

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ELI MARIA CAMURÇA LANDIM

OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE
PIGMENTOS NATURAIS MICROENCAPSULADOS

FORTALEZA

2008

ELI MARIA CAMURÇA LANDIM

**OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE
PIGMENTOS NATURAIS MICROENCAPSULADOS**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dra. Patrícia Beltrão
Lessa Constant

Co-orientadora: Dra. Henriette Monteiro
Cordeiro de Azeredo

FORTALEZA

2008

C563u Landim, Eli Maria Camurça

Obtenção, caracterização e avaliação da estabilidade de pigmentos naturais microencapsulados [manuscrito] / Eli Maria Camurça Landim
89 f. : il. color. ; enc.

Orientadora: Dra. Patrícia Beltrão Lessa Constant

Co-orientadora: Dra. Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo

Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008

1. Antocianinas 2. Atomização 3. Bixina 4. Microencapsulação I. Constant, Patrícia Beltrão Lessa (orient.) II. Universidade Federal do Ceará – Mestrado em Tecnologia de Alimentos III. Título

CDD 664

ELI MARIA CAMURÇA LANDIM

**OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE
PIGMENTOS NATURAIS MICROENCAPSULADOS**

Dissertação submetida à Coordenação do
Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de
Alimentos da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para obtenção do grau
de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Patrícia Beltrão Lessa Constant (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Dr. Edy Sousa de Brito
Embrapa Agroindústria Tropical

Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo
Universidade Federal do Ceará - UFC

Aos meus filhos Ilana, Tiago e Lia, ao
meu esposo Irapuan e aos meus pais
João e Eliete.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar todas as ferramentas para que eu continue a construir a minha história profissional.

Aos meus pais, João e Eliete, por serem os primeiros a acreditar em mim e por terem me ensinado aquilo que não se aprende no Colégio, Faculdade ou Mestrado.

Aos meus filhos, Ilana, Tiago e Lia, pela inspiração para continuar, lutar e realizar.

Ao meu marido Irapuan, pelo amor, carinho, companheirismo e incentivo.

À minha orientadora, professora Patrícia Constant, pela orientação, ensinamentos, amizade, compreensão e apoio durante todo o trabalho. Além de orientadora, foi uma amiga preocupada e participativa, não medindo esforços para que tudo se realizasse da melhor maneira possível.

Ao professor Wilane de Figueiredo, que me ajudou a dar os primeiros passos no caminho da pesquisa realizada.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo apoio e incentivo financeiro, que propiciou o desenvolvimento desta pesquisa.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), através de sua unidade Embrapa - Agroindústria Tropical, onde foi executada a maioria das análises laboratoriais.

Aos pesquisadores da EMBRAPA, Henriette de Azeredo e Edy Brito. Ela, que gentilmente me recebeu e ele, cuja atenção e participação foram essenciais no decorrer do projeto.

Aos funcionários da EMBRAPA, Arthur de Souza e Fernando Abreu, que me ajudaram durante o processo de atomização dos pigmentos; ao pesquisador Manoel Alves de Sousa Neto, pela orientação quanto ao uso de alguns equipamentos; à funcionária Márcia Régia Souza da Silveira, responsável pelo Laboratório de Pós-Colheita, que disponibilizou alguns equipamentos, reagentes químicos e vidrarias utilizadas na pesquisa; às estagiárias Daniele, Joyce, Micheline, Nádia e Virna, que me auxiliaram em algumas análises.

Aos professores do Mestrado, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos meus colegas de turma, pela amizade e companheirismo.

Ao secretário do Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará (UFC), Paulo Mendes, pela ajuda sempre bem humorada.

Aos funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFC, sempre gentis e dispostos a ajudar.

Ao pesquisador Paulo Roberto Gagliardi, que efetuou as análises de microscopia eletrônica no Núcleo de Apoio à Pesquisa em Microscopia Eletrônica Aplicada à Agricultura (NAP/MEPA) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP) em Piracicaba.

Ao professor Marcos Sazaki, que disponibilizou o Laboratório de Difração de Raios-X (RX) do Departamento de Física da UFC, para o desenvolvimento da análise de RX. Aos funcionários Eulivana e Daniel, de ajuda imprescindível na execução e interpretação dos resultados obtidos.

Ao professor Jorge Zapata, que cedeu o Laboratório de Carnes e Pescados do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFC, para a preparação do teste de estabilidade no escuro dos pigmentos microencapsulados. Quero agradecer em especial, aos funcionários Luiz Bitu e Rozelúcia de Almeida, que não mediram esforços na montagem dessa parte do estudo.

Ao professor Paulo César Stringheta, que disponibilizou o Laboratório de Pigmentos Naturais da Universidade Federal de Viçosa (MG), para a realização do teste de estabilidade na luz dos pigmentos microencapsulados e ao funcionário Valério Poletto, que efetuou as análises.

A todos que não foram citados, mas que contribuíram de alguma maneira para a realização desta pesquisa, muito obrigada!

“ Se vais por um caminho que tuas mãos
constroem dia após dia, chegarás ao
lugar onde deves estar. “
(Máximas de Ani)

RESUMO

Atualmente, ocorre um crescimento mundial da preferência dos consumidores pelos alimentos que contêm ingredientes naturais. Em relação aos pigmentos, ainda há certa dificuldade na utilização de corantes naturais na indústria alimentícia, pois estes apresentam menor estabilidade que os corantes sintéticos. Com o objetivo de aumentar a estabilidade e a utilização dos corantes naturais como ingredientes alimentícios, aplicou-se aos mesmos, a técnica de microencapsulação por atomização. Os corantes utilizados foram bixina, pigmento lipossolúvel do urucum, fruto do urucuzero (*Bixa orellana* L.) e antocianinas, pigmentos hidrossolúveis do açaí, fruto do açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), com os agentes encapsulantes goma arábica, goma do cajueiro e maltodextrina, em diferentes formulações. Testes de umidade, solubilidade e cristalinidade foram executados, bem como a microscopia eletrônica, para observação da morfologia das microcápsulas. Através da colorimetria, os pigmentos naturais microencapsulados foram estudados em diferentes apresentações, ou seja, dissolvidos em solução-tampão pH 4,0 e na forma de pós. Na referida solução-tampão utilizou-se também o extrato puro de antocianinas como testemunha. Verificou-se então, a estabilidade ao longo do tempo das formulações descritas, em temperatura ambiente de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ na presença (450h) e ausência (1400h) da luz. A degradação dos pigmentos microencapsulados ocorreu mais rapidamente na luz. A goma do cajueiro mostrou-se como bom encapsulante e sendo um abundante recurso natural do Ceará poderá ser utilizado como substituto da goma arábica, cujo custo de importação é elevado.

Palavras-chave: antocianinas, atomização, bixina, microencapsulação, pigmentos

ABSTRACT

Nowadays, there is a world increase in the consumer's preference for food that contains natural ingredients. As it comes to pigments, there is still a difficulty in the utilization of natural pigments on the food industry, because these have less stability than the synthetic ones. With the objective of increasing the stability and the utilization of natural pigments as food ingredients, they were submitted to microencapsulation by atomization. The utilized pigments were bixin, a liposoluble pigment from urucum (*Bixa orellana* L.) and anthocyanins, water soluble pigments from açai (*Euterpe oleracea* Mart.), combined with encapsulating agents (arabic gum, cashew tree gum and maltodextrin), in different formulations. Moisture, solubility and crystallinity tests were executed, as well as scanning electronic microscopy, in order to observe the microcapsules morphology. The microencapsulated natural pigments were studied by calorimetry in different presentations, that is, they were dissolved in a pH 4,0 buffer-solution and as powders. In the referred buffer-solution, a pure anthocyanin extract was used as a control. Then, the stability of the described formulations were evaluated through time, at room temperature of $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, with and without light exposure. The microencapsulated natural pigments degeneration occurred faster under light. The cashew tree gum proved to be a good encapsulating agent and, since it is an abundant natural resource in Ceará, it can be utilized to replace arabic gum, whose importation cost is high.

Keywords: anthocyanins, atomization, bixin, microencapsulation, pigments

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Pigmento natural do urucum	15
2.2 Pigmento natural do açaí	18
2.3 Técnica de microencapsulação	22
2.3.1 Métodos de microencapsulação.....	23
2.3.1.1 <i>Spray Drying</i>	24
2.3.2 Propriedades das microcápsulas.....	26
2.3.3 Benefícios dos corantes naturais microencapsulados.....	28
2.4 Agentes encapsulantes	29
2.4.1 Goma arábica.....	30
2.4.2 Maltodextrina.....	31
2.4.3 Goma do cajueiro.....	31
2.5 Importância das cores	33
3 MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 Material	35
3.2 Métodos	35
3.2.1 Purificação da goma do cajueiro.....	35
3.2.2 Obtenção do extrato antociânico de açaí.....	36
3.2.3 Quantificação de antocianinas do extrato corante.....	36
3.2.4 Quantificação de bixina do extrato corante.....	37
3.2.5 Formulações empregadas.....	37
3.2.6 Fluxograma de processamento.....	39
3.2.7 Preparo da dispersão.....	39
3.2.8 Caracterização físico-química da dispersão.....	40
3.2.8.1 Determinação do pH.....	40
3.2.8.2 Análise da cor.....	40

3.2.9 Atomização.....	40
3.2.9.1 Rendimento.....	40
3.2.10 Caracterização do produto microencapsulado.....	41
3.2.10.1 Umidade.....	41
3.2.10.2 Solubilidade.....	41
3.2.10.3 Difração de raios-x (RX)	41
3.2.10.4 Análise morfológica das microcápsulas.....	42
3.2.11 Teste de estabilidade.....	42
3.2.11.1 Estabilidade dos pós microencapsulados em solução-tampão.....	42
3.2.11.2 Estabilidade dos pós microencapsulados.....	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1 Dados da matéria-prima.....	45
4.1.1 Quantificação de antocianinas do extrato corante.....	45
4.1.2 Quantificação de bixina do extrato corante.....	45
4.1.3 Testes preliminares.....	45
4.1.4 Caracterização físico-química das dispersões.....	46
4.2 Dados da atomização.....	47
4.2.1 Rendimento.....	47
4.3 Dados do produto.....	48
4.3.1 Umidade.....	48
4.3.2 Solubilidade.....	48
4.3.3 Difração de RX	49
4.3.4 Análise morfológica das microcápsulas.....	50
4.3.5 Teste de estabilidade.....	54
4.3.5.1 Estabilidade dos pigmentos atomizados em solução-tampão.....	54
4.3.5.1.1 Estabilidade no escuro.....	54
4.3.5.1.2 Estabilidade na luz.....	61
4.3.5.2 Estabilidade dos pós microencapsulados.....	67
4.3.5.2.1 Estabilidade no escuro.....	67
4.3.5.2.2 Estabilidade na luz.....	73
5 CONCLUSÕES.....	79
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

1 INTRODUÇÃO

Ao final do século XIX, o desenvolvimento da indústria de alimentos levou à produção de inúmeros corantes sintéticos, os quais chegaram a totalizar o número de 700. Prevaleram razões de ordem estética em detrimento da qualidade do produto. Seguiu-se então, a formulação de leis para uso desses corantes, com o objetivo de proteger a saúde do consumidor (MORITZ, 2005).

Nos últimos vinte anos, a preocupação dos consumidores com a qualidade dos alimentos vem aumentando, e assim, estabeleceu-se uma tendência cada vez maior de preferência por produtos naturais. Enquanto os pigmentos sintéticos estão sendo reduzidos, o mercado de pigmentos naturais está em expansão.

O mercado mundial de alimentos exige variedade, e muitos consumidores estão sempre ávidos por experimentar novidades em bebidas, sorvetes, preparados de frutas, confeitos e outros produtos alimentícios. Tais expectativas levam naturalmente a um forte foco em inovação e desenvolvimento de produto. Ao mesmo tempo, uniformidade e alta qualidade são de extrema importância, onde a cor é um elemento vital na percepção do consumidor de alimentos. Os corantes naturais são extraídos de plantas, frutas e sementes, e cobrem todo o espectro de cores, desde amarelos e alaranjados, passando pelos tons de rosa, vermelho e púrpuro, até os verdes, azuis, marrons e pretos (CHR. HANSEN, 2006).

Comercialmente, os tipos de corantes mais largamente empregados pelas indústrias alimentícias têm sido os extratos de urucum, carmim de cochonilha, curcumina, antocianinas e betalaínas (CONSTANT; STRINGHETA; SANDI, 2002).

A técnica de microencapsulação pode ajudar a resolver alguns dos problemas funcionais associados com os corantes naturais, pois oferece solubilidade melhorada e produtos estáveis à oxidação. É uma técnica em que gotas de um líquido, partículas ou borbulhas de gás são envolvidas em uma película contínua de um polímero - o material de parede (PRENTICE-HERNÁNDEZ; RUSIG, 1999).

A microencapsulação dos corantes em pó surge como uma tecnologia capaz de solucionar problemas relacionados à armazenagem e já vem sendo usada por algumas empresas (CONSTANT, 1999).

Este trabalho visou aplicar a técnica de microencapsulação por atomização em *spray drying* nos corantes bixina (urucum) e antocianinas (açai), para estudar o efeito da atomização/microencapsulação em pigmentos naturais lipossolúvel e hidrossolúvel, respectivamente. Além disso, buscou-se comparar a ação da goma do cajueiro com a goma arábica, como encapsulante. As respostas foram conseguidas pela determinação da estabilidade dos produtos obtidos, caracterização da estrutura dos pigmentos atomizados/microencapsulados e correlação dos resultados da caracterização dos pigmentos com a sua estabilidade. Existem poucos relatos na literatura da estabilidade de pigmentos naturais durante o armazenamento por colorimetria. É mais comum estudos da estabilidade vinculados ao acompanhamento da concentração do pigmento por espectrofotometria, que não foi adotado neste trabalho, por se tratar de formulações que ao serem dissolvidas apresentavam sólidos em suspensão, não permitindo, portanto, a determinação direta da absorbância.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Pigmento natural do urucum

O urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) é uma planta originária das Américas Central e do Sul, podendo alcançar de 2 a 9 m de altura (LYNG; PASSOS; FONTANA, 2004).

Ornamental pela beleza e colorido de suas flores e utilíssima como fornecedora de sementes condimentares, estomáticas, laxativas, o urucuzeiro tem como fruto, o urucum. Este possui ações cardiotônica, hipotensora, expectorante, antibiótica e antiinflamatória, de onde se extrai também o óleo industrial. A infusão das folhas da planta tem ação contra bronquite, faringite e inflamação dos olhos. A polpa que envolve a semente é reputada como refrigerante e febrífuga, obtendo-se valiosas matérias tintoriais amarela (orelina) e vermelha (bixina), esta última, constituindo um princípio cristalizável (CORRÊA, 1978).

Muitos aborígenes serviam-se do corante, naturalmente obtido em mistura, para colorir os objetos de cerâmica e outros vasos de uso doméstico. A maioria dos índios coloria a sua pele para embelezar-se durante os rituais religiosos e, principalmente, por uma necessidade de proteger-se dos raios ultravioletas do sol e das picadas dos pernilongos que infestavam as matas (CÂNNOVA, 2000).

Estudos de análise nutricional das sementes do urucum revelaram elevado teor de fibras totais e fósforo, baixo teor de cálcio e elevada quantidade de proteína (OLIVEIRA, 2005).

Diversas são as aplicações do corante de urucum, como na indústria de condimentos (colorau), indústria de laticínios (queijos, margarinas e manteigas); indústrias de biscoitos, salgadinhos, sorvetes e picolés; indústria têxtil (tingimento de tecidos); indústria de tintas e vernizes; indústria de bebidas (refrigerantes e bebidas alcoólicas); indústria de embutidos (salsichas, salames); indústria de rações para aves

em postura; indústria cosmética (pós faciais, batons, esmaltes, cremes bronzeadores); indústria farmacêutica como antidiarréico, antifebril, cicatrizante em queimaduras, etc (ALVES, 2005).

Os pigmentos do urucum, pertencentes à classe dos carotenóides, são extraídos da camada externa das sementes da espécie *Bixa orellana*, L., consistindo principalmente de cis-bixina, também denominado alfa-bixina (monometiléster do diácido carboxílico alfa-norbixina), pigmento que ocorre em maior concentração e que representa cerca de 80% da bixina presente. Além do isômero cis, também está presente a forma trans, que é mais estável. A trans-isomerização acontece principalmente quando o pigmento é submetido a processo de aquecimento. Quando submetida à hidrólise em meio alcalino, a bixina perde uma molécula de metanol, produzindo a norbixina (OLIVEIRA, 2005). Da bixina são obtidos os demais pigmentos do urucum (FIGURA 1), como a norbixina (lipossolúvel), o sal da norbixina (hidrossolúvel) e os produtos de degradação térmica, que têm como características a lipossolubilidade e uma coloração amarela mais estável. O corante hidrossolúvel do urucum é o sal da norbixina, que pode ser convertido a norbixina pela precipitação ácida e, nesta forma, não é solúvel em água. Os três pigmentos do urucum são instáveis à luz e a temperaturas altas (SCOTTER, 1995; CONSTANT, 1999).

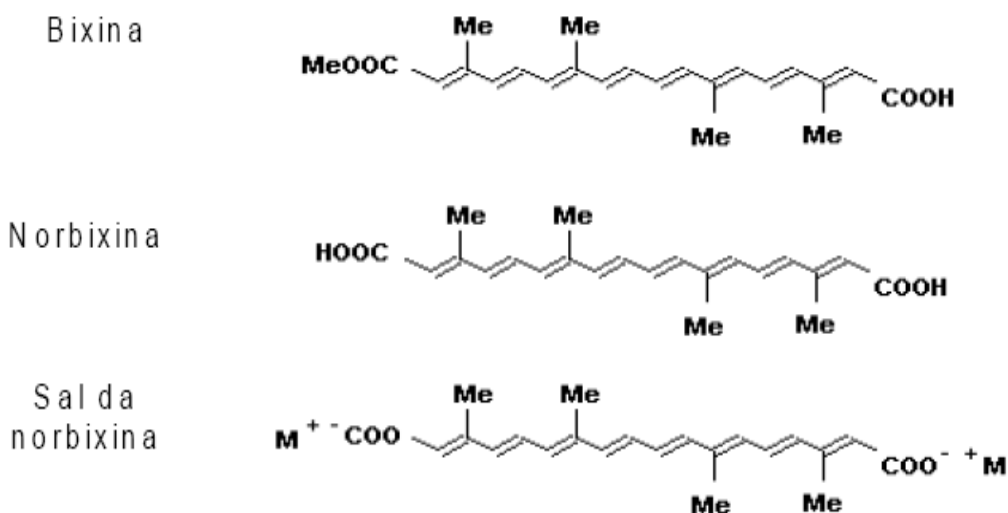


FIGURA 1 – Principais pigmentos do urucum (Fonte: CONSTANT; STRINGHETA; SANDI, 2002)

Normalmente, três métodos principais podem ser usados para extrair os pigmentos das sementes do urucum: extração com óleo refinado, extração com solução alcalina e extração com solventes orgânicos. No primeiro caso, o pigmento é obtido por abrasão do pericarpo submerso em óleo vegetal aquecido a 70°C. Quando extraído com solventes orgânicos, como acetona e metanol, pode-se obter um produto com concentrações mais elevadas de pigmento com um teor de 3,5 a 5,2% de bixina. Nesse caso, após a extração, o solvente é removido e o pigmento na forma de pó, ressuspenso em óleo. A forma solúvel em água é produzida pela abrasão do pericarpo em solução alcalina a 70°C (saponificação) e o produto resultante é o sal da norbixina (cis e trans), de coloração alaranjada (ARAÚJO, 1995).

A coloração vermelha da semente do urucum está diretamente relacionada ao percentual de bixina. Quanto maior a concentração de norbixina, maior a tendência para o amarelo. Tanto as sementes, quanto os extratos processados são comercializados com base no teor de bixina ou norbixina. Embora o mecanismo de biossíntese da bixina ainda não tenha sido elucidado é sustentado que o licopeno seja o seu precursor. Com base na estrutura similar entre a bixina e a crocetina, pigmento do açafrão, a reação poderia envolver a metil transferase e a dehidrogenase em uma série de reações precedidas sequencialmente pelo licopeno. A suposta rota é sustentada pela análise de derivados de decomposição do licopeno que se encontram acumulados em traços na semente do urucum (OLIVEIRA, 2005).

Muitos estudiosos procuram alternativas para amenizar as modificações sofridas pelos corantes naturais ao longo do tempo e a técnica de microencapsulação desses pigmentos é uma opção para melhora de sua estabilidade, favorecendo o seu uso como ingrediente alimentício. Foi assim que Prentice-Hernández e Rusig (1999), verificaram que a bixina extraída do urucum e presente em extrato microencapsulado apresentou maior estabilidade à luz (taxa de degradação de 0,0495% ao dia) que a bixina presente em extrato purificado (taxa de degradação de 0,1072% ao dia). Para medir a estabilidade à luz dos extratos obtidos, foi utilizada uma formulação para o preparo de refresco comercial de tipo tangerina em pó, dissolvida em água, comparando o

comportamento de dois tipos de refresco: um, preparado diretamente com o extrato-base de bixina, e o outro, utilizando o extrato microencapsulado hidromiscível de bixina.

Recentes estudos científicos têm comprovado o efeito hipocolesterolêmico e hipotrigliceridêmico da bixina, como aquele executado por Rodrigues *et al.*, (2007), em que se avaliou o efeito do flavonóide naringerina e do carotenóide bixina sobre o metabolismo lipídico de coelhos, por 31 dias. A hipercolesterolemia foi induzida com 0,5% de colesterol e as substâncias testadas naringerina e bixina, fornecidas nas doses de 30 e 125 mg/kg de peso, respectivamente. Os coelhos foram divididos em quatro grupos, a saber: grupo 1 → controle, dieta com ração; grupo 2 → dieta com ração + colesterol; grupo 3 → dieta com ração + colesterol + naringerina; grupo 4 → dieta com ração + colesterol + bixina. A redução de colesterol total foi maior no grupo que fez uso da bixina, a diminuição dos triglicérides foi boa nos grupos das duas substâncias testadas e o aumento de HDL foi maior no grupo que fez uso da naringerina.

