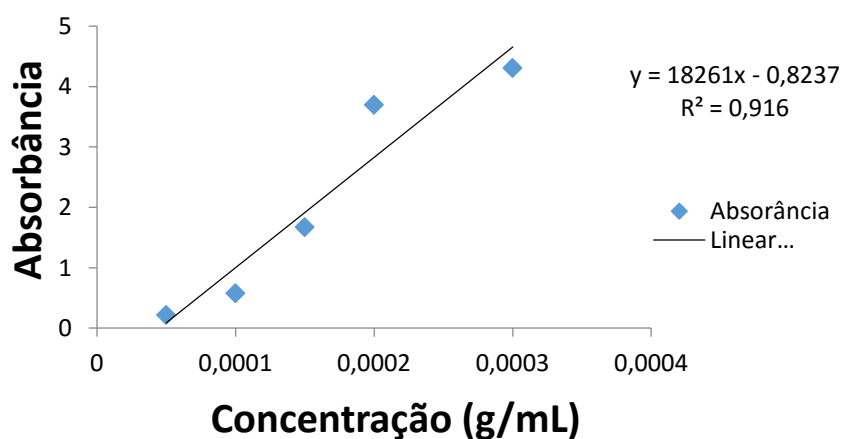
Componente	Concentração média $\pm$ dp ¹ (%)
Cinzas	4,29 $\pm$ 0,24
Proteínas	8,98 $\pm$ 0,37
Lipídeos	1,69 $\pm$ 0,23
Umidade	11,67 $\pm$ 0,26

dp¹ – desvio padrão

O rendimento da extração de bixina a partir das sementes de urucum foi de 2,17 %.

A Figura 8 mostra a curva padrão de bixina e a regressão linear dos resultados de absorvância *versus* concentração de bixina.

Figura 8 - Curva padrão (concentração x absorvância) de bixina



R²: coeficiente de correlação linear

A Tabela 2 mostra os resultados das análises espectrofotométricas da bixina total (BT), bixina não microencapsulada ou de superfície (BS), sólidos solúveis totais (STT) e turbidez (TB). Com base nos resultados obtidos, a eficiência média de microencapsulação foi de 94,79 %.

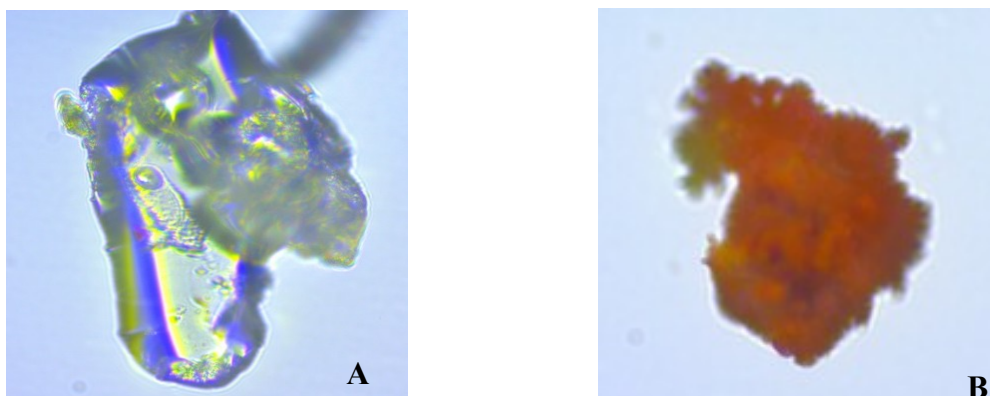
Tabela 2 – Análises espectrofotométricas da bixina total (BT), bixina não microencapsulada ou de superfície (BS), sólidos solúveis totais (STT) e turbidez (TB)

Componente	Valor médio $\pm$ dp¹ (%)
BT	0,173 $\pm$ 0,010
BS	0,009 $\pm$ 0,002
SST	0,243 $\pm$ 0,090
TB	1,048 $\pm$ 0,018

dp¹ – desvio padrão

A Figura 9 mostra as imagens obtidas a partir da análise microscópica das microcápsulas de bixina e dos cristais de bixina não encapsulados.

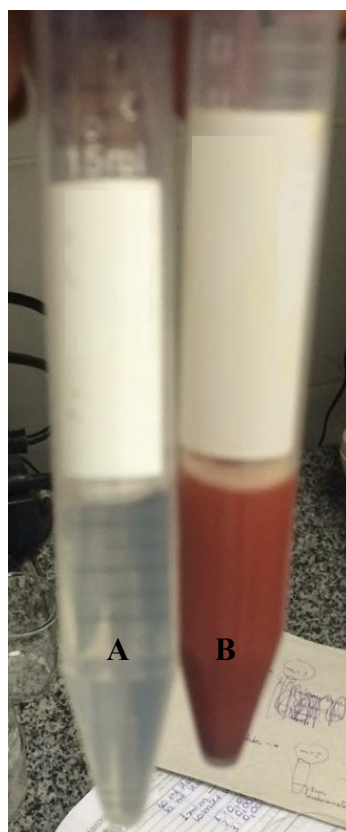
Figura 9 – Fotomicrografia da bixina encapsulada em goma arábica (A) e não microencapsulada (B) em aumento de 400x



Em relação aos resultados do teste de solubilidade em água, o microencapsulado apresentou melhor relação solubilidade/tempo. As amostras contendo bixina microencapsulada quando colocadas em água e submetidas à agitação já se apresentavam dissolvidas no primeiro minuto (T1), o que não aconteceu com a amostra de bixina não encapsulada, que mesmo depois do quinto minuto (T5) não foi observada a completa dissolução da amostra.

A Figura 10 mostra a imagem comparativa do teste de solubilidade em água dos cristais de bixina não encapsulados (A) e encapsulados em goma arábica (B).

Figura 10 – Imagem do teste de solubilidade em água dos cristais de bixina encapsulados em goma arábica (A) e não encapsulados (B)



7. DISCUSSÃO

7.1 Caracterização Físico-química das Sementes de Urucum

O resultado da análise de cinzas neste trabalho ($4,29 \pm 0,24$) é similar ao estudo publicado por TAHAM, SILVA e BARROZO (2015), que observaram o valor médio de cinzas presentes nas sementes de urucum de 4,32 %. Por outro lado, MORAIS (2006), PEREIRA *et al.* (2009) e TONANI *et al.* (2000) obtiveram resultados de 5,05 %, 6,32 % e 6,2 %, respectivamente.

No que se refere ao teor de proteínas, em estudos publicados por WURTS, TORREBLANCA (1983) *apud* CARLOS, 2001; TONAMI *et al.* (2000); ANSELMO, MOTA, RODRIGUES (2008) e BRESSANI *et al.* (1983) *apud* LUIGGI (2015), é relatado que as sementes de *Bixa orella L.* possuem alto teor de proteínas, variando de 13 a 17 %. Em trabalho de avaliação da qualidade biológica das proteínas presentes nas sementes de urucum, VALÉRIO *et al.* (2015) encontraram um valor médio de 11,5 %.

PEDROSA, CIRNE e NETO (1999), ao estudarem as sementes com o objetivo de avaliar os efeitos do tempo e do período de armazenagem sobre os teores de bixina e proteína, encontraram um teor médio de proteína de 12,67 %, estando este valor acima da média comumente observada, que geralmente é de 10 a 12 %. Dessa forma, o resultado do teor de proteínas encontrado no presente estudo ($8,98 \pm 0,37$) encontra-se abaixo da média dos valores encontrados na literatura.

A quantidade de lipídeos encontrada no presente trabalho foi de $1,69 \% \pm 0,23 \%$. CARVALHO (2010) estudou a concentração de lipídeos em 34 diferentes variações genéticas do urucum e encontrou teores que oscilaram de 1,97 a 3,98 %. BOGDAN (2012), em estudo sobre a estabilidade e aplicação das sementes de urucum, obteve um teor de lipídios variando de 2,36 a 3,31 %.

Em relação ao teor de umidade, LEMOS (2008) obteve valores de umidade entre: 5,58 e 6,06 % ao caracterizar cinco genótipos diferentes de urucuzeiro. Em estudo realizado por CUSTÓDIO *et al.* (2002), os resultados encontrados foram de 4,34 a 6,06%. Já segundo NETO *et al.* (2012), que realizaram um estudo com 19 amostras de urucum do Instituto Agrônômico de Pindorama em São Paulo, constataram valores de umidade que variavam de 2,86 a 8,56 %. O resultado de umidade percentual média obtido neste trabalho ($11,67 \pm 0,26$) foi superior aos relatados na literatura.

A composição físico-química dos vegetais é influenciada por variáveis que incluem: procedência das sementes, fatores ambientais (temperatura, luz, umidade do ar, forma de conservação/armazenamento), instabilidade apresentada por alguns componentes, erros de métodos analíticos, podendo assim ser explicada a variação dos resultados obtidos quando comparados aos da literatura (COSTA e CHAVES, 2005; ANSELMO, MATA e RODRIGUES, 2008).

Além disso, as condições de pós-colheita e de processamento afetam a quantidade de bixina presente nos grãos; outro fator que influencia a variabilidade do urucum produzido no Brasil é a existência de cultivares com características distintas, diferenciadas pelo porte da planta, período de produção, forma e cor dos frutos e teor de pigmento (BALIANE, 1982 *apud* PRELA-PANTANO, 2009; REBOUÇAS e SÃO JOSÉ, 1996 *apud* SILVA, 2008).