2.2 Pigmento natural do açaí

O açaizeiro (*Euterpe oleracea*, Mart.) é uma palmeira característica das várzeas e margens dos rios amazônicos. O açaí, seu fruto, é muito pequeno, arredondado e muito roxo, quase preto. Tem um caroço grande, e muito pouca polpa (ROGEZ, 2000).

Segundo Rogez (2000), em 1948, Chaves e Pechnick caracterizaram o corante típico do açaí como pertencente ao grupo das antocianinas e em 1992, Iaderoza e colaboradores extraíram os pigmentos dos frutos do açaizeiro, com concentração de 33,6 mg/100g. Gallori *et al.* (2004) estudaram os pigmentos por cromatografia sobre camada fina, que permitiu a identificação de duas antocianinas principais: cianidina-3-glicosídeo e cianidina-3-rubinosídeo.

As antocianinas, uma classe de pigmentos pertencente ao grupo dos compostos orgânicos denominados flavonóides representam, juntamente com os carotenóides, a maior classe de substâncias coloridas do reino vegetal. São utilizadas

como corantes naturais em alimentos sólidos, bebidas, papéis, tecidos. Devido a inúmeras pesquisas sobre o efeito positivo desses pigmentos à saúde (KUSKOSKI *et al.*, 2004; POMPEU *et al.*, 2004; TALCOTT, 2006; TERAPÊUTICA FARMÁCIA DE MANIPULAÇÃO, 2007) o setor farmacêutico vem aumentando a venda de produtos à base de antocianinas, principalmente das derivadas do açaí.

Devido ao seu efeito antioxidante, as antocianinas do açaí doam hidrogênio aos radicais livres altamente reativos, prevenido a formação de novos radicais. Dessa forma, facilitam a circulação do sangue e protegem o organismo contra o acúmulo de placas de depósitos de lipídeos, que podem levar à aterosclerose. As antocianinas também possuem a capacidade de adiar as perdas de memória ou de coordenação motora, diminuindo assim, os efeitos do mal de Alzheimer. Esses pigmentos são capazes de bloquear uma enzima ligada ao desenvolvimento de células cancerígenas (ROGEZ, 2000; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O açaí apresenta a seguinte composição nutricional por cada 100g da polpa do fruto: valor calórico → 247,00 kcal; umidade → 45,90g; cinzas → 1,50g; proteínas → 3,80g; lipídeos → 12,20g; carboidratos → 36,60g; fibras → 16,90g; cálcio → 118,00mg; fósforo → 58,00mg; ferro → 11,80mg; tiamina → 0,36mg; riboflavina → 0,01mg; niacina → 0,40mg; vitamina C → 9,00mg (ENDEF, 1996).

Antocianinas são derivados do cátion flavilium (FIGURA 2). Um cátion flavilium devidamente adicionado dos grupos fixados sobre os ciclos aromáticos, principalmente grupos hidroxilas, é chamado antocianidina ou aglicona. As antocianinas podem estar esterificadas com um ou mais açúcares como a glicose, a arabinose, a galactose, a xilose e a ramnose. O primeiro açúcar está sempre na posição 3 e os outros podem ocupar diferentes posições ou ligar-se ao primeiro. Em muitos casos os resíduos de açúcar são acilados pelos ácidos p-cumárico, cafeico, ferrúlico, malônico, p-hidroxibenzóico, oxálico, málico, succínico ou acético (ROGEZ, 2000; CONSTANT; STRINGHETA; SANDI, 2002).

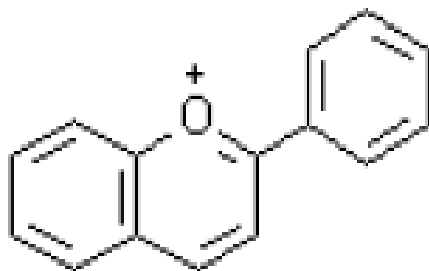


FIGURA 2 – Cátion flavilium (Fonte: CONSTANT; STRINGHETA; SANDI, 2002)

Dentre as antocianidinas que ocorrem como agliconas nas antocianinas naturais (FIGURA 3), as mais comuns são pelargonidina, cianidina, delphinidina, peonidina, malvidina e petunidina (CASTILLO, 2003; GRADINARU *et al.*, 2003).

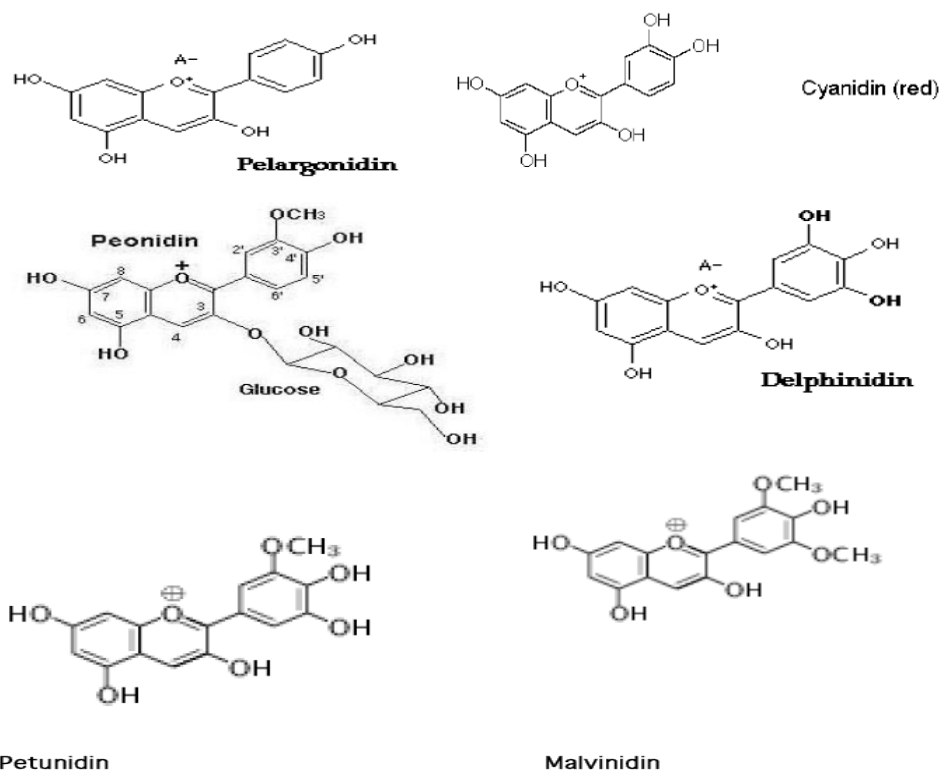


FIGURA 3 - Antocianidinas mais comuns (Fonte: CASTILLO, 2003)

As antocianinas são corantes solúveis em água e em mistura de água e álcool, porém, insolúveis em óleos e gorduras (STRINGHETA, 1991). A propriedade das antocianinas apresentarem cores diferentes, dependendo do pH do meio em que elas se encontram, faz com que estes pigmentos possam ser utilizados como indicadores naturais de pH (TERCI; ROSSI, 2002). As mudanças estruturais que ocorrem com a variação do

pH (FIGURA 4) e são responsáveis pelo aparecimento das espécies com colorações diferentes, incluindo o amarelo em meio fortemente alcalino, podem ser explicadas pelo esquema das principais transformações.

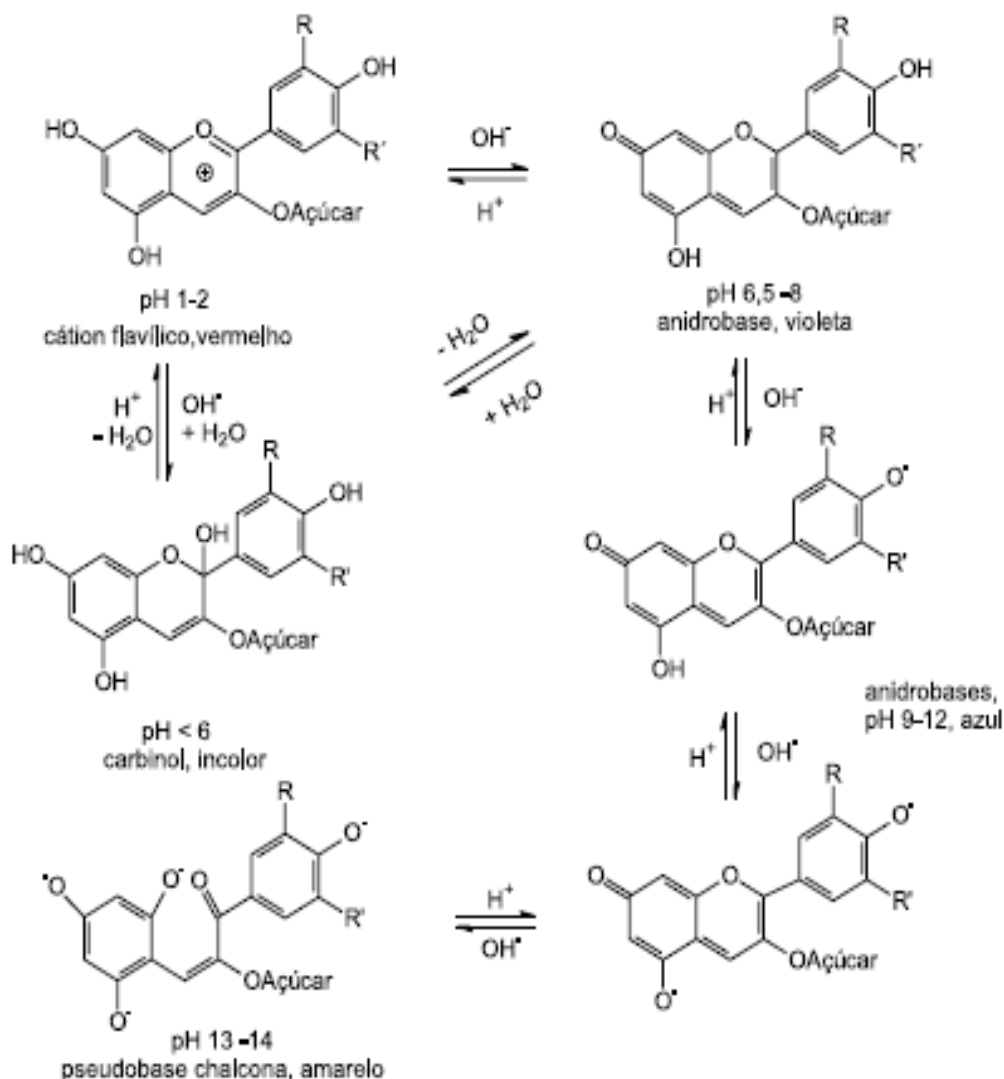


FIGURA 4 - Possíveis mudanças estruturais das antocianinas em meio aquoso em função do pH (Fonte: TERCI; ROSSI, 2002)

Soluções de antocianinas apresentam uma coloração vermelha mais intensa em pH abaixo de 3,0. À medida que se aumenta o pH para 4,0 - 5,0, a cor vermelha tende a desaparecer. Aumentos adicionais de pH levam as antocianinas a apresentar uma coloração azulada. A cor apresentada pela solução está relacionada com as estruturas

químicas assumidas pelas antocianinas em distintos pH. Em valores abaixo de 3,0, a estrutura de cátion flavilium prevalece, mas se o pH aumentar, o cátion perde um próton e ganha uma molécula de água para formar uma pseudobase incolor chamada carbinol. Se o pH ultrapassar o valor de 4,3, o cátion flavilium perde um primeiro próton e toma principalmente a forma de uma base quinoidal de cor púrpura clara, que perde um segundo próton para formar uma base ionizada de cor azul escuro (ROGEZ, 2000).

2.3 Técnica de microencapsulação

O papel de cópia sem carbono, lançado em 1954 pela *National Cash Register* nos EUA, foi o primeiro registro da técnica de microencapsulação, que revolucionou a indústria de formulários. Poucos são os usuários que conhecem o princípio de sua funcionalidade, ou seja, o verso da primeira via do formulário é revestido por camada de microcápsulas de tinta, contendo solução de 2% a 6% de um pigmento adequado, disperso em partículas com diâmetro desde 1 até 10 micrômetros, invisíveis a olho nu. Ao serem pressionadas com a ponta do lápis, tais microcápsulas arrebentam, liberando o pigmento, que por contato direto com o revestimento ácido aplicado na superfície frontal da segunda via, muda de cor em função do pH, e propicia a obtenção da cópia (RÉ, 2000; SOUZA, 2000).

Microencapsulação é um processo em que um filme ou camada polimérica envolve sólidos, líquidos ou gases, isolando-os e protegendo-os das condições ambientais como luz, ar e umidade (MATIOLI; RODRIGUEZ-AMAYA, 2002, 2003; SHU *et al.*, 2005).

A microencapsulação encontra inúmeras utilidades, como na indústria farmacêutica, mascarando sabor e/ou odor desagradáveis ou evitando a agressão da mucosa estomacal ao permitir que o princípio ativo de certos fármacos sejam liberados apenas em pH alcalino, ou seja, no intestino, por utilizar um material de membrana resistente ao meio ácido do estômago. Sua aplicação envolve também os setores cosmético, de pesticida, da propaganda, de materiais odontológicos e principalmente, da indústria de alimentos, que usa microcápsulas de aromas,

extratos de condimentos e outros. Esses aditivos são encapsulados para ter vida útil aumentada, reduzindo a volatilidade e a degradação oxidativa. Vantagens adicionais incluem a facilidade de incorporação em misturas em pó e consistência melhorada (SOUZA, 2000).

Ingredientes nutricionais, como vitaminas, ácidos graxos poliinsaturados, minerais e antioxidantes podem ser microencapsulados, aumentando assim, o valor nutricional e a vida de prateleira de muitos produtos alimentícios (SCHROOYEN; VAN DER MEER; DE KRUIF, 2001; CLARK, 2002; LOKSUWAN, 2006).

Em relação aos minerais, a absorção de ferro dos alimentos se torna dificultada por certos componentes, como fitatos, presentes na película externa de grãos de cereais, e taninos, responsáveis pela adstringência de frutos e chás. Dessa maneira, uma dieta vegetariana pode ocasionar anemia, problema de saúde pública no nosso país. Hoje, alimentos como leites podem ser enriquecidos com ferro microencapsulado na forma de sulfato ferroso, substância de baixo custo e de elevada biodisponibilidade. O leite de soja, pobre em cálcio, já recebeu adição de trifosfato e citrato de cálcio, que causavam coagulação e precipitação das proteínas da soja. Porém, a microencapsulação do cálcio na forma de lactato de cálcio resolveu esse problema, enriquecendo o leite de soja nesse mineral (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 1998; SCHROOYEN; VAN DER MEER; DE KRUIF, 2001).

2.3.1 Métodos de microencapsulação

Segundo Souza (2000), os processos de microencapsulação seguem a seguinte classificação:

- processos químicos: coacervação; incompatibilidade polímero-polímero; polimerização interfacial em interfaces líquido-líquido, polimerização *in situ*; evaporação de solvente; extrusão com bocal submerso.

- processos mecânicos: *spray drying*; *spray cooling*; *spray chilling*; leiteo fluidizado; polimerização interfacial em interfaces sólido-gás ou líquido-gás;

extrusão com centrifugação; extrusão ou gotejamento em um banho de dessolvatação; separação por suspensão rotacional (*spinning disk*).

Os dois principais métodos de microencapsulação são *spray drying* e coacervação, onde os demais aparecem como variações desses.

2.3.1.1 *Spray Drying*

A secagem por atomização, pulverização ou *spray drying* é um dos métodos mais empregados para a microencapsulação, devido à grande disponibilidade de equipamentos, baixo custo do processo, possibilidade de emprego de uma ampla variedade de agentes encapsulantes, boa retenção dos compostos voláteis e estabilidade do produto final (SANTOS; FÁVARO-TRINDADE; GROSSO, 2005; ERSUS; YURDAGEL, 2007).

Na indústria de alimentos, a secagem por atomização é utilizada para proteger flavorizantes, vitaminas, corantes e outros ingredientes sensíveis. A técnica de atomização converte materiais líquidos na forma sólida ou em pó, mais prática; ao trabalhar com material corante, ela o protege, aumentando sua vida-de-prateleira (PRENTICE-HERNÁNDEZ; RUSIG, 1999).

O processo de *spray drying* consiste basicamente na atomização do líquido num compartimento que recebe fluxo de ar quente. A rápida evaporação da água, que ocorre na câmara de secagem, quando o ar quente (180° - 230°C) entra em contato com a partícula úmida, permite manter baixa a temperatura das partículas, de maneira que a alta temperatura do ar de secagem não afete demasiadamente o produto. Ocorre deposição do pó na parte inferior do atomizador (FIGURA 5), onde o ar de secagem sai a uma temperatura de 60° a 100°C, passando por ciclones para recuperar partículas finas (GAVA, 2002).



FIGURA 5 - *Spray Drier* (Fonte: Plasma Laboratory, 2007)

A principal dificuldade ao se planejar um processo de microencapsulação é a seleção do material de parede, limitada a polímeros naturais como gomas vegetais, dextrinas, proteínas, açúcares e outros. O material de alimentação caracteriza-se por uma emulsão, cuja fase dispersa é o material a ser encapsulado e a fase contínua é a solução do material de parede: ocorre evaporação da água e o polímero forma uma matriz seca, onde o material corante fica embebido (GOUIN, 2004).

Comumente, na formulação da emulsão, a quantidade de sólidos fica numa proporção de 30% (HEINZELMANN; FRANKE, 1999). Durante a formação da emulsão, o material a ser encapsulado é homogeneizado com o agente encapsulante, geralmente numa proporção de 1:4 (GIBBS *et al.*, 1999).

A encapsulação conduzida em *spray drying* envolve três etapas: a preparação da dispersão ou emulsão, cujo material que se deseja encapsular deve ser imiscível na solução encapsulante; a homogeneização da dispersão e finalmente, a atomização da massa dentro da câmara de secagem do aparelho, com

formação de partículas secas de formato esférico, em que a matriz oleosa fica encerrada na fração hidrossolúvel (CEREDA; VILPOUX, 2003).

2.3.2 Propriedades das microcápsulas

A encapsulação pode ser classificada de acordo com o tamanho da cápsula obtida, como um processo macro ($> 5.000\mu\text{m}$), micro ($0,2 - 5.000\mu\text{m}$) e nano ($< 0,2\mu\text{m}$). Quanto à estrutura física, as micropartículas podem ser classificadas como microcápsulas ou microesferas. As microcápsulas consistem em micropartículas onde o núcleo está envolvido por uma camada ou filme polimérico formando um sistema do tipo reservatório. O material microencapsulado é chamado de núcleo ou fase interna, enquanto a fase externa é chamada de parede, revestimento ou membrana. As microesferas diferem das microcápsulas pelo fato de constituírem um sistema matricial, no qual o polímero forma uma rede tridimensional onde o material a ser microencapsulado pode estar adsorvido, incorporado ou ligado covalentemente à matriz polimérica, formando sistema de dissolução, dispersão ou sistema poroso. O material polimérico é selecionado de acordo com as propriedades físico-químicas do composto a ser microencapsulado, processo de produção, aplicação e via de administração (BARROS; STRINGHETA, 2006).

O material do núcleo compreende geralmente, cerca de 80% a 85% das cápsulas. A substância encapsulada pode ser liberada pela biodegradação, difusão ou por ação mecânica, isto é, por rompimento da parede por meio de pressão ou por variações físico-químicas de temperatura ou pH no meio em que as cápsulas se encontram, atuando sobre a membrana (SOUZA, 2000; SANTOS; FERREIRA; GROSSO, 2005).

A difusão do material encapsulado através do material de parede é regida por um gradiente de concentração e de forças atrativas intermoleculares, controlada pela solubilidade do componente encapsulado na matriz e pela sua permeabilidade através da matriz. Outro fator que influencia a difusão de um soluto é o grau de entumescimento da cápsula, que pode ser causado pela adsorção de água ou outro solvente, provocando o

aumento dos poros e dos espaços livres. Quatro modelos teóricos de curva de liberação podem ser definidos, onde o primeiro considera a existência de um mecanismo de disparo, que inicia a liberação. Outros fatores podem ser responsáveis por esse disparo, tais como calor, luz, pH e degradações químicas da cápsula. O segundo mecanismo assume que a parede da cápsula atua como um reservatório, supondo-se que a taxa de liberação seja constante. O terceiro modelo pressupõe a migração através da parede, mas considera um efeito adicional de liberação ocasionado por pequenos rompimentos na estrutura da cápsula. O quarto modelo considera a parede como uma membrana semipermeável e seletiva a diferentes pesos moleculares (SANTOS; FERREIRA; GROSSO, 2005).

As microcápsulas trazem muitos benefícios à indústria em geral, com várias utilidades, como as descritas abaixo (SOUZA, 2000; SHEFER; SHEFER, 2003):

- Aumento do tempo de vida útil de um composto volátil, pois a membrana impede a sua evaporação;
- Proteção dos efeitos da radiação ultravioleta, umidade, contato com oxigênio, temperatura;
- Controle de reações químicas entre duas espécies ativas, que podem ser evitadas pela separação física oferecida pela membrana;
- Aumento ou diminuição da densidade de um produto, pela inclusão de ar na cápsula, ou seja, um sólido denso pode ser convertido por esse processo em um produto capaz de flutuar na água;
- Redução da aglomeração em pós muito finos;
- Modificação da cor, forma, volume ou fotossensibilidade da substância encapsulada;
- Liberação lenta dos agentes ativos, à medida que a cápsula se dissolve.