7.2 Rendimento do Processo de Extração da Bixina

O rendimento do processo de extração da bixina das sementes de urucum é fator determinante para a viabilidade econômica do emprego deste carotenoide na indústria. De acordo com OLIVEIRA (2005), as técnicas de extração em sua maioria visam à produção de um concentrado bruto, no qual a bixina, maior responsável pela cor, encontra-se em baixa concentração. Ainda segundo o autor, a otimização do processo de extração é de fundamental importância e visa não só aumentar o rendimento como também minimizar a contaminação com subprodutos de decomposição.

ALVES (2002) encontrou um rendimento de extração 4,86 %. Já PRENTICE-HERNANDEZ (1992) e SHUHAMA *et al.* (2003) obtiveram como resultados 4,33 e 4 %, respectivamente. COSTA e CHAVES (2005), em estudo comparativo sobre o rendimento de extração de bixina e estudando seis diferentes solventes, constataram um percentual de rendimento médio que variou de 0,22 a 6,16 %, a depender do solvente utilizado. Neste trabalho, foi obtido um rendimento de extração de 2,17 %.

Após a colheita e principalmente durante o armazenamento, os grãos de urucum ficam expostos a alguns fatores ambientais, como teor de umidade, atividade de água, temperaturas elevadas, exposição ao ar e alta umidade relativa do ambiente. Variações nesses fatores também acabam interferindo no rendimento da produção dos pigmentos (CORRÊA *et al.*, 1991). O teor desses compostos presentes nas sementes de urucum oscila de acordo com a variedade da cultura, do solo, do clima e dos tratos culturais, podendo ser encontradas

sementes com menos de 1 % e outras até com 6 % de bixina (CARVALHO; HEIN, 1989 *apud* JÚNIOR, B. D. e RIBANI, R. H, 2015). Dessa forma, pode-se dizer que o valor aqui apresentado está dentro dos valores encontrados na literatura.

7.3 Análises Espectrofotométricas

Considerando-se o intervalo de linearidade entre os valores de absorbância e de concentração de bixina, verificou-se uma boa correlação dos dados, sendo obtido um coeficiente de correlação (R^2) de 0,916. No entanto, o uso da curva de calibração obtida neste estudo fica limitado para valores de absorbância próximos de zero. Para a quantificação do teor de bixina a partir das absorbâncias medidas no presente trabalho, foi utilizada a lei de Lambert Beer ($A = \epsilon b c$), onde b é o caminho ótico (1 cm) e c é a concentração do analito. Dessa forma, a concentração de bixina total (absorbância média de $0,173 \pm 0,010$) equivale a uma concentração de $6,12 \times 10^{-5}$ g/mL, ou 61,2 μ g/mL, ou ainda 0,0612 mg/mL.

Em estudo publicado por TOCCHINI e MERCADANTE (2001), que determinaram a quantidade de bixina presente nos coloríficos por cromatografia, o limite de detecção foi de 0,018 μ g/mL. Ainda nesse estudo, os resultados de bixina encontrados foram de 154 a 354 mg/100g. Sendo assim, como a sensibilidade da cromatografia é maior quando comparada ao método utilizado por este estudo, pode-se dizer que neste trabalho a análise em espectrofotômetro detecta e confirma a presença de bixina total, fazendo desta metodologia um parâmetro válido de avaliação do microencapsulado. Esta metodologia também foi empregada no trabalho de BARBOSA, BORSARELLI, MERCADANTE (2005).

As dificuldades na comparação entre os resultados do teor de bixina de diferentes procedências e variedades podem estar relacionadas à falta de uniformidade dos métodos de análise. As metodologias usadas variam desde a utilização de diferentes soluções para extração dos pigmentos até o uso inadequado de coeficientes de absorção para quantificação (CARVALHO *et al.*, 2010).

No que diz respeito à quantificação da bixina presente da superfície das microcápsulas (bixina não encapsulada - BS), o resultado médio obtido foi de 0,009A o que confirma a sua presença, mesmo que em pequena quantidade, no exterior das microcápsulas. O mesmo foi observado por BARBOSA (2009). O resultado do presente estudo para o teor de bixina não encapsulada foi de $3,18 \times 10^{-6}$ g/mL.

A eficiência da microencapsulação (EM) é uma propriedade influenciada pelas condições de secagem, design e tipo de *spray-dryer* utilizado na microencapsulação. BARBOSA *et al.* (2005), SHU *et al.* (2006) e RODRÍGUEZ-HUEZO *et al.*, (2004) reportam valores de rendimentos de microencapsulação de 86, 82,2 e 87,5 %, respectivamente. BARBOSA (2009), em trabalho sobre a obtenção e aplicação das microcápsulas de bixina, observou um rendimento médio de 89 % para o microencapsulado de GA com maltodextrina na proporção de 1:1, acima da média encontrada pelos demais autores.

No presente trabalho, o rendimento após microencapsulação foi de 94,79 %. Este resultado é similar ao observado em outro estudo de carotenoides encapsulados utilizando a técnica de *spray dryer* (NUNES e MERCADANTE, 2007), que encontraram uma eficiência de encapsulação de 94 a 96 % ao encapsular licopeno em GA.

7.4 Análise Microscópica

A microscopia óptica empregada neste trabalho é um processo de visualização de imagens de qualidade inferior quando comparada com a técnica mais usada, a microscopia de varredura (MEV). Segundo SANTANA (2013), MEV é a técnica mais adequada para a análise da microestrutura de produtos em pó. Através dessa técnica podemos observar as alterações nas microestruturas das cápsulas que estão diretamente relacionadas à eficiência do método de encapsulação, como também as suas características morfológicas, possibilitando a observação de fissuras ou poros. A presença de fissuras e/ou rachaduras na superfície das microesferas pode comprometer a proteção oferecida ao material no interior das cápsulas (PARIZE, 2003; PRIETO e BUITRAGO, 2014; PEREIRA, 2007).

Segundo JÚNIOR (2012) e FAZAELI *et al.* (2012), a eficiência do processo de encapsulação e a qualidade do encapsulado sofrem influências de elementos como: domínio da técnica, condições de operação do *spray drying* (por exemplo: a temperatura do ar de circulação) e do tipo de agente encapsulante utilizado; que são consideradas adequadas quando se obtém, após a secagem, partículas que não tenham sofrido expansão e rachaduras em sua estrutura. Portanto, uma boa esfericidade e ausência de cavidades indicam a formação de um filme contínuo na parede externa das micropartículas e podem justificar a maior eficiência de encapsulação (LEIMANN, 2008).

De acordo com ERSUS, YURGADEL (2007); TONTON *et al.* (2009); FERNANDES, CANDIDO, OLIVEIRA (2012) e ZARDO (2014) as microcápsulas

produzidas por *spray drying*, quando visualizadas por MEV, apresentam formato esférico e a presença de reentrâncias na superfície das micropartículas que é geralmente atribuído a contração das partículas durante o processo secagem e resfriamento.

Tanto a bixina em pó quanto as microesferas de GA foram analisadas através de microscopia óptica (Figura 9). De acordo com OLIVEIRA (2005), os cristais de bixina se apresentam de forma amorfa. A análise microscópica através da MO das partículas do pó microencapsulado permitiu constatar um formato e tamanho irregular das microesferas formadas; esta morfologia também foi observada por REIS (2013) em microcápsulas de cúrcuma usando GA como material de parede. O aspecto amorfo das microcápsulas também foi observado por FANG e BHANDARI (2010) ao encapsular limoneno em sistema de goma arábica-gelatina e sacarose.

A estrutura interna de uma microcápsula pode ser classificada de várias formas, sendo a principal diferença entre a forma cristalina ou amorfa. Enquanto os cristais se caracterizam pela repetição espacial, tridimensional dos átomos ou moléculas que os constituem, as formas amorfas apresentam uma conformação estrutural na qual as moléculas ou os átomos estão distribuídos aleatoriamente tal como num líquido. Deste modo, as formas amorfas normalmente possuem solubilidade e velocidade de dissolução superior às formas cristalinas (NETZ e ORTEGA, 2002 *apud* LANDIN, 2008, p. 29).

7.5 Teste de Solubilidade em Água

A bixina, por ser um carotenoide, possui característica lipossolúvel (VILAR, 2015; MORAES, 2006) sendo, portanto, solúvel em solventes orgânicos e em soluções lipídicas, e praticamente insolúvel em água (ANDRADE, 2015). OLIVEIRA (2005), em seu estudo sobre caracterização das sementes de urucum e extração da bixina, realizou testes de solubilidade de cristais de bixina em diferentes solventes químicos (etanol, acetona, metanol, clorofórmio, acetato de etila e éter etílico), e observou a baixa solubilidade dos mesmos em todos os solventes.

Os resultados de solubilidade em água aqui encontrados (Figura 10) assemelham-se aos relatados por BARBOSA, BOSARELI e MERCADANTE (2005). Esses autores, ao avaliarem a solubilidade da bixina encapsulada e não encapsulada em água, constataram que as microcápsulas que possuíam GA como material de parede apresentaram boa solubilidade (64 segundos), enquanto os cristais puros foram considerados insolúveis. ZARDO (2014), ao

avaliar a solubilidade das microesferas de antocianinas em GA, constatou valores médios de 95,7 e 69,5 % a depender da temperatura de atomização.

Outro estudo que também demonstrou a solubilidade do microencapsulado em comparação com o cristal do carotenoide foi realizado por SANTOS; FÁVARO-TRINDADE e GROSSO (2005); que avaliaram microcápsulas de páprica em oleoresina utilizando GA como material de parede. A secagem por atomização foi bem sucedida, gerando pós de fácil solubilização e de grande importância para a indústria alimentícia, sendo uma alternativa para proteger esses compostos de fatores que provocam a oxidação.

A goma arábica é considerada um excelente material de parede devido à sua alta solubilidade, baixa viscosidade, boas propriedades emulsificantes, sabor suave e grande estabilidade oxidativa conferida ao núcleo (COUTINHO, 2007).

8. CONCLUSÕES

O processo de atomização por *spray drying* dos cristais de bixina em goma arábica apresentou eficiência significativa na produção das microcápsulas (sugeridos pelos resultados obtidos na avaliação espectrofotométrica do microencapsulado que confirmou a existência da bixina no interior das microesferas). Ao levarmos em consideração a instabilidade do carotenoide de bixina, a microencapsulação, demonstra ser um caminho importante para a sua utilização nas indústrias alimentícias; o que também ficou claro após a realização do teste de solubilidade, pois quando comparada com a bixina não microencapsulada, as microcápsulas de bixina apresentaram melhor solubilidade, dentro dessa perspectiva torna-se mais viável a sua incorporação em alimentos, constituindo-se assim de uma ótima alternativa em substituição aos aditivos químicos.

REFERÊNCIAS

AHN, J. H., *et al*; Optimization of microencapsulation of seed oil by response surface methodology, **Food Chemistry**, n.107, v.1, p. 98–105, 2008. Disponível em: < http://ac.els-cdn.com/S0308814607007546/1-s2.0-S0308814607007546-main.pdf?_tid=e3e819b6-319f-11e6-98f0-00000aacb360&acdnat=1465847527_9dbde2e29c11ee720a529a38b873e4a4 >; Acesso em: março 2016.

ALVES, A. I. **Obtenção de Extrato de Carotenoide de Polpa de Pequi (*Cayrocar brasiliense Camb.*) Encapsulado pelo Método de Secagem por Atomização**. Tese: Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, p.10- 21, 2014. Disponível em: < <http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2939/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: junho 2016.

ALVES, R. W. Extração e Purificação de Compostos de Urucum. Tese (**Mestrado em Engenharia Química**), Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/81775?show=full>>. Acesso: junho 2016.

ANAL, A. K.; SINGH, H. Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery, **Food Science and Technology**, v. 18, p. 240-251, 2007. Disponível em: <<http://sci-hub.io/http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224407000350>>. Acesso: março 2016.

ANSELMO, G. C. dos S.; MATA, M. E. R. M. C.; RODRIGUES, E. Comportamento Higroscópico do Extrato Seco de Urucum (*Bixa Orellana L*), **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1888-1892, 2008. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v32n6/v32n6a30.pdf>>. Acesso em: junho 2016.

ANSELMO, G. C. S. dos.; MATA, M. E. R. M. C.; RODRIGUES, E. Comportamento Higroscópico do Extrato Seco De Urucum (*Bixa Orellana L*). **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.32, n.6, p.1888-1892, nov./dez., 2008. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v32n6/v32n6a30.pdf>>. Acesso em: 20 janeiro 2016.

ANSELMO, G. C. S. dos.; MATA, M. E. R. M. C.; RODRIGUES, E. Comportamento Higroscópico do Extrato Seco De Urucum (*Bixa Orellana L*). **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.6, p.1888-1892, nov./dez., 2008. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v32n6/v32n6a30.pdf>> . Acesso em: 20 julho 2015.

ASHADY, R. **J Microencaps** v. 10, p.337, 1993 *apud* KOLANOWSKI, W. *et al*. Microencapsulation of fish oil by spray drying–impact on oxidative stability. Part 1, **Europ**

Food Research Technology, Germany, v. 222, p. 336–342, 2006. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s00217-005-0111-1>>. Acesso: 15 março 2016.

AZAGHESWARI, B. K; PADMA, S.; PRIYA, S. P. A Review on Microcapsules, **Global Journal of Pharmacology**, n. 9, v.1, p. 28-39, 2015. Disponível em: <[http://www.idosi.org/gjp/9\(1\)15/5.pdf](http://www.idosi.org/gjp/9(1)15/5.pdf)>. Acesso em: maio 2015.

AZEREDO, H. M. C. de. Encapsulação: Aplicação à Tecnologia de Alimentos, **Alimentos E Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 1, p. 89-97, 2005. Disponível em: <<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/106/119>>. Acesso em: 10 março 2016.

AZEREDO, H. M. de C. Encapsulação: Aplicação à Tecnologia de Alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara v. 16, n. 1, p. 89-97, jan./mar, 2005. Disponível em: <<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/106/119>>. Acesso em: março 2016.

AZZA A. A. *et al.* Encapsulation of Nano Carotenoids; Evaluation of Stability and Safety. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, Egipty, v.4, n. 2, p. 1017-1029, 2015. Disponível em: <<http://www.ijemas.com/vol-4-2/Azza%20A.%20Amin,%20et%20al.pdf>>. Acesso em: 25 março 2016.

BALIANE, A. **Cultura do urucueiro**. Niterói: EMATER, p. 10, 1982 *apud* PRELA-PANTANO, A. Diagnóstico do Cultivo e Caracterização Climática das Regiões Produtoras de Urucum no Estado de São Paulo, Belo Horizonte – MG, **XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, p. 1-5, 2009. Disponível em: <http://www.sbagro.org.br/anais_congresso_2009/cba2009/172.pdf>. Acesso: junho 2016.

BARBOSA, M.I.M.J.; BORSARELLI, C.D.; MERCADANTE, A.Z. Light stability of spray-dried bixin encapsulated with diferente edible polysaccharide preparations. **Food Research International**, São Paulo, v. 38 p. 989-984, 2005. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0963996905001079/1-s2.0-S0963996905001079-main.pdf?_tid=1519500a-1c7d-11e6-a206-00000aab0f01&acdnat=1463523603_556bd8ded09f41e45b4540290d9f0acc>. Acesso em: 15 março 2016.

BARBOSA, M.I.M.J.; BORSARELLI, C. D.; MERCADANTE, A. Z. Light stability of spray-dried bixin encapsulated with diferente edible polysaccharide preparations, **Food Research International**, v.38, p. 989–994, 2005. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0963996905001079/1-s2.0-S0963996905001079-main.pdf?_tid=36b88d94-31d5-11e6-8a9f-00000aab0f02&acdnat=1465870429_05a27600f9fbf84c4406e57f496669e5>. Acesso em: março 2016.

BARBOSA, M.I.M.J.; MERCADANTE, A.Z. Avaliação da estabilidade das microcápsulas de bixina em diferentes matrizes alimentícias, **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.2, n.1,

p.23-26, 2008 Disponível em: <http://gestaounificada.pb.gov.br/emepa/publicacoes/revista-tca-emepa/edicoes/volume-02-2008/volume-2-numero-1-marco-2008/tca05_avaliao.pdf>. Acesso: junho 2016.

BARBOSA, M. I. M. J. Microcápsulas de Bixina: Obtenção, Aplicação e Estudos de Fotodegradação em Sistemas-Modelo. **Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos)**, UNICAMP- Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, São Paulo, Brasil, p. 74-77, 2009. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000440676&fd=y>>. Acesso: junho 2016.

BARROS, F.A.R.; STRINGHETA, P. C. Microencapsulamento de Antocianinas: Uma Alternativa para o Aumento da sua Aplicabilidade como Ingrediente Alimentício, **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n.36, p.16-22, 2006. Disponível em: <http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio36/microencapsulamento_36.pdf>. Acesso em: março, 2016.

BOGDAN, D. J. ESTABILIDADE E APLICAÇÃO DO CORANTE DE URUCUM NO ESTADO DO PARANÁ. **Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos)**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil, 2012. Disponível em: <http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/28718/R%20-%20T%20-%20BOGDAN%20DEMCZUK%20JUNIOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso: junho 2016.

BOUVIER, F.; DOGBO, O.; CAMARA, B. Biosynthesis of the Food and Cosmetic Plant Pigment Bixin (Annatto). **Science**, v. 300, n. 5628, p. 2089- 2091, 2003. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/300/5628/2089>>. Acesso: 15 março 2016.

BRASIL, 2012 **Produção Agrícola Municipal: Culturas Temporárias e Permanentes**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Rio de Janeiro, v. 39, p.1-101, 2012.

BRESSANI, R. *et al.* Chemical composition, amino acid content and nutritive value of the protein of the annatto seed (*Bixa Orellana*). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.33, n.2, p.356-376, 1983, *apud* LUIGGI, F. G. Extrato Oleoso de Urucum Na Alimentação de Frangos de Corte. **Tese (Doutorado em Zootecnia)** Programa de Pós-graduação Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo – SP, 2015. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/123395/000825510.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso: junho 2016.

BURGAIN, J.; *et al.* Encapsulation of probiotic living cells: from laboratory scale to industrial applications, **Journal of Food Engineering**, v. 104, p. 467-483, 2011. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S026087741000631X/1-s2.0-S026087741000631X-main.pdf?_tid=944c69de-31c7-11e6-a64c-

00000aacb35e&acdnt=1465864573_8a78761d544d6d02b6bc34fb2785b2de >. Acesso: março 2016.