As principais propriedades das microcápsulas que devem ser consideradas em sua caracterização e as técnicas utilizadas para esse propósito são: estrutura geral, externa e interna (microscopia ótica e eletrônica); estrutura fina (raios-x e

análise térmica); tamanho e distribuição das partículas (microscopia eletrônica e analisador de tamanho das partículas); composição da casca e recheio (análises térmica e química, cromatografia e espectroscopia); comportamento de liberação (mudanças de peso, cromatografia e espectroscopia); propriedades físicas (compressão estática, resistência ao cisalhamento, mobilidade eletroforética); comportamento de liberação *in vitro* e estabilidade (SANTOS, FERREIRA; GROSSO, 2000).

A estrutura interna de uma microcápsula pode ser classificada de várias formas, sendo a principal diferença a forma cristalina ou amorfa da mesma. Enquanto os cristais se caracterizam pela repetição espacial, tridimensional dos átomos ou moléculas que os constituem, as formas amorfas apresentam átomos ou moléculas distribuídas aleatoriamente tal como num líquido. As formas amorfas normalmente possuem solubilidade e velocidade de dissolução superior que das formas cristalinas (NETZ; ORTEGA, 2002).

2.3.3 Benefícios dos corantes naturais microencapsulados

Alguns trabalhos já foram realizados empregando a microencapsulação de corantes naturais (STRINGHETA, 1991; CONSTANT, 1999; PRENTICE-HERNÁNDEZ; RUSIG, 1999; MATIOLI; RODRIGUEZ - AMAYA, 2003; LOPÉZ, 2004; BARROS; STRINGHETA, 2006; ERSUS; YURDAGEL, 2007), mas ainda há muito a se estudar, principalmente no que diz respeito à caracterização das microcápsulas obtidas.

Os corantes microencapsulados podem ser empregados em vários tipos de bebidas com dispersibilidade instantânea à temperatura ambiente. Resistem à pasteurização e possuem uma estabilidade à luz bem mais acentuada, quando comparados aos corantes sintéticos. Podem ser usados ainda em sobremesas, condimentos, misturas secas, etc. (CONSTANT, 1999).

O Quadro 1 apresenta as principais características e os respectivos benefícios dos corantes encapsulados.

CARACTERÍSTICAS	BENEFÍCIOS
Tonalidade de cor única e uniforme	Adiciona mais brilho e vida aos produtos alimentícios e reduz a variação de tonalidade na cor dos produtos alimentícios.
Dispersibilidade instantânea em água fria, criando soluções brilhantes em bebidas, por exemplo	Economiza tempo de produção, devido à rapidez da dissolução, não havendo necessidade de aquecimento.
Baixo nível de poeira/pó e sedimentação gravitacional	Fácil manuseio no ambiente da fábrica, resultando em menor exposição dos trabalhadores ao pó, favorecendo assim, as operações de limpeza.
Longa estabilidade do corante e longa estabilidade em pré-misturas em pó	Não há perda do poder de pigmentação ou mudança da tonalidade durante a armazenagem.
Mais vida e brilho durante a extrusão	Possibilita criar produtos encapsulados mais brilhantes e atrativos.

QUADRO 1 – Características e benefícios do microencapsulamento em corantes naturais (Fonte: CHR. HANSEN, 2006)

2.4 Agentes encapsulantes

O agente encapsulante funciona como um ingrediente do produto alimentício e como tal, confere também valor nutritivo, onde todas as suas características devem ser avaliadas antes do seu uso (CEREDA; VILPOUX, 2003).

Um bom encapsulante deve apresentar as seguintes propriedades:

- Baixa viscosidade em altas concentrações;
- Fácil manipulação;
- Solubilidade em solventes de grau alimentício;
- Baixa higroscopicidade;
- Viabilidade econômica;
- Capacidade de formar filmes;
- Biodegradabilidade;
- Poder de emulsificação.

Como é difícil um agente encapsulante possuir todas essas propriedades, na prática utiliza-se a mistura de dois ou mais agentes encapsulantes. Os mais usados são as gomas e os carboidratos (CONSTANT, 1999).

2.4.1 Goma arábica

Existem vários tipos de goma no mercado. A goma extraída da *Acacia senegal*, conhecida como goma arábica, é a mais conhecida e de maior utilização. Não é produzida no Brasil, somente em países africanos, principalmente no Sudão (CEINFO, 2007). As propriedades químicas e físico-químicas da goma arábica sofrem modificações, dependendo da idade da planta, origem, condições climáticas, tempo de exudação e tipo de armazenamento (MOTHÉ; RAO, 1999).

Um dos primeiros usos da goma arábica foi como espessante e ligante em aquarelas e em tintas utilizadas nas artes. Nas técnicas baseadas no seu uso, uma solução aquosa dos pigmentos a serem utilizados era espessada com a adição da goma pulverizada até atingir a consistência pretendida. Ao secar, a goma atuava como ligante, mantendo os pigmentos fixos no suporte e impedindo a oxidação e a consequente alteração da cor. Quimicamente, a goma arábica é um polissacarídeo com quantidades variáveis de D-galactose, L-arabinose, L-ramnose e alguns ácidos derivados, como o ácido D-glucurônico e o 4-O-metil-D-ácido glucurônico e múltiplas glicoproteínas. Sendo uma mistura complexa de polissacarídeos e de glicoproteínas, a goma arábica não tem uma composição constante, variando segundo os lotes e as origens, o que dificulta o seu uso em situações em que se pretenda uma absoluta homogeneidade ou se pretenda obter sempre as mesmas características físico-químicas (GOMA-ARÁBICA, 2007).

Tradicionalmente, a goma arábica tem sido utilizada em microencapsulação porque apresenta baixa viscosidade em solução aquosa, favorece a estabilidade das emulsões, promove boa retenção de compostos voláteis (acima de 85%) e confere proteção efetiva contra a oxidação (ABURTO; TAVARES; MARTUCCI, 1998).

2.4.2 Maltodextrina

A FDA (*Food and Drug Administration*) define a maltodextrina como um polímero sacarídico nutritivo, não doce, que consiste em unidades de D-glicose unidas principalmente por enlaces de α (1-4) e que tem um equivalente de dextrose (ED) menor que 20. As maltodextrinas são classificadas pelo seu ED, que se relaciona com o grau de polimerização (GP) da molécula do amido, de acordo com $ED = 100/GP$. O GP corresponde ao número de unidades monoméricas ou monossacarídeas. Como a maltodextrina consiste de uma mistura de polímeros de vários tamanhos (glicose, maltose, oligossacarídeos e polissacarídeos), o ED é um valor médio (LOPÉZ, 2004).

A maltodextrina é usada porque, além do baixo custo, apresenta baixa higroscopicidade, evitando a aglomeração das partículas; tem efeito antioxidante e mostra retenção de voláteis na faixa de 65 a 80% (ABURTO; TAVARES; MARTUCCI, 1998). No entanto, possui baixo poder emulsificante, segundo Gibbs *et al.* (1999).

2.4.3 Goma do cajueiro

O cajueiro (*Anacardium occidentale*, L.) é encontrado no mundo tropical e sua exploração econômica restringe-se, principalmente, à Índia, Brasil, Moçambique, Quênia e Tanzânia. No Brasil, a cultura do cajueiro ocupa uma vasta área de plantação, praticamente toda no Nordeste, onde os Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte respondem por 95% da produção nordestina. Esses Estados somam 99% da produção brasileira de castanha. A cultura do cajueiro gera divisas não só pela comercialização da castanha, mas também pelo líquido da casca da castanha, e por outros produtos que podem ser mais bem explorados, como a goma do cajueiro e o pedúnculo, do qual se aproveita aproximadamente, 5% da sua produção (LIMA, A. C. *et al.*, 2001).

A goma do cajueiro, de coloração amarelada e solúvel em água possui estrutura química semelhante à goma arábica, sendo usada como cola líquida para papel; na indústria farmacêutica, como aglutinante de cápsulas e comprimidos; na indústria de

cosméticos; na indústria de alimentos, como estabilizante de sucos, cerveja e sorvetes, bem como clarificante de sucos, como na fabricação da cajuína. Além de se mostrar como poderosa cola de madeira quando misturada à água, apresenta ação fungicida e inseticida, sendo por isso muito usada na encadernação de livros. Também já existem pesquisas para sua utilização na fabricação de tintas e vernizes. A extração da goma do cajueiro representa mais uma fonte de lucros para o produtor, além da castanha e do pedúnculo, bem como uma alternativa para o aproveitamento dos cajueiros improdutivos, em fase de declínio e senescência. A goma do cajueiro não só pode acabar com a importação da goma arábica, produto bastante oneroso para o Brasil, como também pode vir a ser um produto de exportação de grande importância (BARBOSA FILHO, 2007).

Ainda não existem estudos específicos sobre a biossíntese das gomas; no entanto, acredita-se que sua produção nas plantas seja resultante de um mecanismo de defesa de natureza física ao ataque de fungos e bactérias. Fatores naturais, tais como solos pobres em nutrientes e condições climáticas desfavoráveis, estimulam a produção de gomas. A formação da resina do cajueiro pode ser induzida, também, por incisão deliberada nas plantas, bem como por introdução no tronco de agentes químicos, como o óxido de etileno e derivados do ácido benzóico. Depois de retirada da planta, faz-se o isolamento da goma, ou seja, a separação do polissacarídeo das impurezas presentes no material bruto. A seguir, vem a etapa de purificação, que consiste na transformação dos grupamentos ácido do material isolado para a forma carboxilato, em geral sódio. As etapas de isolamento e purificação das gomas influenciam fortemente as suas características gerais, cujo controle é essencial para aplicação industrial (LIMA, R. S. N. *et al.*, 2001).

A goma do cajueiro é composta de β -D-galactose (72%), D-glicose (14%), arabinose (4,6%), ramnose (3,2%), ácido glucurônico (4,7%) e tem mais baixa viscosidade que a goma arábica (PAULA; GOMES; DE PAULA, 2002; SILVA *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2006).

A goma do cajueiro interage com a água, sendo bom emulsificante, adesivo e estabilizador de soluções, própria para substituir a goma arábica (MOTHÉ; RAO, 2000).

2.5 Importância das cores

As cores se relacionam com os diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético e são percebidas pelas pessoas em faixa específica (FIGURA 6), através dos órgãos de visão, como uma sensação que permite diferenciar os objetos do espaço com maior precisão. A cor de um material é determinada pelas médias de frequência dos pacotes de onda que as suas moléculas constituintes refletem. Um objeto terá determinada cor se não absorver justamente os raios correspondentes à frequência daquela cor. O equipamento utilizado para as medidas de cores se chama espectrofotômetro, onde por meio de um monocromador, uma luz branca irradia o corpo de prova e através de uma célula fotoelétrica, a luz refletida é medida por um galvanômetro. O efeito de algumas variáveis, como composição química, temperatura e atmosfera na modificação de cor de pigmentos pode ser analisado por meio de espectroscopia na região do UV-visível e por coordenadas colorimétricas CIELAB (CMDMC, 2007; COR, 2007; CORANTES E PIGMENTOS, 2007).

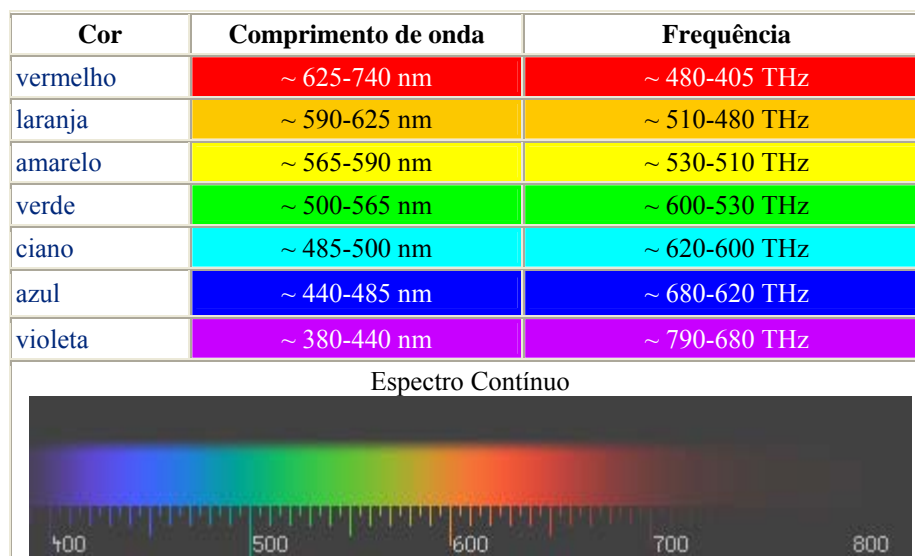


FIGURA 6 – Cores do espectro visível (Fonte: COR, 2007)

O espaço de cores $L^* a^* b^*$ (também conhecido como CIELAB) é atualmente um dos espaços mais populares para medição de cores, com ampla utilização em praticamente todos os campos de aplicação. Foi definido pela *Commission Internationale d'Eclairage* (CIE) em 1976. Nesse espaço de cores, o L^* indica

luminosidade, enquanto que o a^* e o b^* representam as coordenadas cromáticas. A Figura 7 mostra o diagrama de cromaticidade $a^* b^*$, onde o $+a^*$ indica a direção do vermelho; $-a^*$, a direção do verde; $+b^*$, a direção do amarelo e $-b^*$, a direção do azul, sendo o centro acromático (KONICA MINOLTA, 1998; CMDMC, 2007).

O espaço de cores $L^* c^* h^*$ utiliza o mesmo espaço de cores $L^* a^* b^*$, porém utiliza coordenadas cilíndricas ao invés de coordenadas retangulares. A coordenada L^* indica luminosidade e é a mesma do sistema $L^* a^* b^*$; c^* significa croma e h^* , ângulo de tonalidade. O valor de croma é 0° no centro e aumenta conforme a distância deste. O ângulo de tonalidade inicia-se no eixo $+a^*$, onde 0° seria $+a^*$ (vermelho), 90° seria $+b^*$ (amarelo), 180° seria $-a^*$ (verde) e 270° seria $-b^*$ (azul). Deve-se levar em consideração que a maneira como duas pessoas percebem a cor de certo objeto nem sempre é a mesma. Por isso, as indústrias utilizam instrumentos de análise de cor, com escalas conhecidas e aceitas universalmente, para quantificar e discutir a cor e as suas variações (KONICA MINOLTA, 1998).

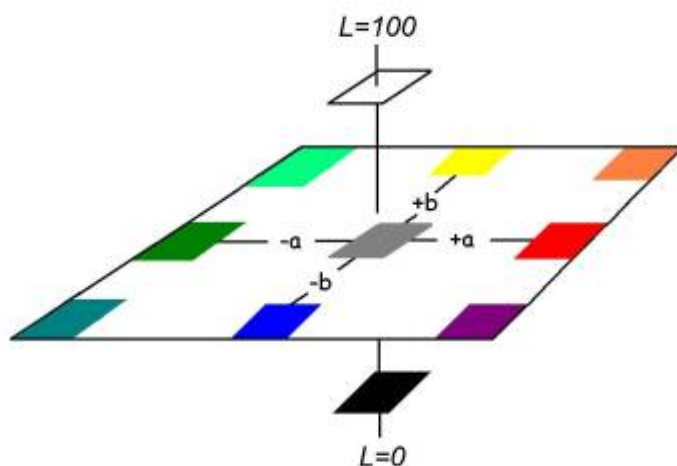


FIGURA 7 – Cores no sistema CIELAB (Fonte: CMDMC, 2007)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

As matérias-primas empregadas e abaixo designadas foram obtidas comercialmente, com exceção da goma do cajueiro, que foi purificada a partir de resina bruta coletada em cajueiros de Fortaleza (CE) e do extrato antociânico do açaí, obtido segundo metodologia proposta por CONSTANT (2003):

- a) Suspensão oleosa do urucum (CHR-Hansen);
- b) Extrato bruto concentrado de antocianinas do açaí;
- c) Goma arábica (VETEC), maltodextrina DE 20 (VETEC) e goma do cajueiro, como agentes encapsulantes.

3.2 Métodos

3.2.1 Purificação da goma do cajueiro

Depois da coleta da resina bruta de cajueiros de Fortaleza (CE), fez-se a purificação da goma do cajueiro, segundo método descrito por TORQUATO *et al.* (2004) e GALLÃO; FURTADO; BRITO (2005), passando por algumas modificações, como descrito abaixo:

- a) Triturou-se a resina em moinho de bolas;
- b) Diminuiu-se a granulidade da goma em almofariz;
- c) Peneirou-se a goma até obter pelo menos 60 g da amostra com 212 μm de tamanho;
- d) Pesou-se 50 g desta amostra em becker de 500 mL, completando com água destilada;
- e) Deixou-se sob agitação por 2h (sem aquecimento);
- f) Filtrou-se a vácuo com gaze e algodão;
- g) Transferiu-se o filtrado para becker de 2000 mL e adicionou-se o triplo de etanol;
- h) Deixou-se sob refrigeração de um dia para outro, até a formação de um

precipitado;

i) Retirou-se o excesso do álcool e centrifugou-se o precipitado por 5 min a 3600 rpm;

j) Transferiu-se a goma já purificada para placas de Petri até completar perfeita secagem;

l) Removeu-se a goma sem umidade para um almofariz, onde foi triturada e depois peneirada até obter grânulos inferiores a 212 μm .

3.2.2 Obtenção do extrato antociânico de açai

O extrato antociânico de açai foi obtido segundo metodologia proposta por CONSTANT (2003):

a) Macerou-se 1,5 kg de açai fresco em 2,4 L de etanol 70% acidificado com HCl a pH 2,0, durante 48h à temperatura ambiente ($31 \pm 1^\circ\text{C}$), ao abrigo da luz;

b) Filtrou-se o extrato concentrado em papel de filtro Whatman 1 sob pressão reduzida, à temperatura de $39 \pm 1^\circ\text{C}$, até se obter um volume final correspondente a 20% do volume original;

c) Submeteu-se o extrato concentrado à extração líquido-líquido com a mistura de solvente éter etílico:éter de petróleo (1:1) em um funil de separação para retirada do material lipídico extraído junto com as antocianinas;

d) Armazenou-se o extrato antociânico ao abrigo da luz a -18°C .

3.2.3 Quantificação de antocianinas do extrato corante

Através do método de pH diferencial, determinou-se a quantidade de antocianinas presentes no extrato antociânico, segundo FULEKI e FRANCIS (1968):

a) Preparou-se solução pH 1,0 a 0,2 N, resultante da mistura das soluções de KCl e HCl;

b) Preparou-se solução pH 4,5 a 1 N com acetato de sódio, HCl e água destilada;

c) Retirou-se 0,25 mL do extrato antociânico e diluiu-se 0,125 mL em 100 mL da solução pH 1,0 e os outros 0,125 mL em 50 mL da solução pH 4,5;

d) Depois de 2h, fez-se a leitura em espectrofotômetro a 510 nm, utilizando água destilada como branco;

e) Calculou-se o teor de antocianinas em pH 1,0 e pH 4,5, segundo as fórmulas:

$$(1) \text{TOD} = \text{OD} \times \text{DV} \times \text{VF}, \text{ onde:}$$

OD = leitura da absorbância;

DV = volume diluído;

VF = fator de correção do volume, usualmente 100 mL

$$(2) \Delta\text{OD} = \text{TOD}_{\text{pH } 1,0} - \text{TOD}_{\text{pH } 4,5}$$

$$(3) T = \Delta\text{OD} : 77,5$$

3.2.4 Quantificação de bixina do extrato corante

Seguindo o método de BARBOSA, BORSARELLI e MERCADANTE (2005), determinou-se a quantidade de bixina no extrato corante:

- a) Retirou-se 0,2 mL do extrato corante e transferiu-se para um balão volumétrico de 100 mL, completando-se o volume com diclorometano;
- b) Depois de 2h, fez-se a leitura em espectrofotômetro a 470 nm, utilizando diclorometano como branco;
- c) Calculou-se o teor de bixina pela fórmula $C = A : 282,6 \text{ mg/mL}$, onde A = leitura da absorbância

3.2.5 Formulações empregadas

Para cada um dos extratos corantes foram feitas as formulações abaixo (QUADRO 2), segundo metodologia modificada a partir da descrita por CONSTANT (1999). Cada formulação foi preparada com três repetições.

Designação	Concentração dos encapsulantes	Relação corante/encapsulante (p/p)	Extrato corante
*U-MGA	20% goma arábica, 10% maltodextrina DE 20	1:4	Urucum
*U-MGC	20% goma do cajueiro, 10% maltodextrina DE 20	1:4	Urucum
*A-MGA	20% goma arábica, 10% maltodextrina DE 20	1:4	Açaí
*A-MGC	20% goma do cajueiro, 10% maltodextrina DE 20	1:4	Açaí

QUADRO 2 - Esquema das formulações empregadas para obtenção das microcápsulas dos corantes naturais de urucum e açaí

*U-MGA: Urucum - Maltodextrina e Goma Arábica

*U-MGC: Urucum – Maltodextrina e Goma do Cajueiro

*A-MGA: Açaí – Maltodextrina e Goma Arábica

*A-MGC: Açaí – Maltodextrina e Goma do Cajueiro

3.2.6 Fluxograma de processamento

A Figura 8 mostra o fluxograma do processo de obtenção das microcápsulas dos corantes naturais, segundo CONSTANT (1999).

Os agentes encapsulantes foram hidratados e os corantes naturais adicionados à dispersão formada, que passou por um processo de homogeneização. A seguir, fez-se a caracterização físico-química de cada amostra, com determinação de pH e análise da cor, tirando-se a média para cada formulação.

A seguir, executou-se a atomização, processo de obtenção das microcápsulas, cujas amostras foram caracterizadas por testes de umidade, solubilidade, difração de raios-x e avaliação microscópica.

A partir de então, estudou-se a estabilidade dos produtos obtidos em ausência e presença da luz.