CAPELLA, S. O. *et al.* Potencial cicatricial da *Bixa orellana* L. em feridas cutâneas: estudo em modelo experimental, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 1, 104-112, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v68n1/0102-0935-abmvz-68-01-00104.pdf>>. Acesso em: 18 março 2016.

CARVALHO, P. R. N. *et al.* Concentração de Bixina e Lipídios em Sementes de Urucum da Coleção do Instituto Agrônômico (IAC). Bragantia, Campinas, v. 69, n. 3, p 519-524, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v69n3/02.pdf>>. Acesso em: 20 junho 2015.

CARVALHO, P. R. N. *et al.* Concentração de Bixina e Lipídios em Sementes de Urucum da Coleção do Instituto Agrônômico (Iac) (1), **Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v. 69, n. 3, p519-524, 2010. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/brag/v69n3/02.pdf> >. Acesso: junho 2016.

CARVALHO, P. R. N.; HEIN, M. Urucum – Uma fonte de corante natural. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v. 1, n. 19. 1989 *apud* JÚNIOR, B. D.; RIBANI, R. H. Atualidades sobre a química e a utilização do urucum (*Bixa orellana* L.) **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 6, n. 1, p. 40, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/277574775_Updates_on_chemistry_and_use_of_a_natto_Bixa_orellana_L>. Acesso: junho 2016.

CHAUDRY, N. A., *et al.* Noinfections Endophthalmitis Associated with Intravitreal Triamcinolone Injections. **Clinical Science**, v.121, n., p. 1279-1282. Disponível em: <[file:///C:/Users/Aral%C3%ADGomes/Downloads/ECS20198%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Aral%C3%ADGomes/Downloads/ECS20198%20(1).pdf)>. Acesso em: março 2016.

coffee oil by spray drying, **Food and Bioproducts Processing**, v. 9 0, p. 413–424, 2012. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0960308511001106/1-s2.0-S0960308511001106-main.pdf?_tid=113472ee-31c7-11e6-8889-00000aabb0f6c&acdnt=1465864353_e08579d82bd327dfb5ef9b4a8655c92f>. Acesso: abril 2016.

CORRÊA, T. B. S.; RODRIGUES, H. R.; WILBERG, V. C.; SOARES, A. G. Determinação das propriedades termodinâmicas da semente de urucum (*Bixa orellana* L.) **In: II Seminário de corantes naturais para alimentos. I Simpósio internacional de urucum**. Campinas, Brasil: Anais, 1991.

COSTA, C. L. S. da; CHAVES, M. H. Extração de Pigmentos das Sementes de *Bixa orellana* L.: Uma Alternativa para Disciplinas Experimentais de Química Orgânica, **Química Nova**, v. 28, n. 1, 149-152, 2005. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/qn/v28n1/23053.pdf> >. Acesso em: maio 2016.

COSTA, J. M. G. da, Eficiência de Diferentes Encapsulantes e Condições Operacionais de Secagem por Atomização na Produção e Aplicação de Micropartículas de Bioaroma de Queijo Suíço. **Tese (Universidade Federal de Lavras)**, Lavras, Minas Gerais, Brasil, p. 21, 2013. Disponível em: < <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/666/1/TESE%20Efici%C3%A2ncia%20de%20diferentes%20encapsulantes%20e%20condi%C3%A7%C3%B5es%20operacionais%20de%20secagem%20por%20atomiza%C3%A7%C3%A3o%20na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20de%20micropa.pdf> >. Acesso em: abril 2016.

COSTA, S. S.; *et al.* Review: Drying by spray drying in the food industry: Micro-encapsulation, process parameters and main carriers used, **African Journal of Food Science**, v. 9, n. 9, p. 462- 470, 2015. Disponível em: < <http://www.academicjournals.org/journal/AJFS/article-full-text-pdf/09B6D3855447> >. Acesso em: abril 2016.

COUTINHO, A. P. C. Produção e Caracterização de Maltodextrinas a partir de Amidos de Mandioca e Batata Doce. (**Tese Doutorado em Área de Concentração em Energia na Agricultura**), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil, p. 1- 130, 2007. Disponível em: < <http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0164.pdf> >. Acesso junho 2016.

CUSTODIO, C. C. Germinação de Sementes de Urucum (*Bixa orellana* L.), **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, p.197-202, 2002. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v24n1/v24n1a28.pdf> >. Acesso em: maio 2016.

DESAI, K. G. H.; PARK, H. J. Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients, *Drying Technology*, v. 23, p. 1361–1394, 2005. Disponível em: < <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1081/DRT-200063478> >. Acesso em: abril 2016.

DESAI, K. G. H.; PARK, H. J. Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients, **Drying Technology: An International Journal**, v. 23, p. 1361–1394, 2005. Disponível em: <<http://sci-hub.cc/10.1081/DRT-200063478>>. Acesso: abril 2016.

DURANTE, M.; *et al.* Effects of Sodium Alginate Bead Encapsulation on the Storage Stability of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Bran Oil Extracted by Supercritical CO₂, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n.60, p. 10689–10695, 2012. Disponível: <<http://sci-hub.cc/10.1021/jf303162m>>. Acesso: março 2016.

ERSUS, S.; YURDEL, U. Microencapsulation of Anthocyanin pigments of Black Carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier, **Journal of Food Engineering**, v.80, p. 805–812, 2007. Disponível em: < http://ac.els-cdn.com/S0260877406005322/1-s2.0-S0260877406005322-main.pdf?_tid=6dde6a36-42e3-11e6-920d-00000aabb0f6c&acdnat=1467745705_a62db10dafab36c72d6e3b0966372672 >. Acesso em: junho 2016.

Fang, Z.; Bhandaria, B. Encapsulation of polyphenols e a review, **Trends in Food Science & Technology** v.21, p. 510-523, 2010. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0924224410001925/1-s2.0-S0924224410001925-main.pdf?_tid=85ce8ef6-43dc-11e6-a64b-00000aab0f6b&acdnat=1467852689_43b21ec77a6105c71afb6ffe9ac6207>. Acesso: junho 2016.

FANGA, Z.; BHANDARIA, B. Encapsulation of polyphenols e a review, **Food Science & Technology**, v. 21, p. 510-523, 2010. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0924224410001925/1-s2.0-S0924224410001925-main.pdf?_tid=82035626-2d11-11e6-8303-00000aab0f01&acdnat=1465346570_e208c30cc14d818b76977f2576d1e396>. Acesso em: março 2016.

FAVARO-TRINDADE, C. S.; PINHO, S. C. de; ROCHA, G. A. Revisão: Microencapsulação de ingredientes alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technoogy**, v. 11, n. 2, p. 103-112, abr./jun. 2008. Disponível em: <<http://bjft.ital.sp.gov.br/artigos/html/busca/PDF/v11n2318a.pdf>>. Acesso em: março 2016.

FAVARO-TRINDADE, C. S.; PINHO, S. C.; ROCHA, G. A. Revisão: Microencapsulação de ingredientes alimentícios, **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 2, p. 103-112, 2008. Disponível em: <http://www.ital.sp.gov.br/bj/artigos/bjft/2008/pp_v11n24407.pdf>. Acesso em: março, 2016.

FAZAELI, M. *et al.* Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder, **Food and Bioproducts Processing**, n.90, p. 667–675, 2012. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0960308512000326/1-s2.0-S0960308512000326-main.pdf?_tid=d313dba4-43d6-11e6-a1be-00000aab0f6b&acdnat=1467850242_b4e5d7c5b07034c8afe5d4b1cc956c9f>. Acesso: junho 2016.

FELICISSIMO, M. P. *et al.*, Time-of-flight secondary ion mass spectrometry and X-ray photoelectron spectroscopy analyses of Bixa orellana seeds, **Journal Agriculture Food Chemistry** v. 52, n.7, p.1810-1814, 2004 *apud* SILVA, L. S. e. Efeitos do Beta Caroteno e do Urucum sobre a Expressão de Genes Hepáticos do Metabolismo do Colesterol em Ratas Hipercolesterolêmicas, Ouro Preto, 2013, p.22. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3566/1/TESE_feitosBetaCaroteno.pdf>. Acesso: 10 julho 2015.

FERNANDES, L. P.; CÂNDIDO, R. C.; OLIVEIRA, W. P. Spray Drying Microencapsulation of Lippa Sidoides Extracts in Carbohydrate Blends, **Food and Bioproducts Processing**, v. 9, p. 425–432, 2012. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S096030851100109X/1-s2.0-S096030851100109X-main.pdf?_tid=3f826cf8-42e5-11e6-8457-00000aab0f27&acdnat=1467746486_50a5eec1201ce2699f0dc61b43f749cd>. Acesso: junho 2016.

FONTANA, J. D. *et al.* Carotenoides: Cores Atraentes e Ação Biológica. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v., n., p. 40-45, 2010. Disponível em: <<http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio13/caroteno.pdf>>. Acesso em: 20 julho 2015.

FRASCARELI, E.C.; *et al.* Effect of process conditions on the microencapsulation of

FRASER, P. D. e BRAMILEY, P. M. **Prog. Lipid. Res.** 2004, 43, 228 *apud* UENOJO M.; JUNIOR M. R. M. e PASTORE G. M.; Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 616-622, 2007. Disponível em:<http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol30No3_616_21-RV05523.pdf>. Acesso em: abril 2016.

GARCIA, C. E. R. *et al.* Carotenoides bixina e norbixina extraídos do urucum (*Bixa orellana* L.) como antioxidantes em produtos cárneos, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 8, p.1510-1517, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782012000800029>. Acesso em: 5 março 2015.

GAVA, A. J. **Princípios da Tecnologia dos Alimentos**, São Paulo: Nobel S.A., p. 183 – 194, 2002. Disponível em: <<http://docslide.com.br/documents/principios-de-tecnologia-de-alimentosaltanir-j-gava-blog-conhecimentovalecoublogspotcom.html>>. Acesso em: março 2016.

GHARSALLAOIU, A.; *et al.* Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview, *Food Research International*, v.40, p.1107–1121, 2007. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0963996907001238/1-s2.0-S0963996907001238-main.pdf?_tid=300f4458-31c4-11e6-b9a0-00000aabb0f6c&acdnat=1465863117_e8acf0aa623441090008178ae8115e07>. Acesso em: Abril 2016.

GIRO-PALOMA, J. *et al.* Types, methods, techniques, and applications for microencapsulated phase change materials (MPCM): A review, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.53, p.1059–1075, 2016. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S1364032115010102/1-s2.0-S1364032115010102-main.pdf?_tid=7dde8d5e-2d16-11e6-a899-00000aacb361&acdnat=1465348710_501712063439eeb9abd7f1dfb32fe5ac>. Acesso em: maio 2016.

GOUIN, S. Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends, **Trends in Food Science and Technology**, London, v. 15, n. 7-8, p. 330-347, 2004. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0924224403002723/1-s2.0-S0924224403002723-main.pdf?_tid=3a06c940-31a1-11e6-825c-00000aacb360&acdnat=1465848101_b266c0c499e26827ef23179e6eee336c>. Acesso em: março, 2016.

HENRIQUES, C. A. C. Caracterização de gomas arábicas e estudo da sua aplicação em vinho. **Tese (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)**, Instituto Politécnico de Santarém, Santarém, Brasil, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.ipsantarem.pt/bitstream/10400.15/1431/1/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20de%20gomas%20ar%C3%A1bicas%20e%20estudo%20da%20sua%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20em%20vinho-C%C3%A1tia%20A.%20C.%20Henriques.pdf>>. Acesso em: junho 2016.

HIGUITA, D. M. C. Microencapsulação de Oleoresina de Cúrcuma (*curcuma longa L.*) em Misturas de Goma Arábica, Maltodextrina e Amido Modificado. **Tese (Mestrado em Engenharia de Alimentos)** Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, São Paulo Brasil, p. 8–10, 2013. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90768/higuita_dmc_me_sjrp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: março 2016.

JAFARI, S. M.; *et al.* Nano-particle encapsulation of fish oil by spray drying, **Food Research International**, v.41, p. 172–183, 2008. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0963996907001925/1-s2.0-S0963996907001925-main.pdf?_tid=c614ef3a-31c3-11e6-ba90-00000aab0f01&acdnat=1465862939_58f3d95e207e0e3b75d66a3e4651dcec>. Acesso: abril 2016.

JOHNSON L. E. Food technology of the antioxidants nutrientes, **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 1995 *apud* SUBAGAI A.; MORITA N. Instability of Carotenoids is a Reason for their promotion on lipid oxidation, **Food Research International**, Japan, v.34, p.183, 2001. Disponível em:< http://ac.els-cdn.com/S0963996900001502/1-s2.0-S0963996900001502-main.pdf?_tid=ebf5427e-1c7c-11e6-b6b6-00000aab0f6b&acdnat=1463523534_89d2b6aaa21fb71a84131fc542506960>. Acesso: 20 março 2016.

JUNIOR, W. T.; Estudo das modificações no processo de encapsulação de óleo de alho por spray drying. **Tese (Mestrado em engenharia de processos)**, Faculdade de Engenharia, Universidade da região de Joinville – UNINVILL, Joinville, Santa Catarina, Brasil, 2012. Disponível em: <[file:///C:/Users/Aral%C3%ADGomes/Downloads/Dissertacao_Walter_Teriet_Junior%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Aral%C3%ADGomes/Downloads/Dissertacao_Walter_Teriet_Junior%20(1).pdf)>. Acesso: junho 2016.

KANDASWAMI, C.; MIDDELTON, E. J. Free radical scavenging and antioxidant activity of plant flavonoids. **Adv. Exp. Med. Biol.**, v. 336, p. 351-376, 1994. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sci-hub.cc/pubmed/7771265>>. Acesso: março 2016.

KIOKIAS, S.; GORDON H. M. Antioxidant properties of annatto carotenoids. **Food Chemistry**, England, v. 83, n. 4, p. 523-529, 2003. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0308814603001481/1-s2.0-S0308814603001481-main.pdf?_tid=6cab27cc-1c7c-11e6-a206-00000aab0f01&acdnat=1463523320_28f5fada7a776a68e101ea53f68093ea>. Acesso em: 22 março 2016.

KIOKIAS, S.; PROESTOS, C.; VARZAKAS, T. A. Review of the Structure, Biosynthesis, Absorption of Carotenoids-Analysis and Properties of their Common Natural Extracts, **Current Research in Nutrition and Food Science**, Greece, v. 4, n.1, p. 25-37, 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/Aral%C3%ADGomes/Downloads/Vol4_Spl(1)_p_25-37.pdf>. Acesso em: 20 março 2016.

KRITHIKA, V. *et al.* Microencapsulation of Paprika (*Capsicum annum L*) Oleoresin by Spray drying, **International Journal of Scientific & Engineering Research**, v. 5, n. 2, 2014. Disponível em: <<http://www.ijser.org/researchpaper%5CMicroencapsulation-of-Paprika-Capsicum-annum-L-Oleoresin.pdf>>. Acesso em: março 2016.

KUANG, S. S.; OLIVEIRA, J. C.; CREAN, A. M. Microencapsulation as a tool for incorporating bioactive ingredients into food, **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 50, n. 10, p. 1913-1918, 2010. Disponível em: <<http://sci-hub.cc/10.1080/10408390903044222>>. Acesso: março 2016.

LEIMANN, F. V. Microencapsulação de Óleo Essencial de Capim Limão Utilizando o Processo de Coacervação Simples. **Tese (Mestrado em Engenharia Química)**, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 1- 115, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/90975/248600.pdf?sequence=1>>. Acesso: junho 2016.

LEMONS, A. R. Atividade antioxidante em genótipos de urucueiros (*Bixa orellana L.*). **Tese Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)**, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil, p. 1- 65, 2008. Disponível em: <<http://www.uesb.br/ppgengalimentos/dissertacoes/2011/CARACTERIZA%C3%87%C3%83O%20F%C3%8DSICO%20QU%C3%8DMICO%20E%20AVALIA%C3%87%C3%83O%20DO%20POTENCIAL%20ANTIOXIDANTE%20DOS%20FRUTOS%20DA%20TERMINA%C3%83O%20CATA.pdf>>. Acesso: junho 2016.

LIMA, L. R. P. *et al* Bixina, Norbixina e Quercetina e seus efeitos no metabolismo lipídico de coelhos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. São Paulo, v. 38, n. 4, p. 196-200, 2001 *apud* MOREIRA, V. S. Atividade Antioxidante e Caracterização Físicoquímica de Variedades de Urucueiros In Natura e Encapsulado. **Tese (Mestrado em Engenharia de Alimentos)**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia-Brasil, 2013, p.32. Disponível em: <http://www.uesb.br/ppgengalimentos/dissertacoes/2013/VIVIANE_MOREIRA.pdf>. Acesso: 20 junho 2015.

LIMA, L. R. P. *et al.* Bixina, Norbixina e Quercetina e seus efeitos no metabolismo lipídico de coelhos, **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 38, n. 4, p. 196-200, 2001 *apud* MOREIRA, V. S. Atividade Antioxidante e Caracterização Físicoquímica de Variedades de Urucueiros In Natura e Encapsulado. **Tese (Mestrado em Engenharia de Alimentos)**, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia-Brasil, 2013, p.32. Disponível em: <http://www.uesb.br/ppgengalimentos/dissertacoes/2013/VIVIANE_MOREIRA.pdf>.

LIMA, L.R.P. *et al.* Bixina, Norbixina e Quercitina e seus Efeitos no Metabolismo Lipídico de Coelhos. **Braz. J. Vet. Res. An.Sc.**, n. 38, v.4, p.196 – 200, 2001 *apud* TAHAM, T.; CABRAL, F. A.; BARROZO, M. A. S. Extração da Bixina do Urucum Utilizando Diferentes Tecnologias. **XIX Jornada em Engenharia Química** da Universidade Federal de Uberlândia, 2014, p.1. Disponível em: <<http://www.peteq.feq.ufu.br/jorneq/anais2014/trabalhos/T122.pdf>>. Acesso: 02 julho 2015.

LIMA, R. L. P.; Efeito de Flavonóides e de Corantes do Urucum Sobre a Hiperlipidemia Induzida em Coelhos. **RBAC**, v. 42 n.1, p.69-74, 2010. Disponível em: <http://repositorio.sisbin.ufop.br/bitstream/123456789/5237/1/ARTIGO_EfeitoFlavon%C3%B3idesCorantes.pdf>. Acesso em: 20 dezembro 2014.