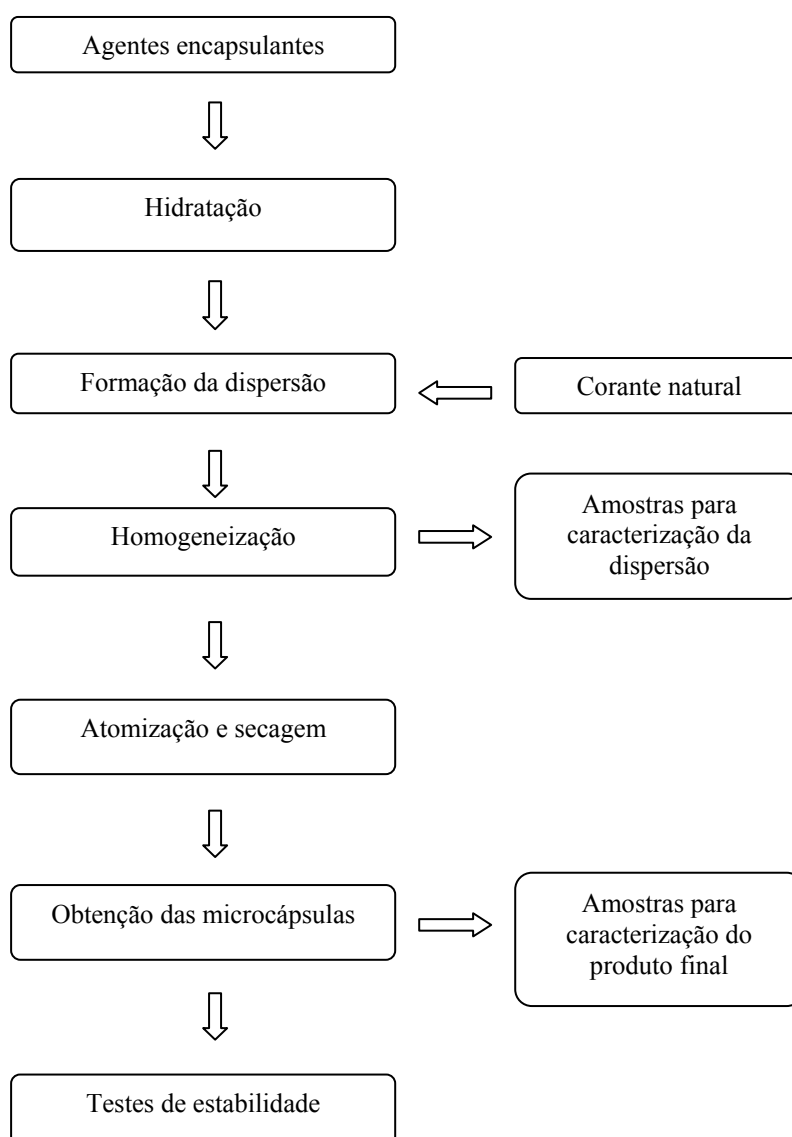


FIGURA 8 - Fluxograma de processamento (Fonte: CONSTANT, 1999)

3.2.7 Preparo da dispersão

a) Hidratação dos agentes encapsulantes: seguindo as formulações, a quantidade dos agentes encapsulantes foi de 40 g de goma arábica ou de goma do cajueiro e 20 g de maltodextrina DE 20, somando 30% de sólidos, para 200 mL da dispersão;

b) Adição do material a ser encapsulado: pela relação corante/encapsulante (1:4) foi utilizado 15 mL do corante, pois os encapsulantes somaram 60 g;

c) Homogeneização: durante 20 min, a dispersão foi homogeneizada em homogeneizador ULTRA - TURRAX® T25 básico – IKA LABORATÓRIOS.

3.2.8 Caracterização físico-química da dispersão

3.2.8.1 Determinação do pH

Após a homogeneização, foi medido o pH de cada emulsão por pHmetro digital – QUIMIS segundo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.2.8.2 Análise da cor

A qualificação da cor foi efetuada por colorímetro digital MINOLTA (Osaka, Japão) - modelo CR-300, no sistema CIELAB (CIE, 1986), com iluminante D 65. No sistema colorimétrico CIELAB, definido por L*, a*, b*, a coordenada L* corresponde à luminosidade, e a* e b* referem-se às coordenadas verde(-)/vermelho(+) e azul(-)/amarelo(+), respectivamente.

3.2.9 Atomização

As dispersões de cada formulação foram submetidas à secagem em um mini *spray drier* – BUCHI – modelo B-290, com temperatura de secagem do ar de entrada de 200°C e a do ar de saída de 90°C. O processo foi efetuado com três repetições para cada formulação. O produto recolhido na forma de pó foi acondicionado em sacos de polipropileno biorientado metalizado (mBOPP), armazenado sob vácuo e ao abrigo da luz.

3.2.9.1 Rendimento

Antes do armazenamento em mBOPP, cada amostra dos pós microencapsulados foi pesada, a fim de saber o rendimento de cada formulação. O procedimento levou em consideração a soma do peso de cada repetição do pó atomizado,

fazendo-se a média para cada amostra.

3.2.10 Caracterização do produto microencapsulado

3.2.10.1 Umidade

Pesou-se 1,5 g de cada amostra do pó microencapsulado para determinação de umidade, segundo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), em estufa a vácuo – MARCONI – modelo MA 030.

3.2.10.2 Solubilidade

Segundo metodologia modificada descrita por CANO-CHAUCA *et al.* (2005), executou-se o teste de solubilidade para os pós microencapsulados:

- a) Pesou-se 0,25 g de cada amostra do pó microencapsulado e adicionou-se 25 mL de água destilada, formando uma solução;
- b) Centrifugou-se a solução a 3000 rpm por 5 min;
- c) Colocaram-se 20 mL do sobrenadante em placa de Petri seca e vazia, com peso computado anteriormente;
- d) Levou-se para estufa de circulação de ar a 105°C por 5h;
- e) Calculou-se a solubilidade por diferença de peso.

3.2.10.3 Difração de raios-x (RX)

Fez-se um estudo das microcápsulas pela difração de RX, segundo metodologia descrita por CANO-CHAUCA *et al.* (2005), em difratômetro para amostras policristalinas - RIGAKU - modelo DMAXB, constituído de um gerador de RX com potência máxima de 2 kW; radiação $\text{CuK}\alpha$; monocromador de grafite; potencial elétrico de 40 kV e uma corrente elétrica de 25 mA; intervalo de 4° - 50° (2 θ); velocidade de 0,5°/min e o passo 0,02.

3.2.10.4 Avaliação microscópica

Tamanho e forma das microcápsulas foram observados por microscopia eletrônica de varredura, segundo metodologia descrita por Kitajima e Leite (1999). Cada amostra do material foi pulverizada sobre fita dupla face pré-fixada em “stubs”, retirando o excesso logo após sua deposição. Em seguida, as amostras foram secas ao ponto crítico em aparelho Balzers CPD 030, metalizadas com ouro (MED 010 BALZERS) e visualizadas em microscópio de varredura (ZEISS DSM 940 A).

3.2.11 Teste de estabilidade

3.2.11.1 Estabilidade dos pós microencapsulados em solução-tampão

Nesta etapa do estudo foram efetuados testes de estabilidade no escuro e na luz dos produtos microencapsulados. No caso das antocianinas usou-se também o extrato corante, que serviu de testemunha.

Os ensaios de estabilidade seguiram a metodologia modificada de STRINGHETA (1991), como descrita abaixo:

a) Preparou-se solução-tampão de McIlvaine (fosfato dissódico - Na_2HPO_4 e ácido cítrico - $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) de pH 4,0 (MORRITA e ASSUMPÇÃO, 1976), adicionada de 500 mg/L de sorbato de potássio para cada litro, para evitar o desenvolvimento de fungos.

- Preparou-se o fosfato dissódico 0,2 M, dissolvendo-se 35,628 g de Na_2HPO_4 em água e diluindo-se até 1 L;

- Preparou-se o ácido cítrico 0,1 M, dissolvendo-se 21,008 g de $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ em água e diluindo-se até 1 L;

- Para pH 4,0 da solução-tampão, utilizou-se 7,71 mL de Na_2HPO_4 0,2 M e 12,29 mL de $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ 0,1 M, somando então, 20 mL. Foram preparados 3,4 L de solução-tampão.

b) Em pesquisa desenvolvida por Constant (1999), utilizou-se 1 g do produto microencapsulado de cada amostra para 1 L de solução-tampão. Seguindo tal proporção, usou-se 0,26 g de cada amostra do pó microencapsulado para 260 mL de

solução-tampão, a fim de distribuir em 13 frascos com capacidade de 15 mL, dotados de batoque e tampa. Para a testemunha, empregou-se 0,065 mL do extrato bruto de antocianinas para 260 mL da solução-tampão.

c) Esse procedimento foi feito em três repetições, ou seja, quatro amostras iniciais do pó microencapsulado, com três repetições cada e somadas a essas, a amostra da testemunha, totalizando 13 amostras.

d) Os frascos contendo as amostras foram hermeticamente fechados, de modo a não permitir a entrada de ar e acondicionados ao abrigo da luz em temperatura ambiente de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

e) A cada cinco dias, durante sessenta dias, as amostras foram recolhidas para determinação da cor por colorímetro digital MINOLTA, com leitura direta por reflectância das coordenadas L^* , a^* , b^* , c^* , h^* . Para efetuar a leitura, as amostras foram colocadas em frasco de plástico branco de capacidade de aproximadamente 10 mL e depois, descartadas.

Para o teste de estabilidade na luz, seguiram-se os mesmos passos da metodologia citada, porém, depois de fechados, os frascos foram colocados entre lâmpadas fluorescentes de 40W, 2500 lux, correspondendo à luz do dia. As amostras ficaram numa distância de 10 cm, protegidas de qualquer outra fonte de luz, em temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

3.2.11.2 Estabilidade dos pós microencapsulados

Nessa etapa do teste de estabilidade, foram empregadas as amostras dos pós microencapsulados, avaliando-se a estabilidade à semelhança do item 3.2.11.1. Parte das amostras foi armazenada em ausência e parte em presença da luz.

Para o escuro, as amostras foram armazenadas em sacos de mBOPP fechados a vácuo em temperatura ambiente de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. A cada cinco dias, durante sessenta dias, fez-se a determinação da cor desses pós. As amostras foram colocadas em frasco plástico branco e depois de executada a leitura, os pós retornaram à armazenagem anterior.

Para a luz, as amostras foram armazenadas em sacos plástico transparente fechados a vácuo e colocados entre as lâmpadas fluorescentes citadas no item 3.2.11.1 em temperatura ambiente de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. A cada dois dias, durante dezoito dias, fez-se a determinação das coordenadas colorimétricas desses pós.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados da matéria-prima

4.1.1 Quantificação de antocianinas do extrato corante

Pelo método utilizado, o total de antocianinas presente no extrato corante foi de 186 mg/100 mL

4.1.2 Quantificação de bixina do extrato corante

Pelo método usado, a quantidade de bixina presente no extrato corante foi de 146 mg/100 mL

4.1.3 Testes preliminares

Foram testados dois encapsulantes, goma arábica e maltodextrina, com os extratos corantes. Porém, observou-se a formação de grumos nas dispersões com proporção menor de goma arábica em relação à maltodextrina, razão pela qual foi alterada a metodologia inicial de CONSTANT (1999). Dessa forma, como afirmaram Gibbs *et al.* (1999), devido ao baixo poder de emulsificação da maltodextrina, a dispersão apresentou-se mais homogênea, quando adicionada de quantidade maior de goma arábica, cujo poder de emulsificação é alto.

Assim, as formulações apresentaram as seguintes proporções finais: 20% de goma arábica (40 g), 10% de maltodextrina (20 g) e 1:4 (15 mL) do extrato corante numa emulsão de 200 mL. A formulação da dispersão seguiu a indicação de 30% de sólidos (HEINZELMANN e FRANKE, 1999) e a proporção de 1:4 do extrato corante em relação à quantidade de sólidos (GIBBS *et al.* 1999).

4.1.4 Caracterização físico-química das dispersões

Formulação	pH	Análise da Cor				
		L*	a *	b *	c *	h*
*U-MGA	5,16	35,27	+37,83	+26,01	45,93	34,41
*U-MGC	5,87	34,16	+41,38	+26,82	49,31	32,89
*A-MGA	3,87	10,85	+12,43	-9,70	15,76	322,08
*A-MGC	3,50	11,18	+12,91	-9,54	16,07	323,77

QUADRO 3 - Determinação físico-química das dispersões

*U-MGA: Urucum - Maltodextrina e Goma Arábica

*U-MGC: Urucum – Maltodextrina e Goma do Cajueiro

*A-MGA: Açai – Maltodextrina e Goma Arábica

*A-MGC: Açai – Maltodextrina e Goma do Cajueiro

As variações de cores dos corantes naturais se dão muito em função do pH. Segundo Rogez (2000), soluções de antocianinas apresentam colorações diferentes de acordo com as estruturas químicas assumidas em diferentes pH. Assim, exibem coloração vermelha mais intensa em pH abaixo de 3,0, devido à presença do cátion flavilium e à medida que se aumenta o pH, a cor vermelha dá lugar a uma coloração azulada, pois o cátion perde um próton e ganha uma molécula de água para formar uma pseudobase incolor chamada carbinol. Os resultados obtidos confirmam tal afirmação, pois as emulsões de antocianinas em pH um pouco acima de 3,0, apresentaram coloração púrpura escuro.

As emulsões de bixina mostraram-se de coloração vermelho alaranjado, tornando-se mais escuras com o aumento do pH.

4.2 Dados da Atomização

4.2.1 Rendimento

Formulação	Volume (mL)	Peso (g)	Rendimento (%)
U-MGA	200	15,14	25,33
U-MGC	200	14,17	23,62
A-MGA	200	43,18	71,97
A-MGC	200	39,88	66,47

QUADRO 4 – Rendimento médio dos pós atomizados

*U-MGA: Urucum - Maltodextrina e Goma Arábica

*U-MGC: Urucum – Maltodextrina e Goma do Cajueiro

*A-MGA: Açaí – Maltodextrina e Goma Arábica

*A-MGC: Açaí – Maltodextrina e Goma do Cajueiro

De acordo com os resultados obtidos (QUADRO 4), o maior rendimento foi o da formulação que apresentou antocianinas tendo maltodextrina e goma arábica como encapsulantes. O rendimento das formulações com bixina foi mais baixo, porém, semelhante ao encontrado em Constant (1999), em média 30%, na encapsulação de bixina usando maltodextrina e goma arábica como encapsulantes.

4.3 Dados do produto

4.3.1 Umidade

TABELA 1 – Umidade dos pós atomizados

Formulação	Umidade (%)
U-MGA	1,79 a
U-MGC	1,12 b
A-MGA	0,39 c
A-MGC	0,28 c

*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na mesma coluna, não diferem ao nível de 5% pelo teste de Tukey

*U-MGA: Urucum - Maltodextrina e Goma Arábica

*U-MGC: Urucum – Maltodextrina e Goma do Cajueiro

*A-MGA: Açai – Maltodextrina e Goma Arábica

*A-MGC: Açai – Maltodextrina e Goma do Cajueiro

As formulações com pigmento bixina apresentaram maior umidade que aquelas com pigmentos antocianinas, indicando que a bixina possui maior capacidade de retenção de água que as antocianinas (TABELA 1). Em relação aos agentes encapsulantes, as amostras com goma arábica mostraram maior teor de umidade em comparação com as formulações que continham goma do cajueiro, o que indica que a goma arábica possui maior afinidade com a água que a goma do cajueiro.

4.3.2 Solubilidade

TABELA 2 – Solubilidade dos pós microencapsulados

Formulação	Solubilidade (%)
A-MGA	68 a
U-MGA	68 a
A-MGC	64 b
U-MGC	64 b

*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na mesma coluna, não diferem ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

*U-MGA: Urucum - Maltodextrina e Goma Arábica

*U-MGC: Urucum – Maltodextrina e Goma do Cajueiro

*A-MGA: Açai – Maltodextrina e Goma Arábica

*A-MGC: Açai – Maltodextrina e Goma do Cajueiro

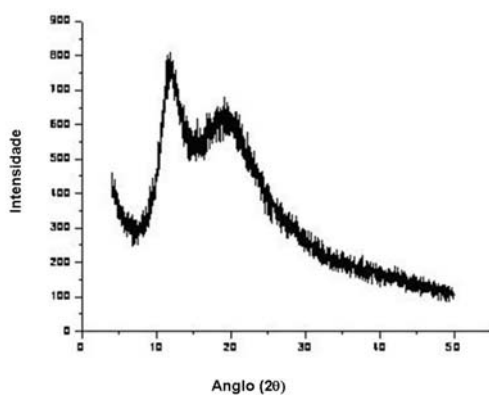
Em pesquisa desenvolvida por Cano-Chauca *et al.* (2005), a solubilidade do pó atomizado resultante do suco de manga com goma arábica ou maltodextrina como veículos foi em torno de 90% . A alta solubilidade da maltodextrina e da goma arábica os tornam excelentes veículos nas formulações em que se usa o processo de *spray drier*.

É possível observar na Tabela 2 que independentemente do pigmento empregado, as formulações com goma arábica apresentaram uma maior solubilidade que aquelas formulações com goma do cajueiro.

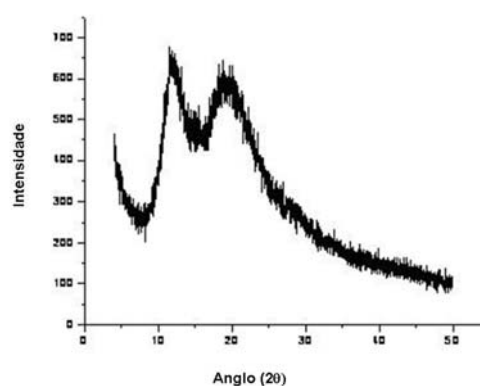
Isoladamente, a bixina do urucum é lipossolúvel e as antocianinas, hidrossolúveis. Pela análise dos resultados, verifica-se que a solubilidade do produto está sendo determinada pela goma em si e não pelo pigmento. Assim, houve interação entre o pigmento e o veículo e a goma do cajueiro gerou pós levemente menos solúveis que aqueles em que se usou a goma arábica.

4.3.3 Difração de RX

U-MGA



U-MGC



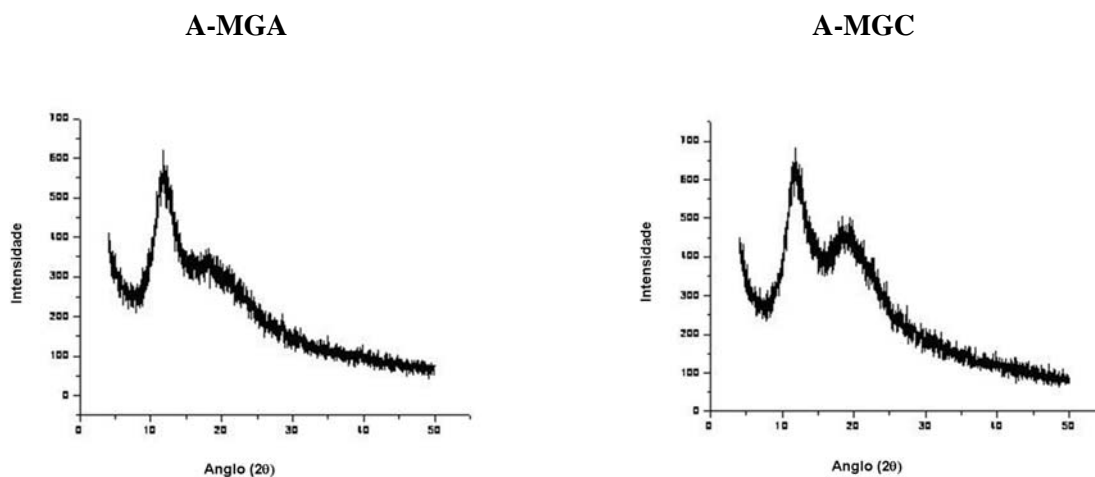


FIGURA 9 – Análise de RX das amostras atomizadas

- *U-MGA: Urucum - Maltodextrina e Goma Arábica
- *U-MGC: Urucum – Maltodextrina e Goma do Cajueiro
- *A-MGA: Açai – Maltodextrina e Goma Arábica
- *A-MGC: Açai – Maltodextrina e Goma do Cajueiro

Bixina e antocianinas, enquanto puros, são cristalinos e maltodextrina e as gomas arábica e do cajueiro apresentam características amorfas. Os espectros mostram ruídos característicos da presença de maltodextrina e goma arábica (CANO-CHAUCA *et al.*, 2005) e alguns picos característicos dos pigmentos (FIGURA 9).

Shu *et al.* (2005) encontraram resultados que mostram ruídos característicos dos agentes encapsulantes, não sendo detectados ruídos do licopeno encapsulado. Os resultados mostrados na Figura 9 apresentam ruídos dos encapsulantes e alguns picos atribuídos aos pigmentos, o que evidencia uma interação dos pigmentos com os agentes encapsulantes. Esses picos atribuídos aos pigmentos podem ser evidenciados na amostra A-MGA em torno da intensidade de 600 e para a amostra de A-MGC em torno da intensidade de 700. No entanto, para se chegar a uma melhor elucidação do grau de encapsulação das amostras seriam necessários os espectros dos pigmentos puros.

4.3.4 Análise morfológica das microcápsulas

As Figuras 10 a 13 mostram a morfologia das microcápsulas formadas, através da microscopia eletrônica de varredura, com aumento de 2000 vezes (2000x).