MANTOVANI, N. C. *et al* Avaliação de Genótipos de Urucum (Bixa Orellana L.) por Meio da Caracterização Morfológica de Frutos, Produtividade de Sementes e Teor de Bixina **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 355-362, abr.-jun., 2013 Disponível em:<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/10200/Ci%C3%A7ncia_Florestal_v23_n2_p354-362_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 junho 2015.

MANTOVANI, N. C. *et al.* Avaliação de Genótipos de Urucum (Bixa Orellana L.) por Meio da Caracterização Morfológica de Frutos, Produtividade de Sementes e Teor de Bixina. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 355-362, abr.-jun., 2013 Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/10200/Ci%C3%A7ncia_Florestal_v23_n2_p354-362_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 junho 2015.

MARCO, R. de, *et al.* Microencapsulation of Annatto Seed Extract: Stability and Application, **Chemical Engineering Transactions**, v. 32, p. 1177- 1782, 2013. Disponível em:<<http://www.aidic.it/cet/13/32/297.pdf>>. Acesso em: março 2016.

MATIOLI, G.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; Microencapsulação do Licopeno com Ciclodextrinas. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 23 (Supl): p.102- 105, dez. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v23s0/19479.pdf>>. Acesso em: 20 junho 2015.

MATIOLI, G.; RODRIGUES – AMAYA, D. B. MICROENCAPSULAÇÃO DO LICOPENO COM CICLODEXTRINAS, **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.23, p. 102- 105, 2003. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cta/v23s0/19479.pdf>>. Acesso em: julho 2015.

MENDES, L. G. Microencapsulação do Corante Natural de Urucum: Análise da Eficiência da Goma do Cajueiro como Material de Parede. **Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos)**, Fortaleza, Ceará – Brasil, 2012, p. 1-118. Disponível em: <

http://www.ppgcta.ufc.br/Dissertacao_Luana_Guabiraba_mendes.pdf >. Acesso em: março 2016.

MONTENEGRO, M. A. *et al.* Model Studies on the Photosensitized Isomerization of Bixin. **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, v.52 n. 2, p. 367-373, 2004. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14733523>>. Acesso em: março em 2016.

MORAES, F. P. de. Polpa Desidratada de Caju Amarelo (*Anacardium occidentale L.*) por atomização em *spray dryer*: Caracterização Físico-química, Bioativa e Estudo da Vida de Prateleira do Produto. **Tese (Mestrado em Engenharia Química)**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15859/1/FranciscaPM_DISSERT.pdf>. Acesso: junho 2016.

MORAIS, F. L. de. Carotenoides: Características Biológicas e Químicas. **Tese (Mestrado em Qualidade em Alimentos)**, Universidade de Brasília, Brasília- DF, Brasil, p.01-60, 2006. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/546/1/2006_FlaviaLuisaMoraes.pdf>. Acesso: junho 2015.

MORAIS, T. P. *et al.* Aplicações da Cultura de Tecidos em Plantas Medicinais, **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, n.1, p.110-121, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v14n1/v14n1a16.pdf>>. Acesso em: junho 2015.

NETO, F. B. de O., *et al.* de Estudo Químico de plantas do Rio Grande do Norte: Avaliação do teor de fenóis e atividade antioxidante. **VII Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação**, Palmas, TO, p. 1-5, 2012. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/3897/1244>>. Acesso: Junho 2016.

NETZ, P. A.; ORTEGA, G. G. **Fundamentos de Físico-química: Uma Abordagem Conceitual para as Ciências Farmacêuticas**, Porto Alegre: Artmed, 2012 *apud* LANDIM, E. M. C. Obtenção, Caracterização e Avaliação da Estabilidade de Pigmentos Naturais Microencapsulados. **Tese (Mestrado em tecnologia de Alimentos)**, Universidade Federal do Ceará, Ceará, Brasil, p. 29, 2008. Disponível em: <<http://www.ppgcta.ufc.br/elilandim.pdf>>. Acesso: junho 2016.

NUNES, G. L. *et al.* Microencapsulação de culturas probióticas: princípios do método de spray drying, **Ciência e Natura, Ed. Especial-Nano e Microencapsulação de compostos bioativos e probióticos em alimentos**, v. 37, p. 132– 141, 2015. Disponível em: <<http://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/19742/pdf>>. Acesso: junho 2016.

NUNES, G.L.; *et al.* Microencapsulação de culturas probióticas: princípios do método de spray drying, **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.3, p. 123 – 141. Disponível em: <

file:///C:/Users/Aral%C3%ADGomes/Downloads/19742-97352-1-PB.pdf>. Acesso em: abril 2016.

OLEGÁRIO, L. S.; SANTOS, J. A. B. dos. Prospecção Tecnológica Sobre o Corante Natural de Urucum (*Bixa orellana* L.), **Cadernos de Prospecção - ISSN 1983-1358., 2317-0026**, 2014, vol.7, n.4, p.601-611. Disponível em: <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/nit/article/view/11947/pdf_70>. Acesso em: 10 julho 2015.

OLIVEIRA NETO, F. B.; FREIRE, L. C. C.; XAVIER, A. R. F. *et al.* de Estudo Químico de plantas do Rio Grande do Norte: Avaliação do teor de fenóis e atividade antioxidante. **Tese (Mestrado em Engenharia Química)**. Palmas, Tocantins, 2012.

OLIVEIRA, J. S. de. Caracterização, Extração e Purificação por Cromatografia de Compostos de Urucum (*Bixa orellana* L.). **Tese (Doutorado em Engenharia Química)**, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p.19, 2005. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/102421/224146.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 janeiro 2015.

OLIVEIRA, J. S. Caracterização, Extração e Purificação por Cromatografia de Compostos de Urucum (*Bixa orellana* L.). **Tese (Doutorado em Engenharia Química)**, Universidade Federal de Santa Catarina, p.15, 215, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/102421/224146.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 janeiro 2016.

OLIVEIRA, L. M. *et al.* Endothelium-Dependent Vasorelaxant Effect of Butanolic Fraction from *Caryocar brasiliense* Camb. Leaves in Rat Thoracic Aorta. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2012. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/ecam/2012/934142/>>. Acesso: junho 2016.

ONWULATA, C.I.; KONSTANCE, R.P.; HOLSINGER, V.H. Properties of single and double encapsulated butter oil poder, **Journal of Food Science**, n. 63 v. 1,p .100-103 *apud* KRITHIKA, V. *et al* Microencapsulation of Paprika (*Capsicum annum* L) Oleoresin by Spray drying, **International Journal of Scientific & Engineering Research**, v. 5, n. 2, p. 971, 2014. Disponível em:< <http://www.ijser.org/researchpaper%5CMicroencapsulation-of-Paprika-Capsicum-annum-L-Oleoresin.pdf>>. Acesso em: 10 março 2016.

PACHECO, S. D. G.; Uso do Sal de Bixina Extraído do Urucum (*Bixa Orellana* L.) como Substituto do Nitrito de Sódio em Produtos Carneos Reestruturados. **Tese (Mestrado em Ciências Farmacêuticas, Setor de Ciências da Saúde)**, Universidade Federal do Paraná, Paraná – Brasil, p. 1 - 110, 2014. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/35848/R%20-%20D%20-%20SAMANTA%20DALIANA%20GOLIN%20PACHECO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso: 05 julho 2015.

PARIZE, A. L. Microencapsulação e Liberação Controlada do Corante Natural de Urucum Utilizando Matriz Polimérica de Quitosana. **Tese (Mestrado em Engenharia Química)**, Centro de Ciências Físicas e Matemática Departamento de Química, Florianópolis, Brasil, 2003. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/83146/Alexandre%20Luis%20Parize0.PDF?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso: junho 2016.

PEDROSA, J. P.; CIRNE, L. E. da M. R.; NETO, J. M. de M. Teores de Bixina e Proteína em Sementes de Urucum em Função do Tipo do Período de Armazenagem, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.121-123, 1999. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v3n1/1415-4366-rbeaa-03-01-0121.pdf>>. Acesso em: junho 2016.

Pereira, E.S. Valor Energético de Subprodutos da Agroindústria Brasileira, **Archives of Zootechnia**, v. 58, n. 223, p. 455-458, 2009. Disponível em:

<http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/12_13_07_15NotaValorPereira.pdf>. Acesso em: junho.

PERUZZO, L.C.; Extração, purificação, identificação e encapsulação de compostos bioativos provenientes do resíduo do processamento da indústria vinícola. **Tese (Doutorado em Engenharia química)** - Centro tecnológico. Programa de pós-graduação em Engenharia química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/128770/331113.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: maio 2016.

POMPELLA, A. Biochemistry and histochemistry of oxidant stress and lipid peroxidation. **International Journal of Vitamin and Nutrition Research**, Bern, v.67, n.5, p.289-297, 1997 *apud* MOREIRA, V. S. Atividade Antioxidante e Caracterização Físicoquímica de

Variedades de Urucuzeiros In Natura e Encapsulado. **Tese (Mestrado em Engenharia de Alimentos)** Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia- Brasil, 2013, p.18. Disponível em:

<http://www.uesb.br/ppgengalimentos/dissertacoes/2013/VIVIANE_MOREIRA.pdf>.

Acesso: 20 junho 2015.

PRENTICE-HERNANDEZ, C.; RUSIG, O. Extrato de urucum (*Bixa orellana* L.) obtido utilizando álcool etílico como solvente. **Arquivos de Biologia e tecnologia**, v. 35, n. 1, p.63-74, 1992.