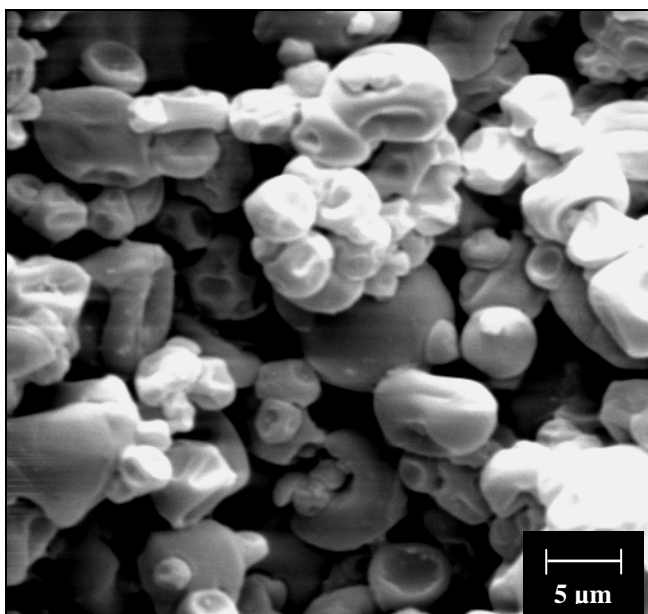


FIGURA 10 - Microscopia eletrônica da amostra U-MGA com aumento de 2000x
*U-MGA: Urucum - Maltodextrina e Goma Arábica

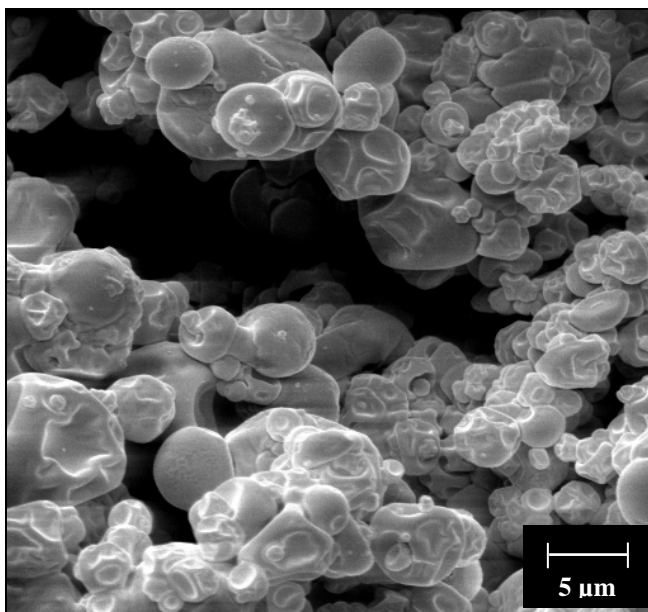


FIGURA 11 - Microscopia eletrônica da amostra U-MGC com aumento de 2000x
*U-MGC: Urucum - Maltodextrina e Goma do Cajueiro

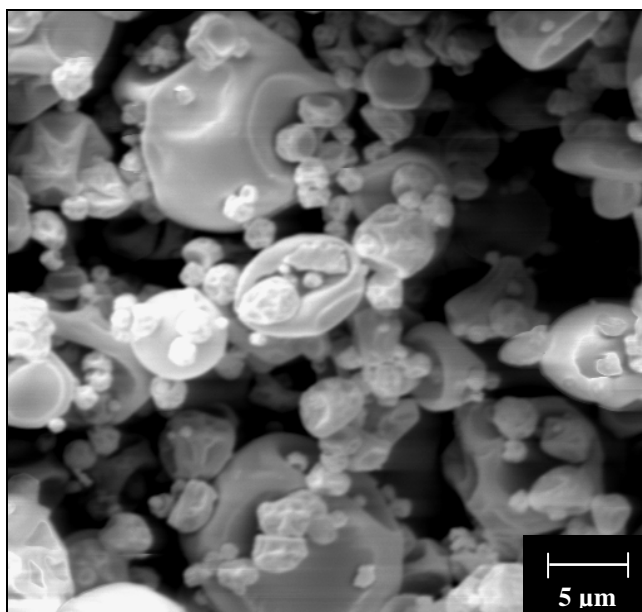


FIGURA 12 - Microscopia eletrônica da amostra A-MGA com aumento de 2000x
*A-MGA: Açai – Maltodextrina e Goma Arábica

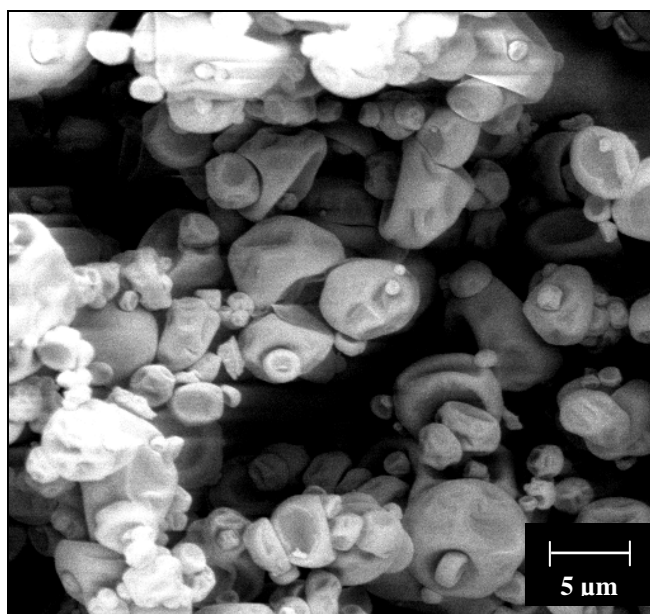


FIGURA 13 - Microscopia eletrônica da amostra A-MGC com aumento de 2000x
*A-MGC: Açai – Maltodextrina e Goma do Cajueiro

As microcápsulas das diferentes amostras apresentaram-se bem semelhantes quanto à morfologia: formato irregular com predominância circular, paredes côncavas com partículas menores aderidas a essa concavidade, aspecto rugoso, tamanho de 5µm para aumento de 2000x. Dessa maneira, quanto ao tamanho das cápsulas, o processo caracterizou-se como micro, pela formação de cápsulas no tamanho de 5 µm, dentro do limite de 0,2 a 5000 µm (BARROS; STRINGHETA, 2006).

Quanto ao formato irregular repleto de concavidades, Sheu e Rosenberg (1998) observaram que microcápsulas de bixina encapsulada com goma arábica, apresentavam-se com formatos irregulares e superfícies com fendas semelhantes às obtidas neste estudo. Segundo Sheu e Rosenberg (1998), Rosenberg, Kopelman e Talmon (1985, 1990), essas características podem ser provenientes do processo de secagem por *spray drying*, que causa contração das microcápsulas durante os estágios de secagem e resfriamento.

Segundo Aburto, Tavares e Martucci (1998) e Shu *et al.*, (2005), a superfície rugosa das paredes de microcápsulas é resultante do resfriamento após o entumescimento com a saída de vapor de água, no processo de atomização.

É possível observar que as microcápsulas formadas com goma arábica foram em geral, maiores que as da goma do cajueiro para ambos os pigmentos. De fato, a grande variação de tamanho é uma característica comum, quando se emprega a atomização e secagem com o *spray drier*. No entanto, comparando-se as formulações em relação aos pigmentos, aquelas com antocianinas apresentaram uma quantidade maior de microesferas pequenas dispersas entre aquelas de tamanho homogêneo. Tais microesferas podem ser de pigmentos que não foram encapsulados. Resultados semelhantes foram observados por Barros e Stringheta (2006) na atomização de antocianinas com goma arábica e maltodextrina.

Quanto ao aspecto físico, a microscopia eletrônica não foi conclusiva a cerca da formação de microcápsulas ou microesferas, podendo o pigmento encapsulado estar envolvido pelos encapsulantes ou somente ligado a estes, respectivamente. Assim, não foi possível verificar diferenças quanto ao uso de núcleos lipossolúvel ou hidrossolúvel.

Em trabalho desenvolvido por Mata, Medeiros e Duarte (2005), estudou-se a morfologia das partículas microencapsuladas de polpa de umbu em pó, com várias formulações de maltodextrina, obtidas pela secagem por atomização. Pelo aspecto microestrutural por microscopia eletrônica de varredura, verificou-se que a polpa de umbu na formulação com 15% de maltodextrina apresentou a formação de microcápsulas menos aglomeradas e com formatos mais definidos que as observadas nessa pesquisa.

4.3.5 Teste de estabilidade

4.3.5.1 Estabilidade dos pigmentos atomizados em solução-tampão

4.3.5.1.1 Estabilidade no escuro

Verificou-se que a coordenada L^* praticamente não variou ao longo do tempo para ambos os pigmentos (FIGURAS 14 e 15). Observou-se que a goma do cajueiro conferiu maior luminosidade e uma diminuição mais acentuada deste fator, quando comparada à goma arábica.

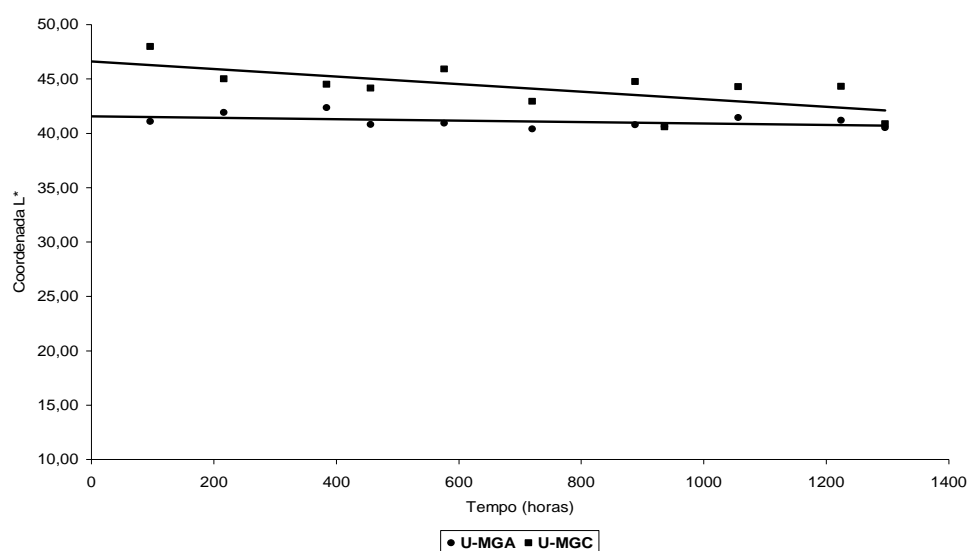


FIGURA 14 – Comportamento de L^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum em solução-tampão pH 4,0, no escuro, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

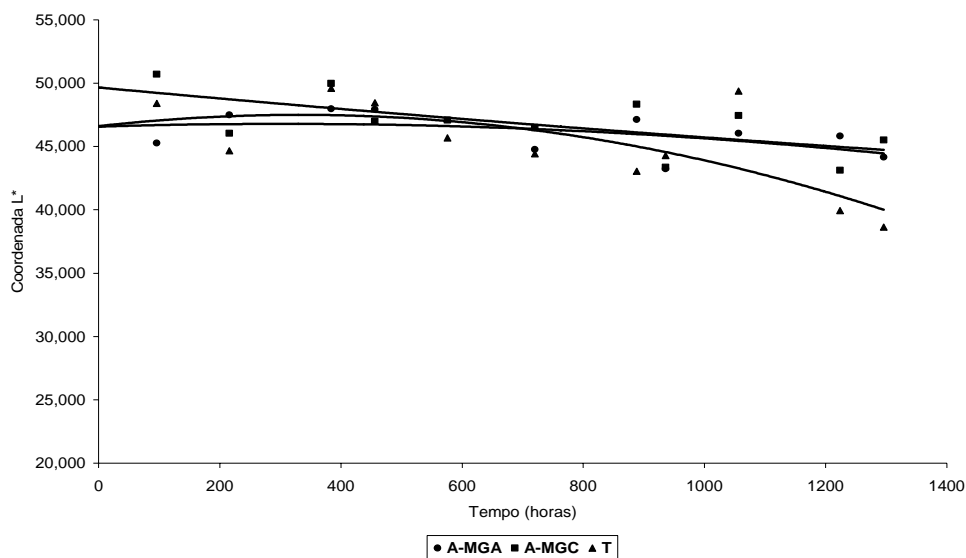


FIGURA 15 – Comportamento de L^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí e sua testemunha em solução-tampão pH 4,0, no escuro, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

*T: testemunha (extrato corante de açaí não atomizado)

Para as amostras de açaí foi possível verificar que a testemunha apresentou maior variação, mostrando que o uso das gomas arábica e do cajueiro levou a uma maior estabilização do pigmento na condição de armazenamento.

Para a coordenada a^* , verificou-se que as amostras de urucum apresentaram tendência de declínio, sendo tal comportamento mais acentuado para a goma arábica (FIGURA 16). Isso significa que houve uma diminuição da intensidade da cor vermelha. As amostras de açaí apresentaram tendência semelhante de diminuição da coordenada a^* , porém, menos acentuada que a observada para o urucum (FIGURA 17). A testemunha, à semelhança da coordenada L^* , sofreu uma maior variação da coordenada a^* que as amostras atomizadas com gomas arábica e do cajueiro.

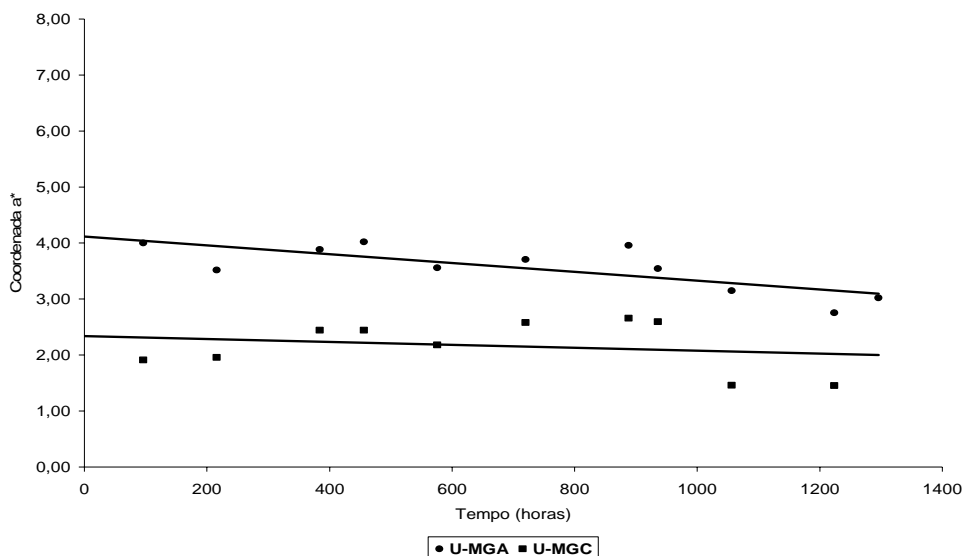


FIGURA 16 - Comportamento de a^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum em solução-tampão pH 4,0, no escuro, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

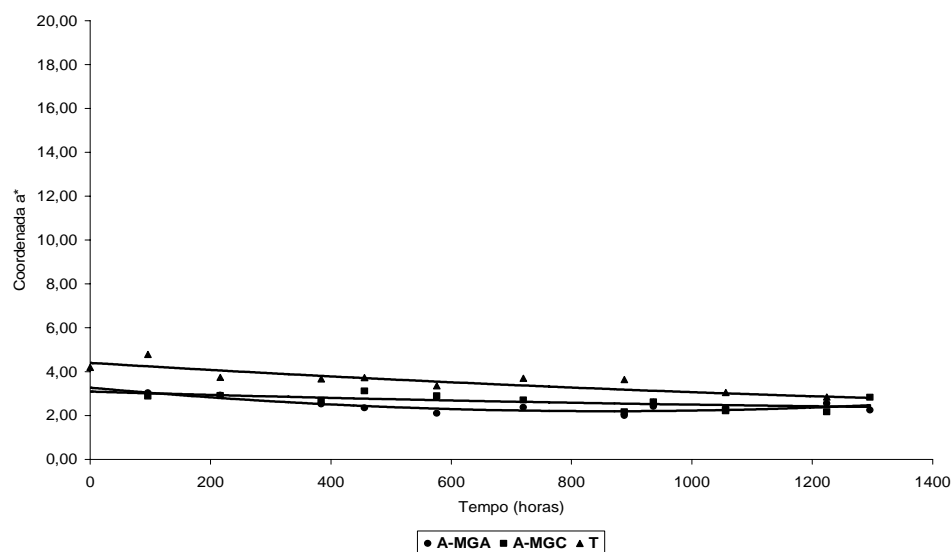


FIGURA17 – Comportamento da coordenada a^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí e sua testemunha em solução-tampão pH 4,0, no escuro, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

*T: testemunha (extrato corante de açaí não atomizado)

Observando-se o comportamento da coordenada b^* , para as amostras de urucum (FIGURA 18), a cor amarela praticamente não sofreu modificação. A amostra com a goma arábica manteve uma coloração um pouco mais escura que a amostra com a

goma do cajueiro. Já para as amostras de açaí e a sua testemunha (FIGURA 19), observou-se tendência de aumento nos valores de b^* , ou seja, perda da coloração azulada. Tal perda foi mais acentuada para testemunha. Para o caso de pigmentos antociânicos, um aumento na coordenada b^* significa degradação dos mesmos (CONSTANT, 2003).

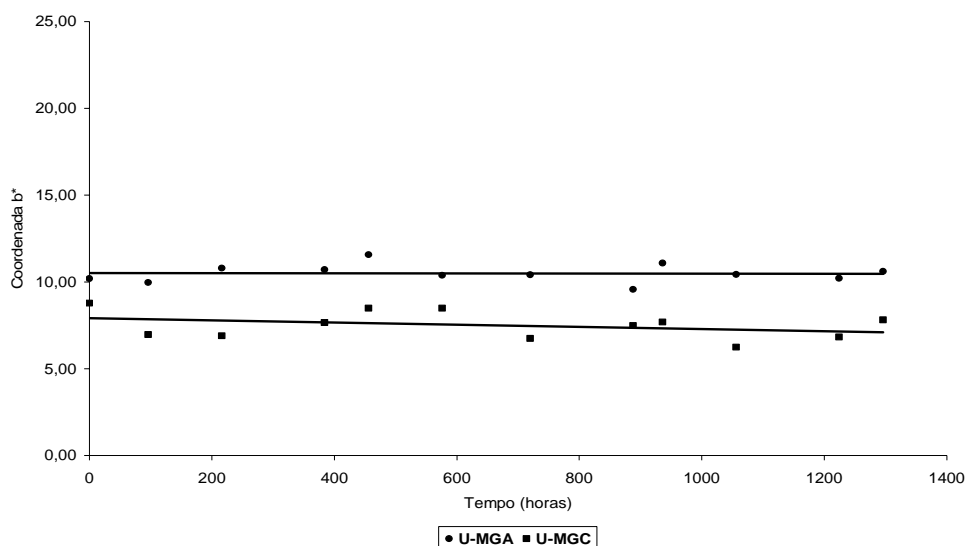


FIGURA 18 – Comportamento de b^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum em solução-tampão pH 4,0, no escuro, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

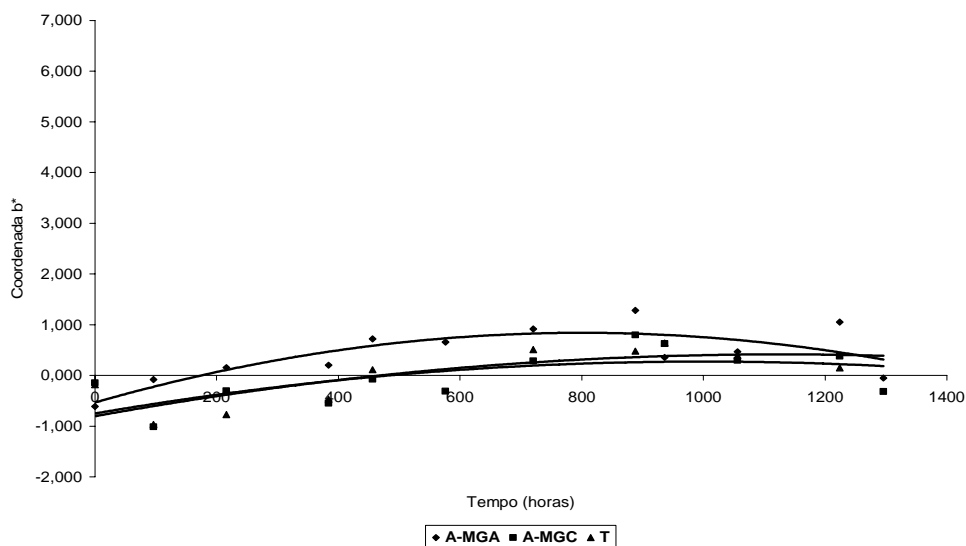


FIGURA 19 - Comportamento de b^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí e sua testemunha em solução-tampão pH 4,0, no escuro, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

*T: testemunha (extrato corante de açaí não atomizado)

A coordenada c^* , para as amostras de urucum (FIGURA 20), permaneceu quase que constante, com um pequeno decréscimo ao longo do tempo. Para as amostras de açaí e sua testemunha (FIGURA 21), ocorreu uma diminuição do croma, com comportamento mais acentuado para a testemunha. Uma diminuição da coordenada c^* significa diminuição da saturação, ou seja, perda dos pigmentos.

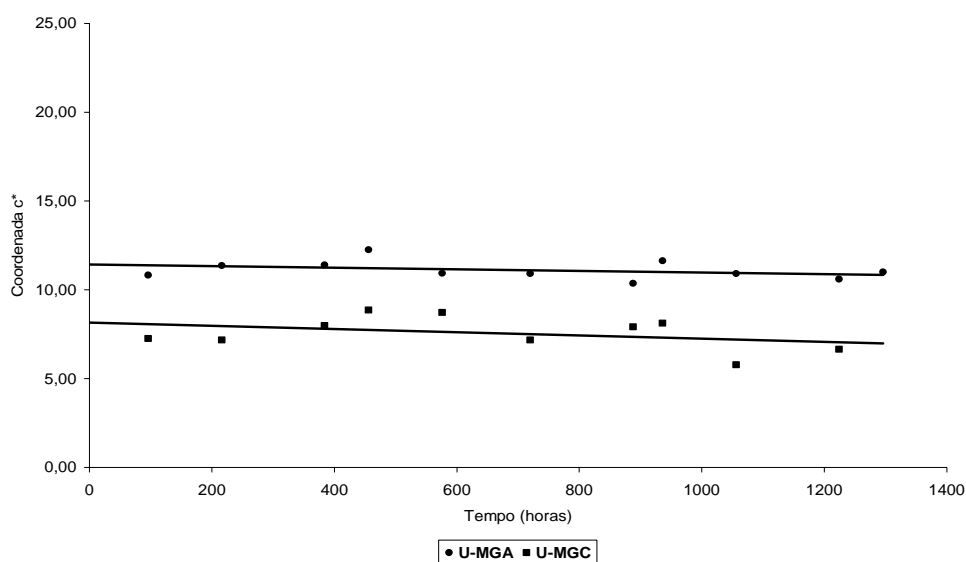


FIGURA 20 - Comportamento de c^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum em solução-tampão pH 4,0, no escuro, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

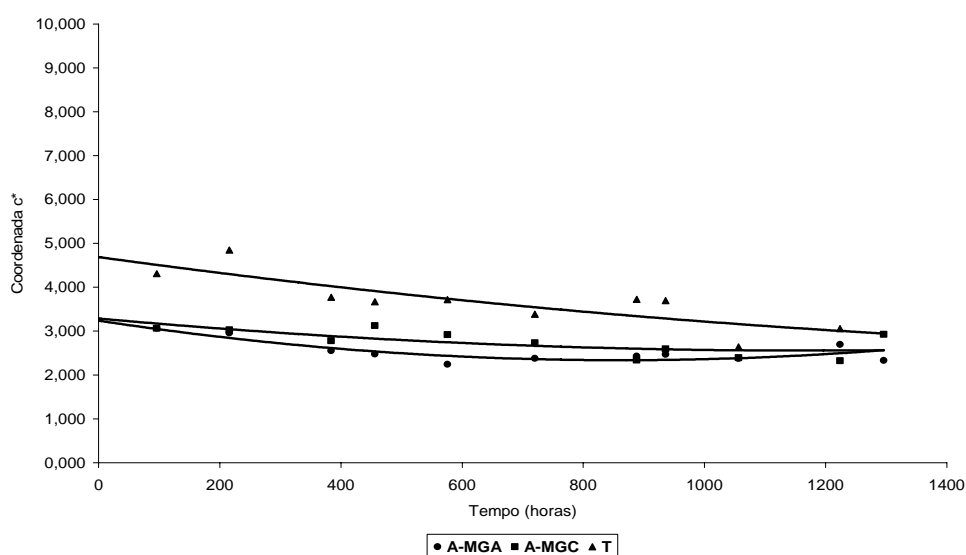


FIGURA 21 - Comportamento de c^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí e sua testemunha em solução-tampão pH 4,0, no escuro, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

*T: testemunha (extrato corante de açaí não atomizado)

Segundo o comportamento de h^* , o ângulo de tonalidade para as amostras de urucum (FIGURA 22) permaneceu quase constante, com valores negativos próximos de zero. Para as amostras de açaí e sua testemunha (FIGURA 23), inicialmente decresceu e depois, aumentou em pequenos valores, próximos de zero.

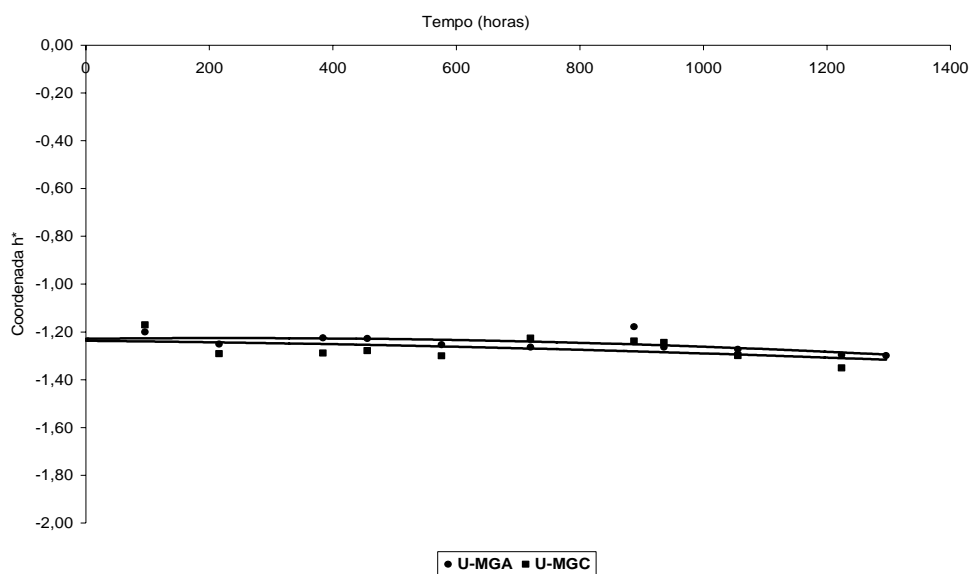


FIGURA 22 – Comportamento de h^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum em solução-tampão pH 4,0, no escuro, a 25°C.

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

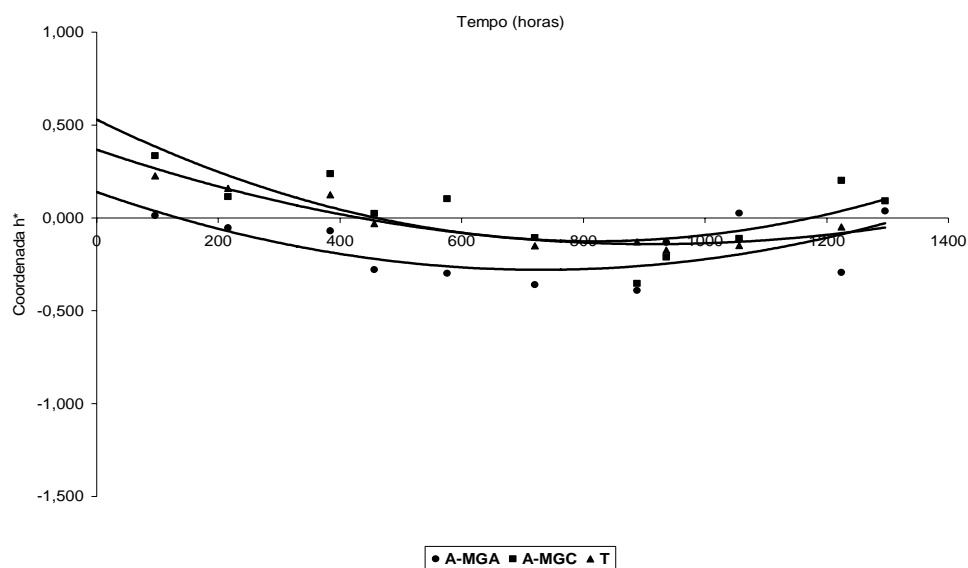


FIGURA 23 - Comportamento de h^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí e sua testemunha em solução-tampão pH 4,0, no escuro, a 25°C.

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

*T: testemunha (extrato corante de açaí não atomizado)

De fato, segundo KONICA MINOLTA (1998), o ângulo de tonalidade inicia-se no eixo $+a^*$, onde 0° seria $+a^*$ (vermelho), 90° seria $+b^*$ (amarelo), 180° seria $-a^*$ (verde) e 270° seria $-b^*$ (azul). Assim, o valor negativo muito baixo (inferior à unidade) indica a grande proximidade do vermelho, medindo os graus no sentido inverso, para ambas as amostras.

Não foram observadas grandes variações das coordenadas colorimétricas, uma vez que os pigmentos estão protegidos de um dos fatores mais deletérios, a luz, na referida condição de armazenamento. Além disso, o armazenamento se deu em ausência de oxigênio. Dessa forma, mesmo estando em meio aquoso, que propicia a degradação das antocianinas e ao mesmo tempo permite que haja a liberação dos pigmentos das microcápsulas (CONSTANT; STRINGHETA, 2002), ocorreram poucas variações das coordenadas colorimétricas, o que já era esperado.

4.3.5.1.2 Estabilidade na luz

Os valores de L^* para as amostras de urucum (FIGURA 24), aumentaram com o tempo, com valor superior para a amostra com goma do cajueiro. Com isso, a luz acentua o brilho das amostras, principalmente ao se utilizar a goma do cajueiro como agente encapsulante.

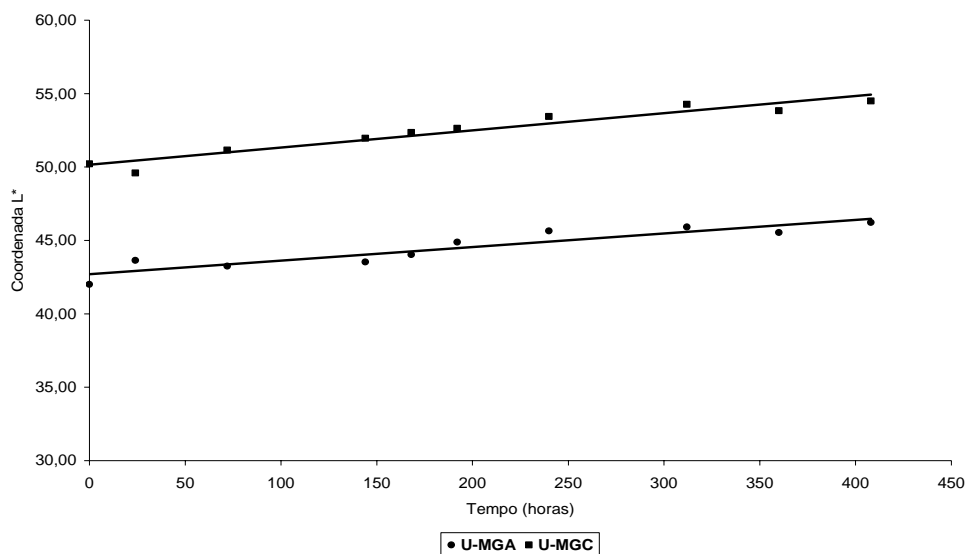


FIGURA 24 – Comportamento de L^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum em solução-tampão pH 4,0, na luz, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

Já para as amostras de açaí e sua testemunha (FIGURA 25), a luminosidade permaneceu praticamente inalterada e bem semelhante para ambas as gomas. A testemunha apresentou-se menos luminosa e teve comportamento semelhante, com um aumento mais pronunciado.

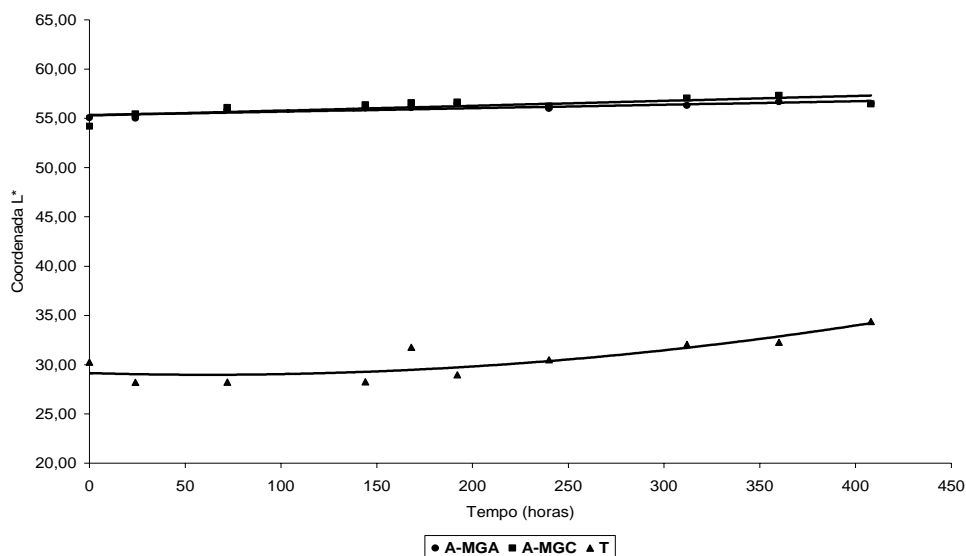


FIGURA 25 - Comportamento de L^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí e sua testemunha em solução-tampão pH 4,0, na luz, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

*T: testemunha (extrato corante de açaí não atomizado)

Os valores de a^* para as amostras de urucum (FIGURA 26), decresceram com o tempo e a amostra com goma arábica apresentou decréscimo mais acentuado que aquela com goma do cajueiro. As amostras de açaí e sua testemunha (FIGURA 27) apresentaram comportamento semelhante, com decréscimo da coordenada a^* .

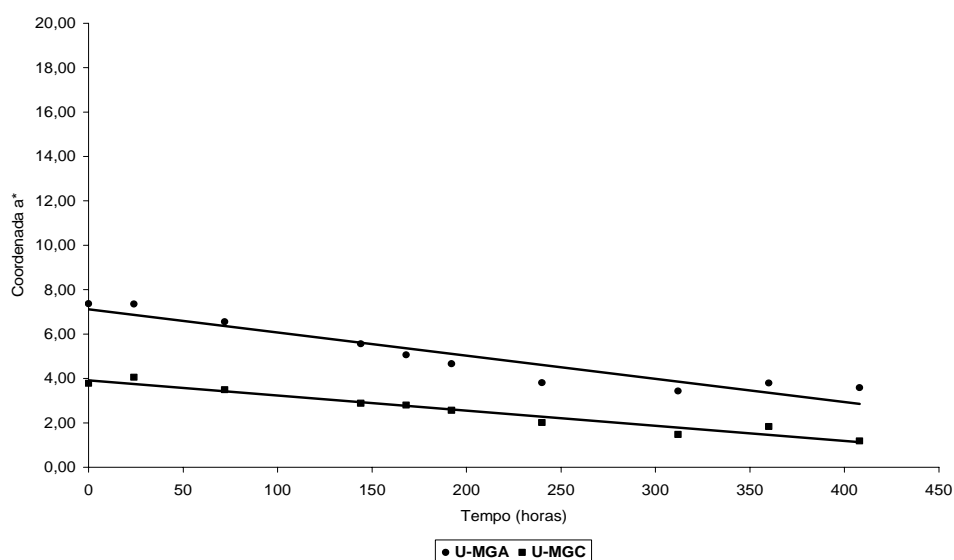


FIGURA 26 – Comportamento de a^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum em solução-tampão pH 4,0, na luz, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

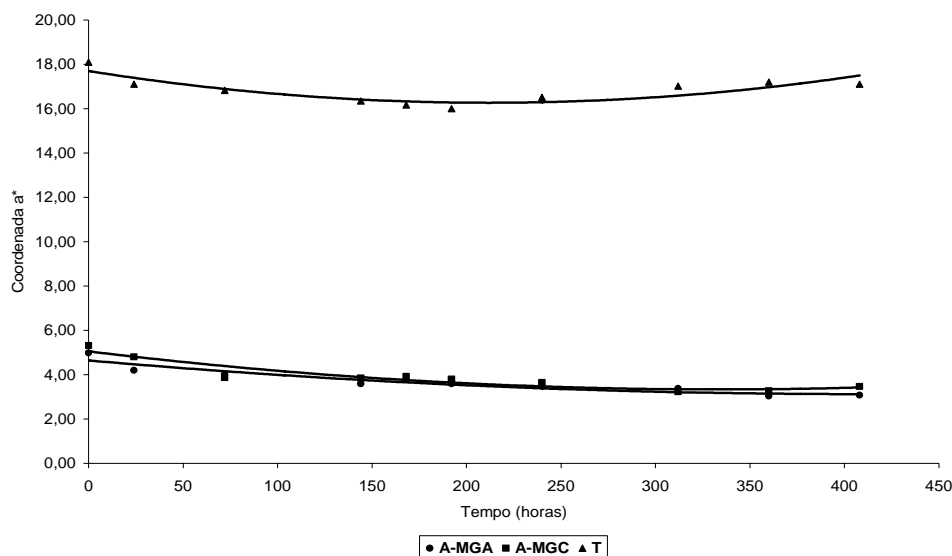


FIGURA 27 - Comportamento de a^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí e sua testemunha em solução-tampão pH 4,0, na luz, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

*T: testemunha (extrato corante de açaí não atomizado)

Para o urucum, cujo pigmento é um carotenóide e sensível ao efeito da luz, o decréscimo da coordenada a^* é esperado, já que a mesma quantifica a intensidade de vermelho. Em um processo degradativo, os componentes vermelho/alaranjado do urucum transformam-se nos chamados compostos amarelos, como afirmou Constant (1999).

No caso do açaí, constituído por antocianinas, a coordenada a^* não é tão representativa. As amostras atomizadas apresentaram comportamento semelhante à testemunha.

As amostras de urucum apresentaram comportamento semelhante, com a diminuição gradativa nos valores da coordenada b^* (FIGURA 28), ou seja, perda gradativa da cor amarela. Tal fato é comum nos processos degradativos de carotenóides,

em que os componentes avermelhados vão se degradando e gerando componentes amarelados que por sua vez, também sofrem degradação.

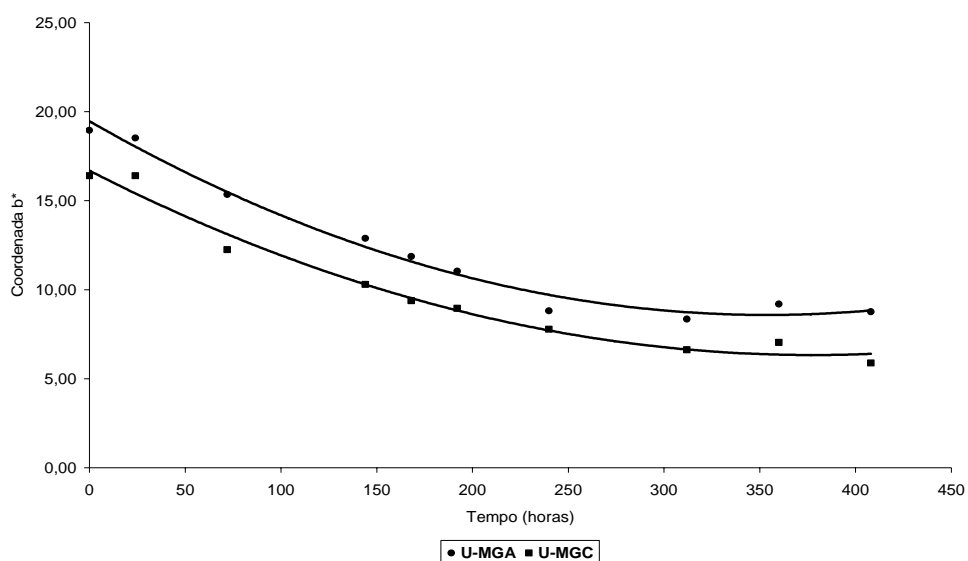


FIGURA 28 – Comportamento de b^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum em solução-tampão pH 4,0, na luz, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

As amostras de açaí atomizadas com goma arábica e sua testemunha (FIGURA 29) apresentaram tendência semelhante de leve aumento nos valores de b^* . A amostra atomizada com goma de cajueiro praticamente não apresentou variação para esse parâmetro.

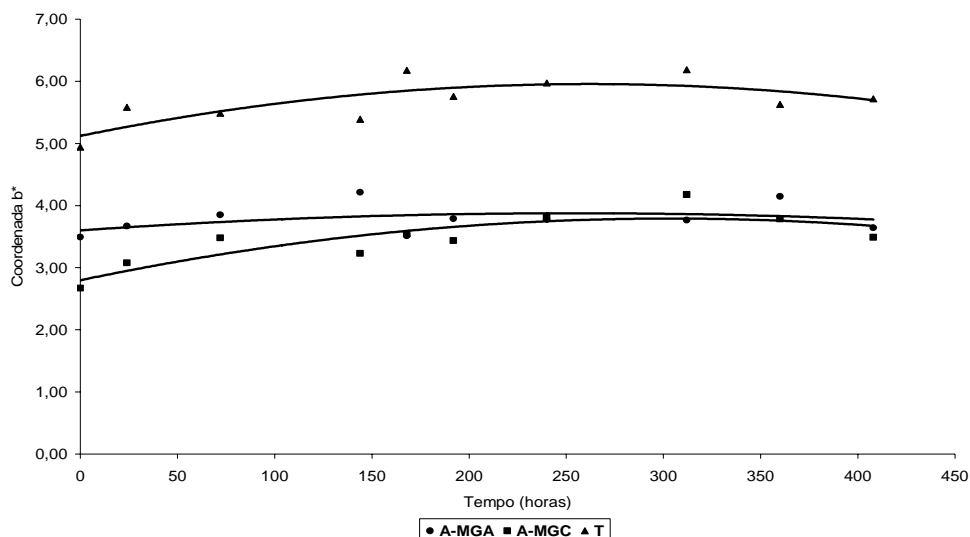


FIGURA 29 - Comportamento de b^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí e sua testemunha em solução-tampão pH 4,0, na luz, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

*T: testemunha (extrato corante de açaí não atomizado)

A coordenada c^* das amostras de urucum (FIGURA 30) decresceu de forma semelhante, indicando degradação da bixina diante da luz. Os pigmentos de açaí (FIGURA 31) por sua vez, não apresentaram alteração sensível. Tais resultados evidenciam que as gomas de cajueiro e arábica conferiram efeito protetor semelhantes.