PRESTON, H. D. e RICKARD, M.D. Extraction and chemistry of annatto. **Food Chemistry**, v. 5, p. 47-56, 1980 *apud* MERCADANTE, A. Z. e PFANDER H. Caracterização de um Novo Carotenóide Minoritário de Urucum, **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v.21, n.2, p. 193, 2001. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cta/v21n2/7466.pdf> >.

Acesso em: março 2016.

PRIETO; G. A.; BUITRAGO, B. A. Proceso de microencapsulación de colorantes naturales presentes en la fresa (*Fragaria vesca*), **AVANCES Investigación en Ingeniería**, v. 11, n. 1, p. 7 – 34, 2014. Disponível em: < <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-11/art8.pdf>>. Acesso junho 2016.

REBOUÇAS, T. N. H.; SÃO JOSÉ, A. R. A cultura do urucum: Práticas de cultivo e comercialização. Vitória da Conquista: Sociedade Brasileira de Corantes Naturais, 1996, *apud* SILVA, S. do N. Estudo Etnobotânico em Urucueiro com Vistas à Conservação *on farm* e ao Melhoramento Participativo. **Tese (Mestrado em Agronomia)**, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil, 2008. Disponível em: <<http://www.uesb.br/mestradoagronomia/banco-de-dissertacoes/2008/sandro-do-nascimento-silva.pdf>>. Acesso em: junho 2016.

RIOS, A. O.; MERCADANTE, A. Z. Otimização das Condições para Obtenção de Padrão de Bixina e das Etapas de Extração e Saponificação para Quantificação de Bixina em “Snacks” Extrusados por CLAE, **Alimentos e Nutrição**, v. 15, n. 3, p. 203-213, 2004. Disponível em: < <http://200.145.71.150/seer/index.php/alimentos/article/view/78/91>>. Acesso em: março, 2016.

RODRÍGUEZ-HUEZO, M. E; PEDROZA-ISLAS, R.; PRADO-BARRAGÁN, L. A.; BERISTAIN, C. I.; VERNON-CARTER, E. J. Microencapsulation by spray drying of multiple emulsions containing carotenoids. **Journal of Food Science**, v. 69 p. 351-359, 2004. Disponível em: <<http://sci-hub.cc/10.1111/j.1365-2621.2004.tb13641.x>>. Acesso: junho 2016.

ROJAS, V. V.; CALLACNA C. M.; ARNAIZ V. Uso de un aditivo a base de cantaxantina y extracto de achiote en dietas de gallinas de postura y su efecto sobre la coloración de la yema y la vida de anaquel del huevo, **Scientia Agropecuaria**, v. 6 n. 3, p. 191 – 199, 2015. Disponível em: < http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172015000300005&script=sci_arttext>. Acesso em: 20 de abril 2016.

RUTZ, J. K. Caracterização E Microencapsulação de Suco de Pitanga Roxa (*Eugenia Uniflora* L.). Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – Brasil 2013, p. 1-106. Disponível em: < http://www.dcta.create.inf.br/manager/uploads/documentos/dissertacoes/dissertacao_josiane_kuhn_rutz.pdf>. Acesso em: março 2016.

SANGUANSRI, P.; AUGUSTIN, M. A. Nanoscale materials development – a food industry perspective. **Trends in Food Science and Technology**, London, v. 17, n. 10, p. 547-556, 2006. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0924224406001919/1-s2.0-S0924224406001919-main.pdf?_tid=918099a8-31a1-11e6-bd9a-00000aacb35e&acdnat=1465848248_0ed9c9607e766c61a40f86bd0bb85105>. Acesso em: março, 2016.

SANTANA, A. A. Obtenção da Polpa de Pequi e do Leite de Coco Babaçu Microencapsulados Através da Secagem por Aspersão. **Tese (Doutorado Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola)** Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade

Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil. Disponível em: <
<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000900843>>. Acesso: junho 2016.

SANTOS A. B. dos; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; GROSSO, C. R. F. Preparo e Caracterização de Microcápsulas de Oleoresina de Páprica Obtidas por Atomização, **Ciências e Tecnologia dos Alimentos**, v. 5, n. 2, p. 322-326, 2005. Disponível em: <
<http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n2/25032.pdf>>. Acesso em: junho 2016.

SANTOS, J. A. A. *et al.* Avaliação histomorfométrica do efeito do extrato aquoso de urucum (norbixina) no processo de cicatrização de feridas cutâneas em ratos, **Revista Brasileira Pl. Medicina**, Campinas, v.16, n. 3, supl. I, p.637-643, 2014. Disponível em: <
<http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v16n3s1/01.pdf>>. Acesso em: 20 dezembro 2016.

SANTOS, J.A.A. *et al.* Avaliação Histomorfométrica do Efeito do Extrato Aquoso de Urucum (Norbixina) no Processo de Cicatrização de Feridas Cutâneas em Ratos, **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, Campinas, v.16, n.3, supl. I, p.637-643, 2014. Disponível em: <
<http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v16n3s1/01.pdf>>. Acesso: 21 março 2015.

SCHROOYEN, P. M. M.; VAN DER MEER, R.; KRUIJF. G. De. Microencapsulation: its application in nutrition, **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 60, p. 475–479, 2001. Disponível em:
 <<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=804268&fileId=s0029665101000556>>. Acesso em: março 2016.

SCHWARTZ, S. H. Apocarotenoids and Carotenoid Cleavage Dioxygenases, 2003 *apud* OLIVEIRA, J. S. de. Caracterização, Extração e Purificação por Cromatografia de Compostos de Urucum (*Bixa orellana* L.). **Tese (Doutorado em Engenharia Química)**, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p.19, 2005. Disponível em: <
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/102421/224146.pdf?sequence=1>>. Acesso em: janeiro 2015.

Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010. Disponível em:
 <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/6510/5926>>. Acesso em: março 2016.

SHU, B.; *et al.* Study on Microencapsulation of Lycopene by *Spray-drying*, 2005 *apud* LANDIN, E. M. C. **Obtenção, Caracterização e Avaliação da Estabilidade de Pigmentos Naturais Microencapsulados**. Tese (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil, p.22, 2008. Disponível em: <
<http://www.ppgcta.ufc.br/elilandim.pdf>>. Acesso: março 2016.

SHU, B.; *et al.* Study on Microencapsulation of Lycopene by *Spray-drying*, 2005 *apud* LANDIN, E. M. C. **Obtenção, Caracterização e Avaliação da Estabilidade de Pigmentos Naturais Microencapsulados**. Tese (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos) Universidade

Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil, p.22, 2008. Disponível em: <
<http://www.ppgcta.ufc.br/elilandim.pdf>>. Acesso: março 2016.

SHU, B.; YU, W.; ZHAO, Y.; LIU, X. Study on microencapsulation of lycopene by spraydrying, **Journal of Food Engineering**, 76, 664 – 669, 2006. Disponível em: <
http://ac.els-cdn.com/S0260877405004036/1-s2.0-S0260877405004036-main.pdf?_tid=ebcdd7fa-42d5-11e6-95b800000aab0f02&acdnat=1467739903_82db300d0c101b34d1b83fd50527a143>. Acesso: junho 2016.

SHUHAMA, I. K. *et al.* Experimental production of annatto powders in spouted bed dryer. **Journal of Food Engineering**, v. 59, p. 93-97, 2003. Disponível em: <
http://ac.els-cdn.com/S0260877402004338/1-s2.0-S0260877402004338-main.pdf?_tid=8ab0858a-42c1-11e6-b619-00000aab0f01&acdnat=1467731150_9596012397b550bafa32e81e7aafc099>. Acesso: junho 2016.

SILVA, M. L. C. Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity in plant products,

SILVEIRA, A. C. P.; *et al.* Secagem por Spray: uma revisão, **Revista Instituto Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 68, n. 391, p. 51-58, 2013. Disponível em: <
<https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/21/24>>. Acesso em: abril 2014.

SIMATOS, D. e MULTON, J. L. Properties of Water in Foods: in Relation to Quality and Stability, Copyright © 1985 by Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht Softcover reprint of the hardcover 1 st edition, 1985, p. 661–679. Disponível em:
 <<https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=kvrnC AAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=simatos+e+multon+1985&ots=pSnIYzEeDy&sig=ssCC1WlflgwBWQPIr1PsSKsXm8k#v=onepage&q=simatos%20e%20multon%201985&f=false>>. Acesso em: março 2016.

SOUZA, A. I. Obtenção de Extrato de Carotenoides de Polpa de Pequi (Caryocar brasiliense Camb.) Encapsulado Pelo Método de Secagem por Atomização. **Tese Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, p.1-78, 2014. Disponível em:
 <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2939/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: Março 2016.

SOUZA, A. L. R. de. Estabilização de moléculas bioativas presentes em suco de camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K) Mc Vaugh) pela integração dos processos de Osmose Inversa, Evaporação Osmótica e Atomização. **Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos)**, Seropédica, Rio de Janeiro – Brasil, p.1-59, 2012. Disponível em:
 <<http://r1.ufrj.br/wp/ppgcta/files/2012/11/Andr%C3%A9-Luiz-Rodrigues-de-Souza.pdf>>. Acesso em: março 2016.