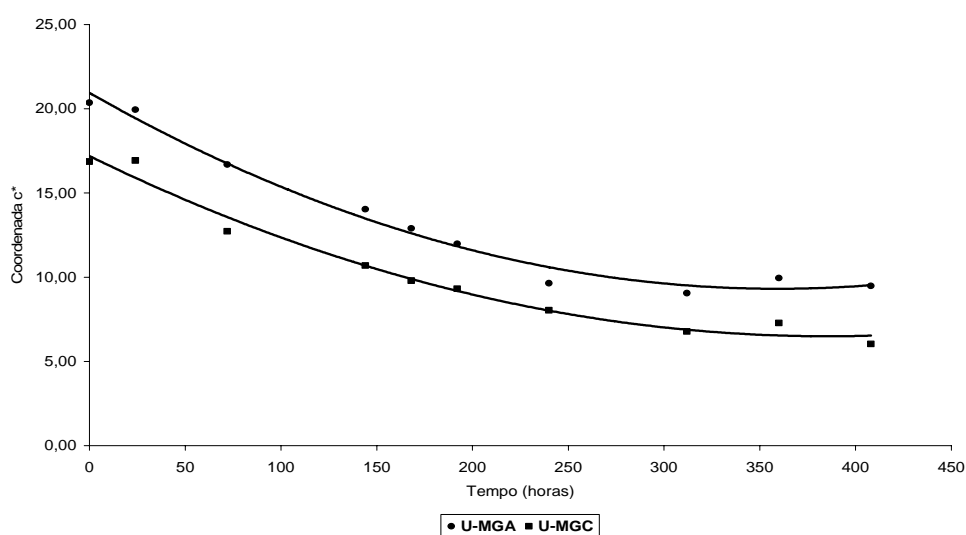


FIGURA 30 – Comportamento de c^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum em solução-tampão pH 4,0, na luz, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

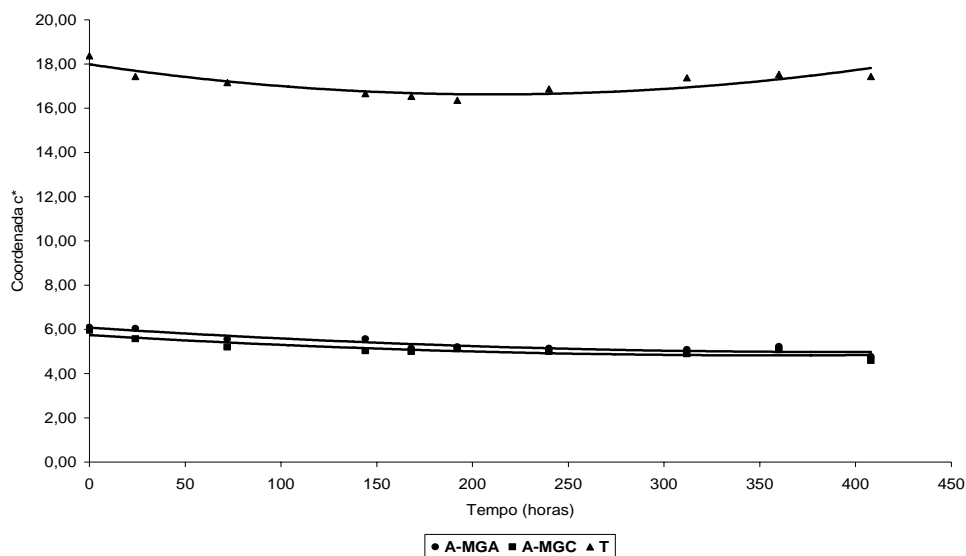


FIGURA 31 - Comportamento de c^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí e sua testemunha em solução-tampão pH 4,0, na luz, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

*T: testemunha (extrato corante de açaí não atomizado)

As amostras de urucum (FIGURA 32) mantiveram a tonalidade durante o armazenamento. As amostras de antocianinas (FIGURA 33) apresentaram uma variação mais sensível, até mesmo que a testemunha.

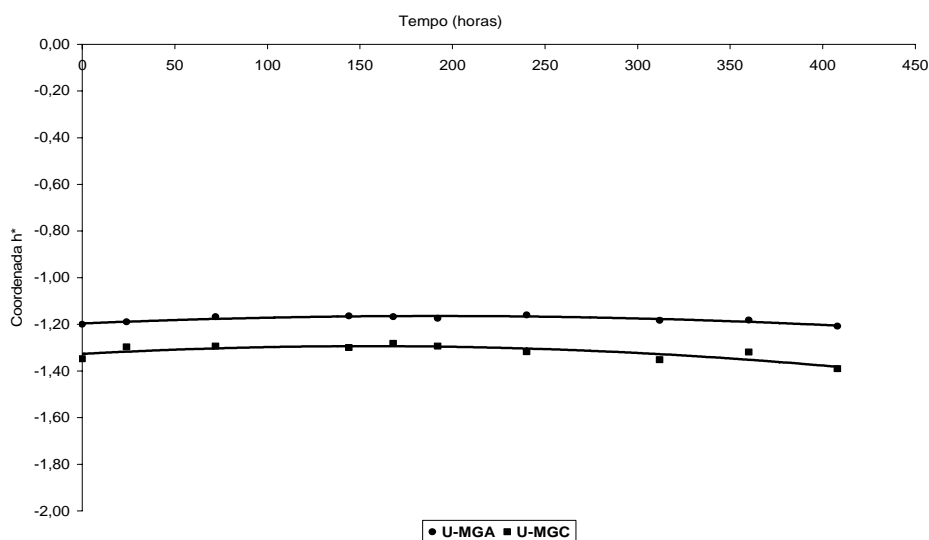


FIGURA 32 – Comportamento de h^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum em solução-tampão pH 4,0, na luz, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

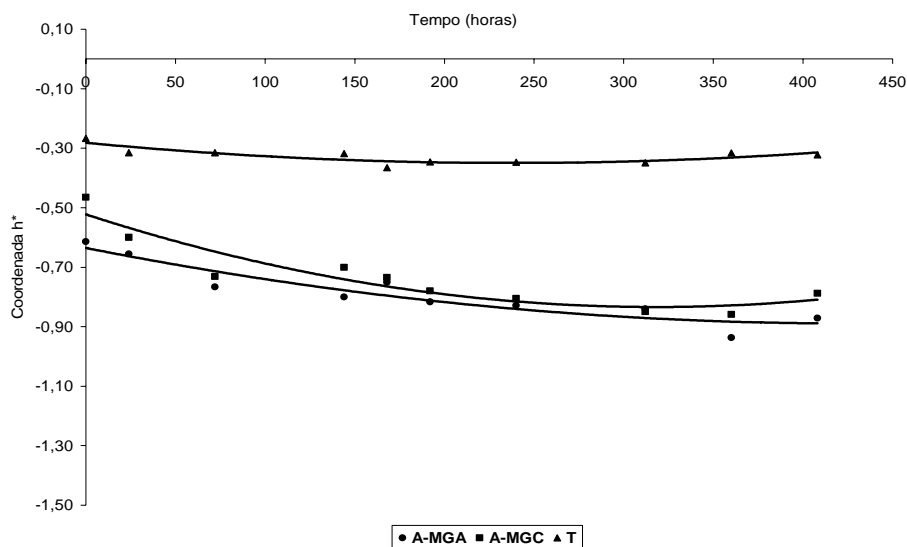


FIGURA 33 - Comportamento de h^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí e sua testemunha em solução-tampão pH 4,0, na luz, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

*T: testemunha (extrato corante de açaí não atomizado)

4.3.5.2 Estabilidade dos pós microencapsulados

4.3.5.2.1 Estabilidade no escuro

As Figuras 34 a 43 mostram as coordenadas colorimétricas das amostras atomizadas de urucum e açaí durante o armazenamento, na forma de pó, em ausência de luz. Uma vez que as amostras foram armazenadas em ausência dos efeitos deletérios para os pigmentos naturais (luz, oxigênio e água), não se observou variação sensível das coordenadas colorimétricas. As variações entre as medidas provavelmente ocorreram devido à heterogeneidade do pó.

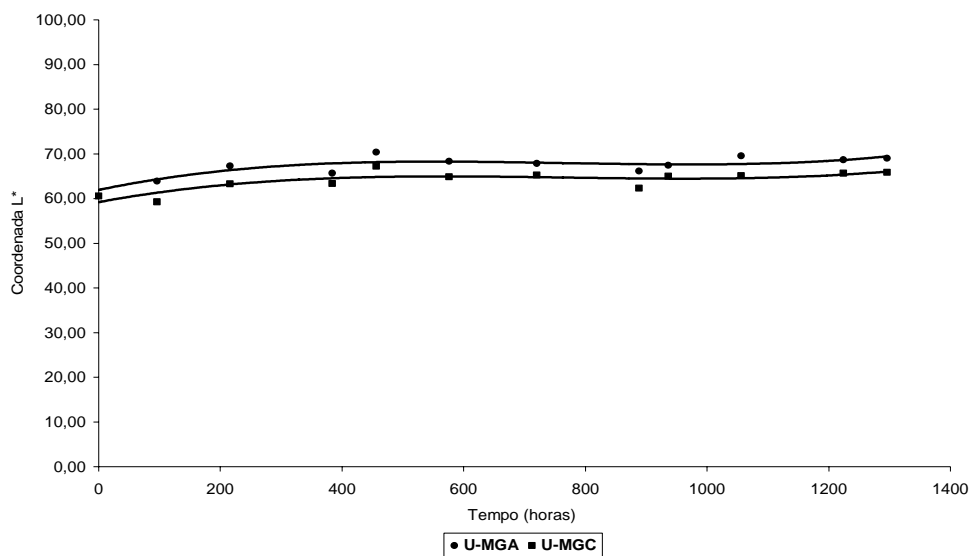


FIGURA 34 – Comportamento de L* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum, no escuro, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

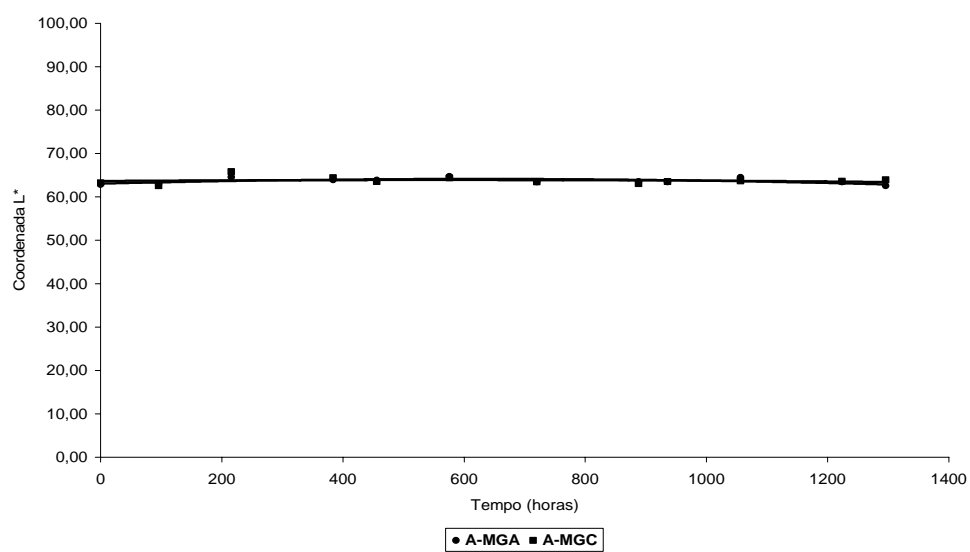


FIGURA 35 – Comportamento de L* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí, no escuro, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

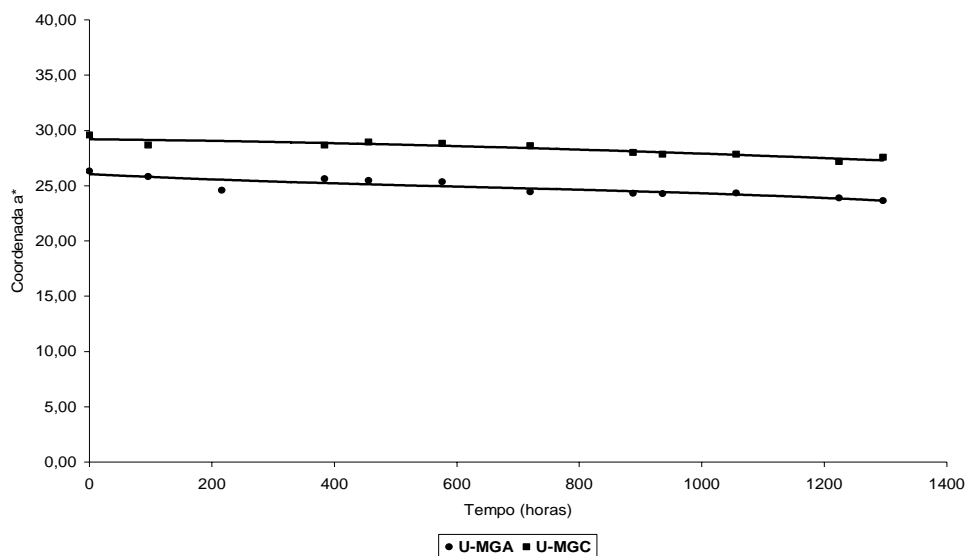


FIGURA 36 – Comportamento de a^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum, no escuro, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

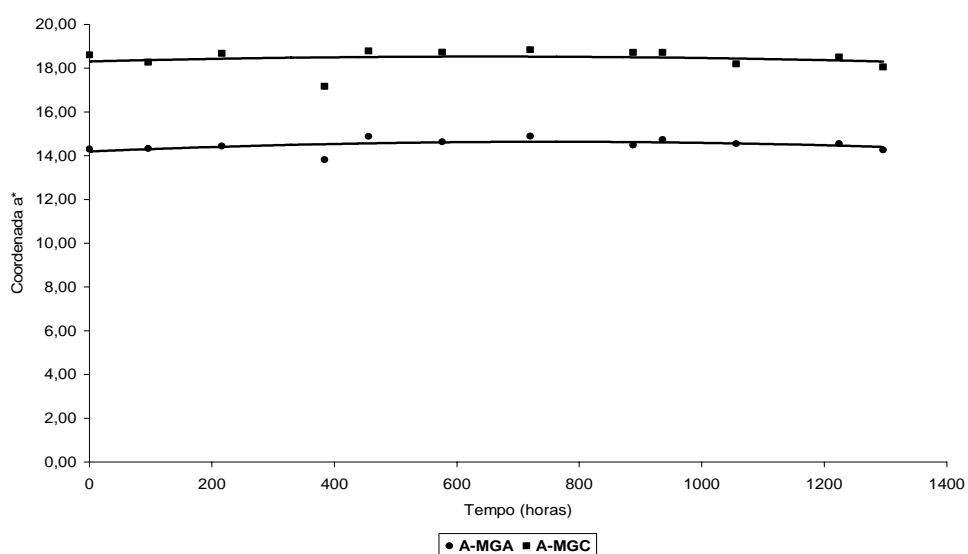


FIGURA 37 - Comportamento de a^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí, no escuro, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

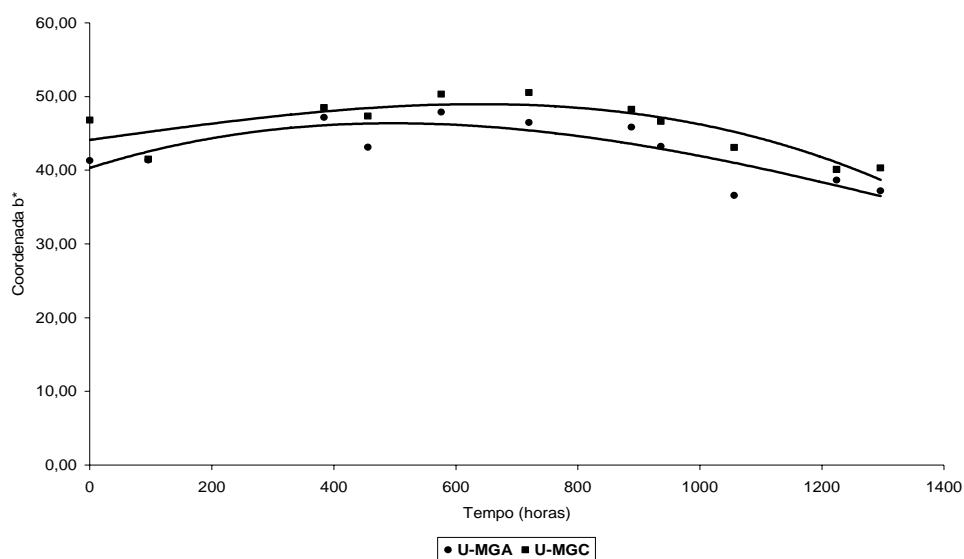


FIGURA 38 – Comportamento de b^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum, no escuro, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

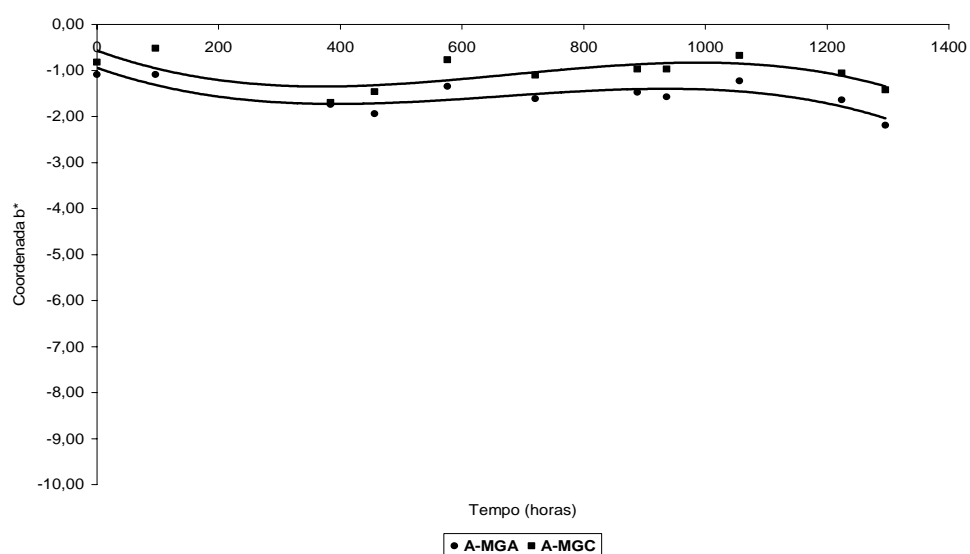


FIGURA 39 - Comportamento de b^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí, no escuro, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

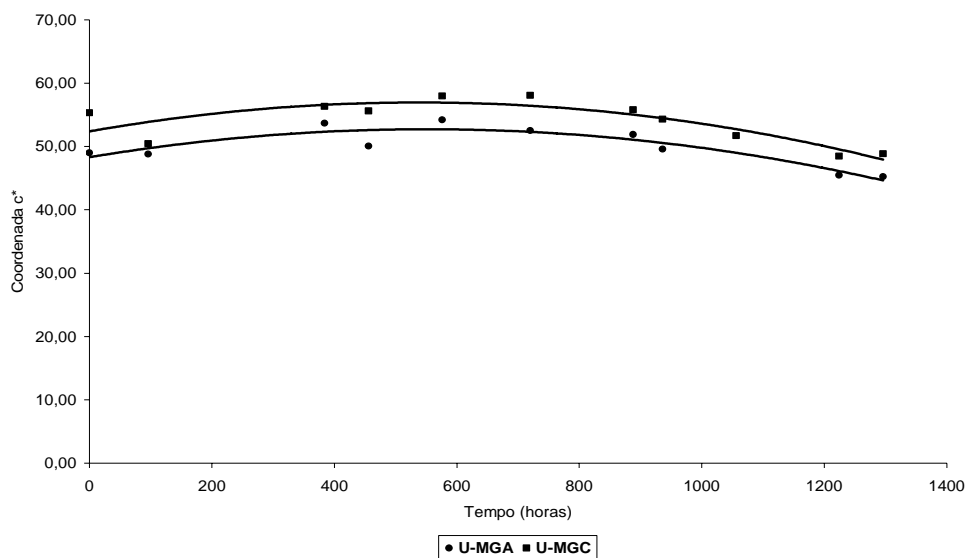


FIGURA 40 – Comportamento de c^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum, no escuro, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

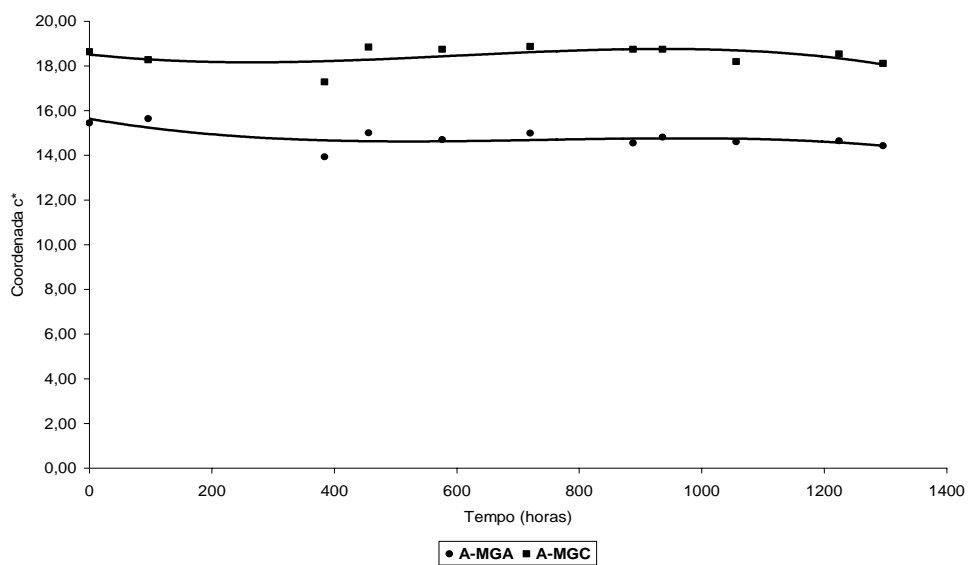


FIGURA 41 - Comportamento de c^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí, no escuro, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