SOUZA, A. L. R. *et al.* REVIEW: Microencapsulação de Sucos e Polpas de Frutas Por *Spray Drying*: Uma Revisão, **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.17, n.3, p.327-338, 2015. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev173/Art17314.pdf>>. Acesso em: maio, 2016.

SOUZA, E. C. G. de. Efeitos de Bixina sobre os Parâmetros Bioquímicos Séricos em Ratos. **Tese (Mestrado em Ciências e Tecnologias dos Alimentos)**, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais- Brasil, 2001. p.01-130. Disponível em: <<http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/ciencia%20e%20tecnologia%20de%20alimentos/2001/171326f.pdf>> . Acesso em: janeiro 2016.

SOUZA, E. C. G. de. Efeitos de Bixina sobre os Parâmetros Bioquímicos Séricos em Ratos. **Tese (Mestrado em Ciências e Tecnologias dos Alimentos)**, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais- Brasil, 2001, p.01-130. Disponível em: <<http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/ciencia%20e%20tecnologia%20de%20alimentos/2001/171326f.pdf>> . Acesso em: julho 2015.

SOUZA, F. L. *et al.* The effect of the carotenoid bixin and annatto seeds on hematological markers and nephrotoxicity in rats subjected to chronic treatment with cisplatin, **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. , n. , p.1, 2016. Disponível em: < http://ac.els-cdn.com/S0102695X16300138/1-s2.0-S0102695X16300138-main.pdf?_tid=4f9f18c6-0d88-11e6-a8d8-00000aacb35e&acdnat=1461879158_b78aa5f1bfae835daa3869c04d4e28e1>. Acesso em: abril 2016.

SOUZA, M. S. M. Ativos Microencapsulados Encontram mais Aplicações, **Química e derivados**, n. 388, 2000. Disponível em: <<http://www.quimica.com.br/pquimica/23719/ativos-microencapsulados-encontram-mais-aplicacoes/>>. Acesso em: março 2016.

SOUZA, C.R.F. Estudo comparativo da produção de extrato seco de *Bauhinia forficata* pelos processos spray-dryer e leito de jorro. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 208p, 2003.

TAHAM, T.; SILVA, D. O.; BARROZO, M. A. S. Recuperação de Bixina das Sementes de Urucum (*Bixa Orellana L.*) Utilizando uma Nova Configuração o Leito de Jorro, **Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados**, Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Química, São Paulo, 2015.

TAO, S. *et al.* Bixin protects mice against ventilation-induced lung injury in an NRF2-dependent manner, *Scientific Reports*, v.6, n. 18760, p.1-13, 2016 . Disponível em: <<http://www.readcube.com/articles/10.1038/srep18760>> . Acesso: março 2016.

TAO, S. *et al.* Systemic administration of the apocarotenoid bixin protects skin against solar UV-induced damage through activation of NRF2, **Free Radical Biology and Medicine**, Arizona, Tucson, AZ, USA, v.89, n. , p. 690-700, 2015. Disponível em: < http://ac.els-cdn.com/S0891584915006061/1-s2.0-S0891584915006061-main.pdf?_tid=9f20c1da-1c7c-11e6-a0f5-00000aab0f01&acdnat=1463523405_c6ca3740863d97a76b44330840194641>. Acesso em: março 2016.

TAYLOR, L. **Herbal Secrets of the Forest**, 2 ed. Sage Press, Inc., 2002 *apud* OLIVEIRA, J. S. de. Caracterização, Extração e Purificação por Cromatografia de Compostos de Urucum (*Bixa orellana* L.). **Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – Brasil**, 2005, p.19. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/102421/224146.pdf?sequence=1>>. Acesso em: janeiro 2015.

TOCCHINI, L.; MERCADANTE, A. Z. Extração e Determinação, por CLAE, de Bixina e Norbixina em Coloríficos, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n.3, p.310-313, 2001. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cta/v21n3/8548.pdf>>. Acesso: junho 2016.

TONANI, F. L. *et al.* Avaliação Nutricional do Resíduo do Urucum *Bixa Orellana* L. após a Extração do Corante, **ARS VETERINARIA**, v.16, n.2, p.118-121, 2000. Disponível em: < <http://www.arsveterinaria.org.br/arquivo/2000/v.16,%20n.2,%202000/118-121.pdf>>. Acesso junho 2016.

TONON, R. V. Secagem por Atomização do Suco de Açaí: Influência das Variáveis de Processo, Qualidade e Estabilidade do Produto. **Tese (Mestrado em Engenharia de Alimentos)**, Universidade Estadual de Campina, Campinas, São Paulo, Brasil, p. 1 - 203, 2009. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000449827>>. Acesso: junho 2016.

UBBINK, J.; KRÜGER, J. Physical approaches for the delivery of active ingredients in foods, **Trends in Food Science and Technology**, London, v. 17, n. 5, p. 244-254, 2006. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0924224406000148/1-s2.0-S0924224406000148-main.pdf?_tid=3cf137dc-319f-11e6-ab5d-00000aab0f02&acdnat=1465847247_e9431e0ce7a11bdaddc1b8b41297841a>. Acesso em: março 2016.

UENOJO M.; MARÓSTICA, M. R. J.; PASTORE G. M. Carotenóides: Propriedades, Aplicações e Biotransformação para Formação de Compostos de Aroma, **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 616-622, 2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n3/21.pdf>>. Acesso em: janeiro 2016.

VALÉRIO, M. A. Annatto seed residue (*Bixa orellana* L.): nutritional quality, **Food Science and Technology**, v. 35, n. 2, p. 326-330, 2015. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cta/v35n2/0101-2061-cta-35-2-326.pdf>>. Acesso: julho 2016.

VALÉRIO, M. A. Resíduo da Semente do Urucum (*Bixa orellana* L.): Avaliação Nutricional e Aproveitamento para Uso na Alimentação Humana, Campo Grande, 2012, p.46 – 105. **Tese (Mestrado em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste)**, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Disponível em:

<<http://200.129.202.51:8080/jspui/bitstream/123456789/1704/1/Melissa%20Alessandra%20Valerio.pdf>>. Acesso em: junho 2015.

VALÉRIO, M. A. Resíduo da Semente do Urucum (*Bixa orellana* L.): Avaliação Nutricional e Aproveitamento para Uso na Alimentação Humana. **Tese (Mestrado em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste)**, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande – Brasil, 2012, p.46 – 105. Disponível em:

<<http://200.129.202.51:8080/jspui/bitstream/123456789/1704/1/Melissa%20Alessandra%20Valerio.pdf>>. Acesso em: junho 2015.

VENKADESWARAN, K. *et al.* Antihypercholesterolemic and Antioxidative Potencial of na Extract of the Plant, *Piper betle*, and Its Active Constituent, Eugenol, in Troton WR-1339-Induced Hypercholesterolemia in Experimental Rats, **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine** v. 2014, p. 1 – 11, 2014. Disponível em: <

<http://www.hindawi.com/journals/ecam/2014/478973/>>. Acesso em: março 2016.

VENKATESAN, P.; MANAVALAN, R.; VALLIAPPAN, K. Microencapsulation: a vital technique in novel drug delivery system. **Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 1, n. 4, p. 26-35, 2009. Disponível em: <

<http://www.jpsr.pharmainfo.in/Documents/Volumes/Vol1Issue4/jpsr01040903.pdf>>. Acesso em: março 2016.

VENKATESAN, P.; MANAVALAN, R.; VALLIAPPAN, K. Microencapsulation: A vital technique in novel drug delivery syatem, **Journal of Pharmaceutical Sciences**, n., v., p.26-35, 2009. Disponível em:

<<http://www.jpsr.pharmainfo.in/Documents/Volumes/Vol1Issue4/jpsr01040903.pdf>>. Acesso em: março 2016.

VILAR, D. de A., Estudo Fitoquímico da Bixina e Fração Oleosa Extraídos da Bixa Orella Biomonitorado pela Atividade Leishimanicida, **Tese (Pós-graduação em Desenvolvimento e Inovação Tecnológica de Medicamentos)**, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, Pernambuco, Brasil, 1- 71, 2015. Disponível em: <

<http://tede.biblioteca.ufpb.br/bitstream/tede/8267/2/arquivototal.pdf>>. Acesso: junho 2016.

WALESKA, C. D. *et al.* Aterosclerose Experimental em Coelho, **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v. 95, n. 2, p. 272-278, 2010. Disponível em: <

<http://www.scielo.br/pdf/abc/v95n2/a20v95n2.pdf>> Acesso em: julho 2015.

WURTS, M.L.; TORREBLANCA R.A. Analisis de la semilla *Bixa Orellana* L. (Achoite) y del desecho generados en la extraction de sus pigmentos, **Achivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.33, n.3, p. 606- 619, 1983 *apud* CARLOS, E. U. Utilização do Resíduos de

Sementes Processadas de Urucum (*Bixa Orellana l.*) na Alimentação de Suínos em Crescimento. **Tese (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração: Ciência e Animais de Pastagens)**, Piracicaba, São Paulo, Brasil, p. 19-20, 2001.

ZARDO, I. Extração e microencapsulação de compostos Antociânicos do Bagaço de Mirtilo (*Vaccinium corymbosum L.*). **Tese (Mestrado em Engenharia Química)**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil, p. 1- 118, 2014. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/105067/000940180.pdf?sequence=1>>. Acesso em: junho 2016.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). Versão eletrônica, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 117,123,105,137. Disponível em: < http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf>. Acesso: março 2016.