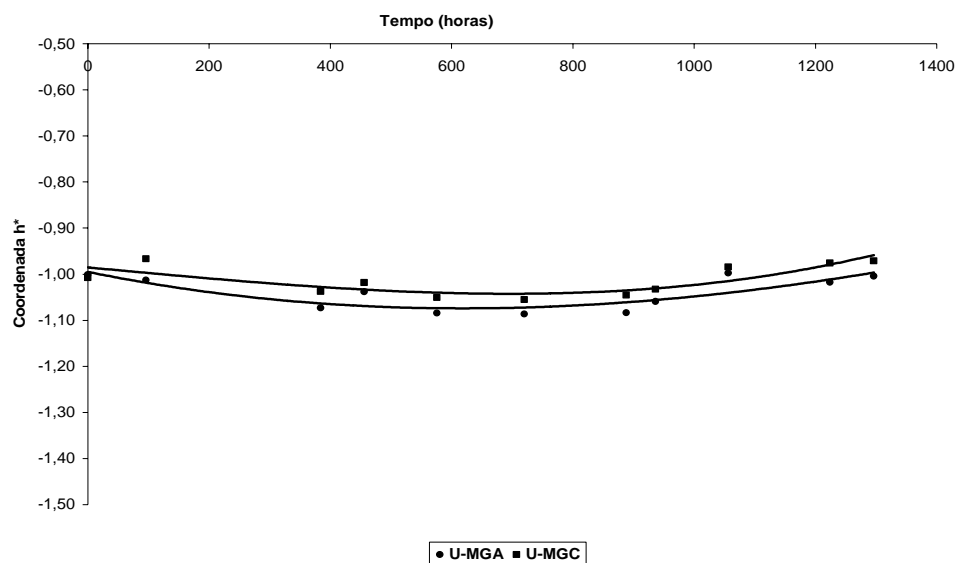


FIGURA 42 – Comportamento de h^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum, no escuro, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

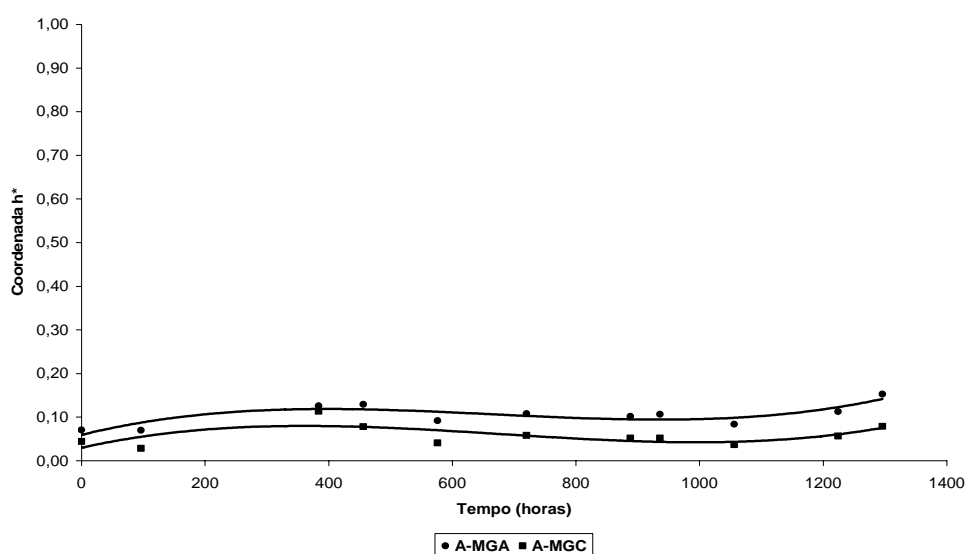


FIGURA 43 - Comportamento de h^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí, no escuro, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

5.3.5.2.2 Estabilidade na luz

A luminosidade para ambas as amostras (FIGURAS 44 e 45) apresentou um decréscimo mais acentuado no início do armazenamento para ambos os pigmentos.

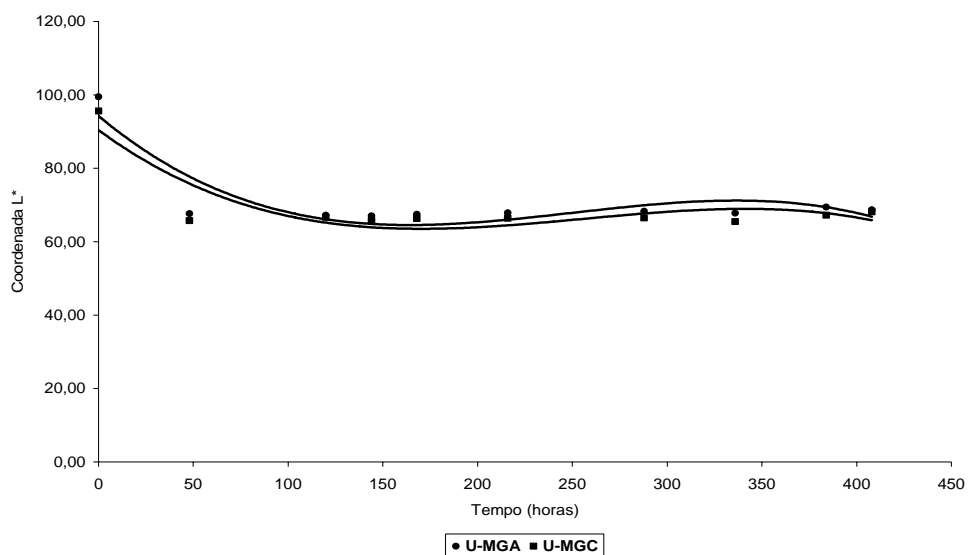


FIGURA 44 – Comportamento de L* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum, na luz, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

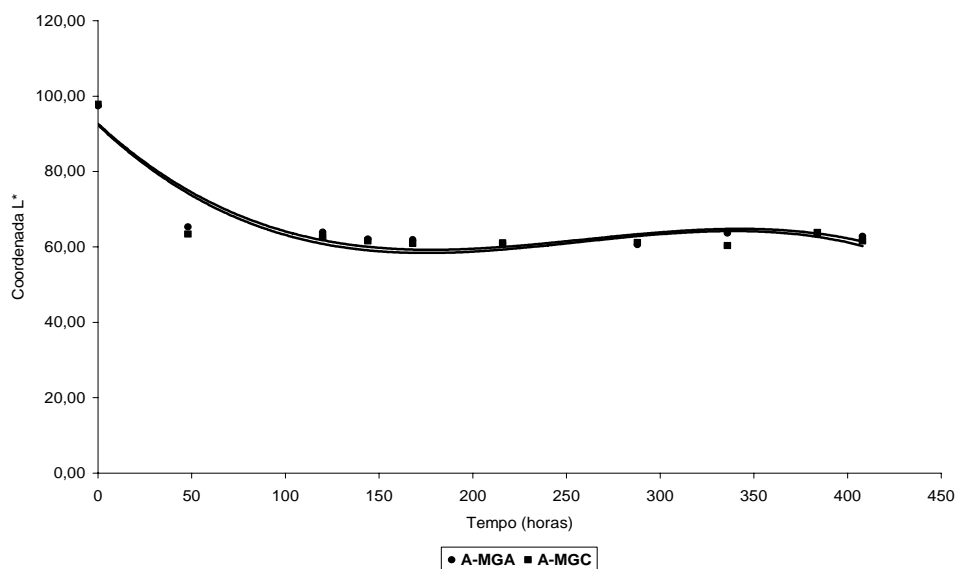


FIGURA 45 - Comportamento de L* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí, na luz, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

Os valores de a^* para as amostras (FIGURAS 46 e 47) decresceram inicialmente e depois ficaram constantes com o tempo, onde os valores de a^* das amostras com goma do cajueiro foram maiores que das amostras com goma arábica.

No caso do urucum, assim como aconteceu com o pigmento solubilizado em tampão, é esperado o declínio da coordenada a^* , uma vez que a mesma quantifica a intensidade de vermelho. Pela exposição à luz, a^* diminui, caracterizando a degradação dos pigmentos vermelho/alaranjados. A goma de cajueiro conferiu proteção semelhante àquela mostrada pela goma arábica.

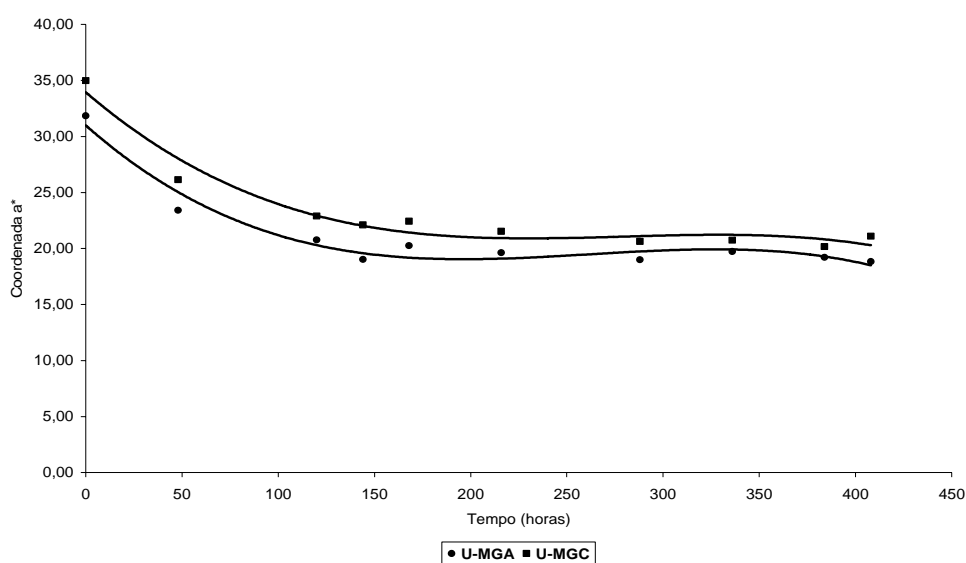


FIGURA 46 – Comportamento de a^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum, na luz, a 25°C.

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

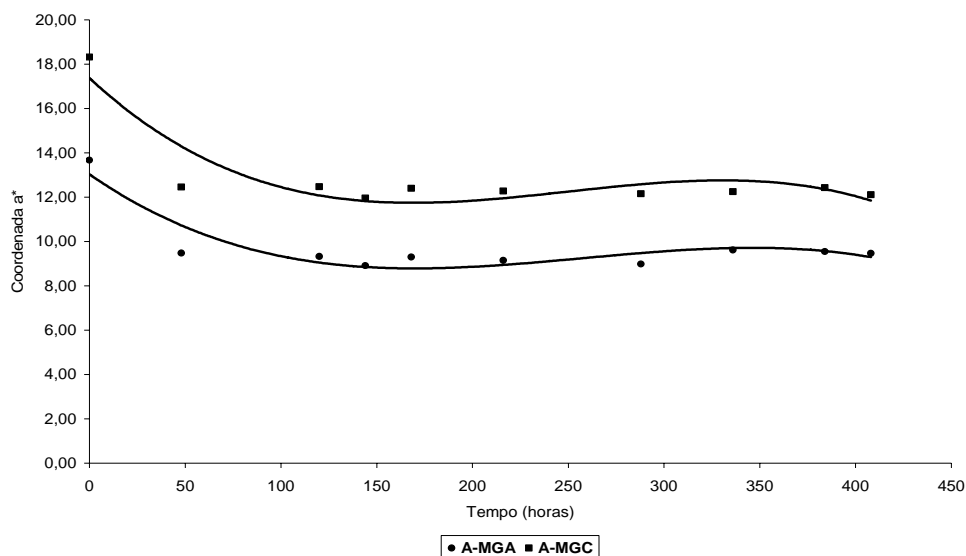


FIGURA 47 - Comportamento de a^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí, na luz, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

Os valores de b^* para as amostras de urucum (FIGURA 48) decresceram e adquiriram uma constância com o tempo, de forma semelhante para ambos os encapsulantes empregados. Tal comportamento foi observado por Constant (1999) durante o armazenamento de bixina microencapsulada com diferentes agentes encapsulantes. Conforme foi explicado em tal estudo, deve-se considerar que ao mesmo tempo em que compostos vermelhos estão sendo degradados (diminuição da coordenada a^*), os amarelos formados a partir destes também estão. Scotter (1995) relata que as formas amarelas seriam mais estáveis que os compostos de cor vermelha no pigmento do urucum.

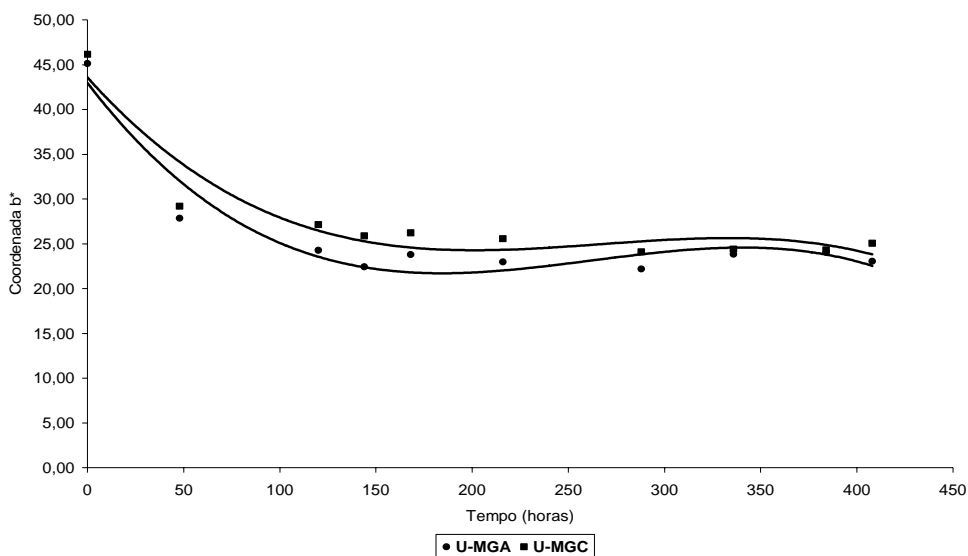


FIGURA 48 – Comportamento de b^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum, na luz, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

Na Figura 49, verificou-se que os pigmentos de açaí seguiram a tendência apresentada pelo pigmento de urucum para a coordenada b^* . Uma diminuição de b^* mostra um aumento da cor azul. No caso das antocianinas, a perda da cor avermelhada tornou a cor azul mais evidente.

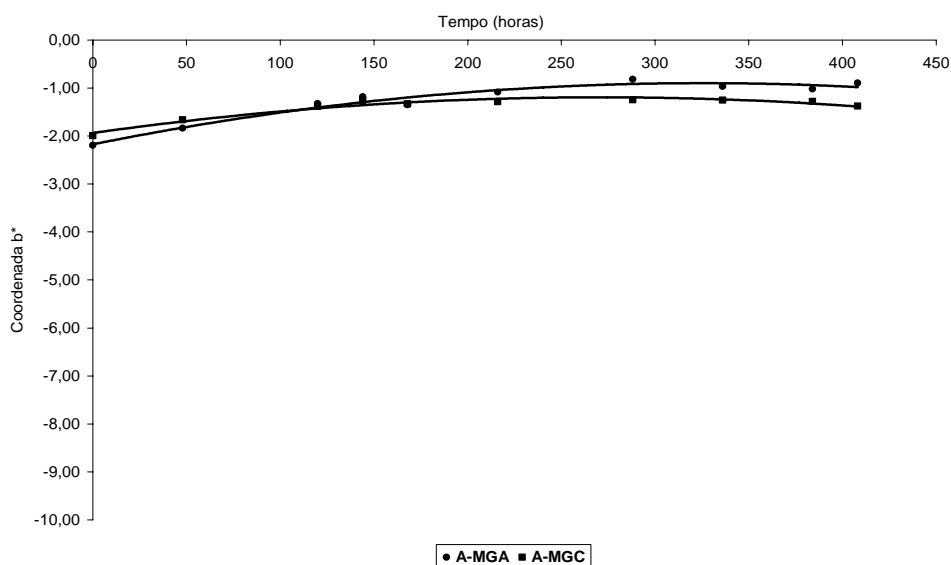


FIGURA 49 - Comportamento de b^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí, na luz, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

As Figuras 50, 51, 52 e 53 apresentam os gráficos do comportamento das coordenadas colorimétricas c^* e h^* para as formulações de urucum e açaí. Pode-se constatar que as variações sofridas pelas amostras de pigmentos para cada encapsulante são bastante similares, havendo uma perda da saturação mais acentuada no início do armazenamento e pouca alteração da tonalidade. Tais resultados foram semelhantes aos encontrados por Constant (2003), quando verificou a estabilidade de corantes de açaí desidratados por diferentes metodologias e veículos.

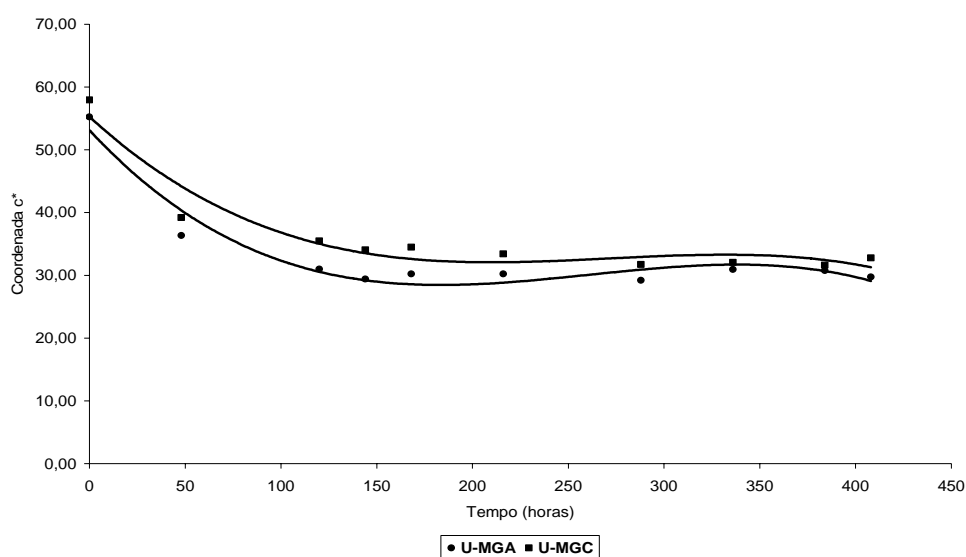


FIGURA 50 – Comportamento de c^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum, na luz, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

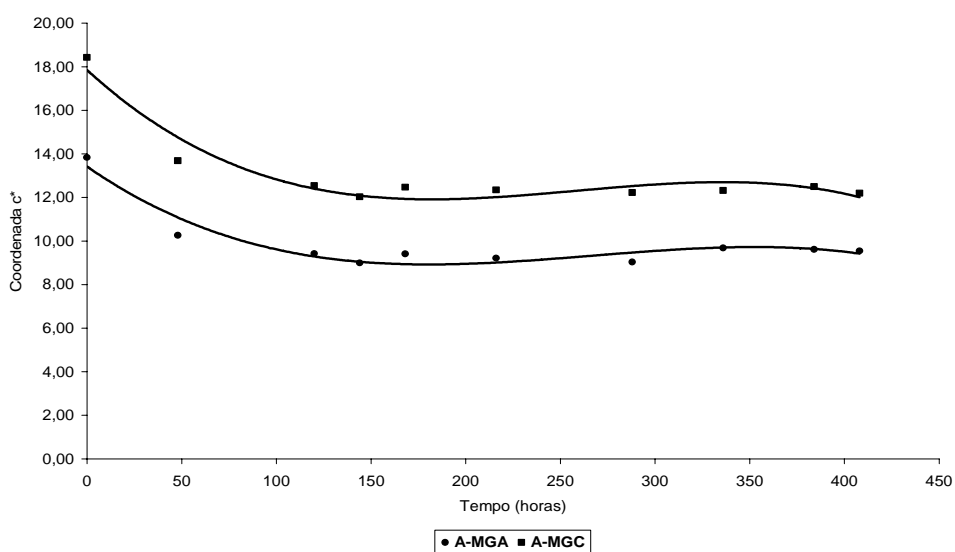


FIGURA 51 - Comportamento de c^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí, na luz, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

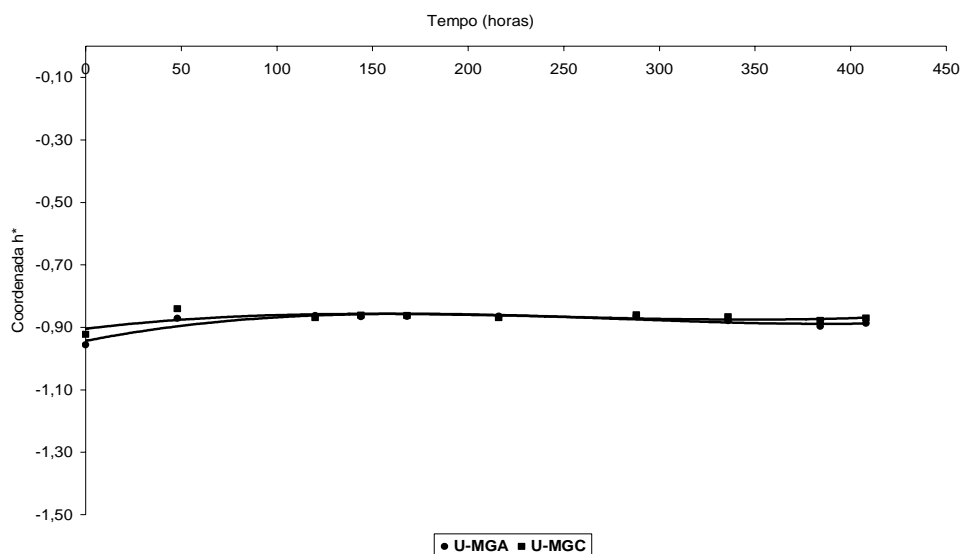


FIGURA 52 – Comportamento de h^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de urucum, na luz, a 25°C

*U-MGA: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma arábica

*U-MGC: extrato corante de urucum atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

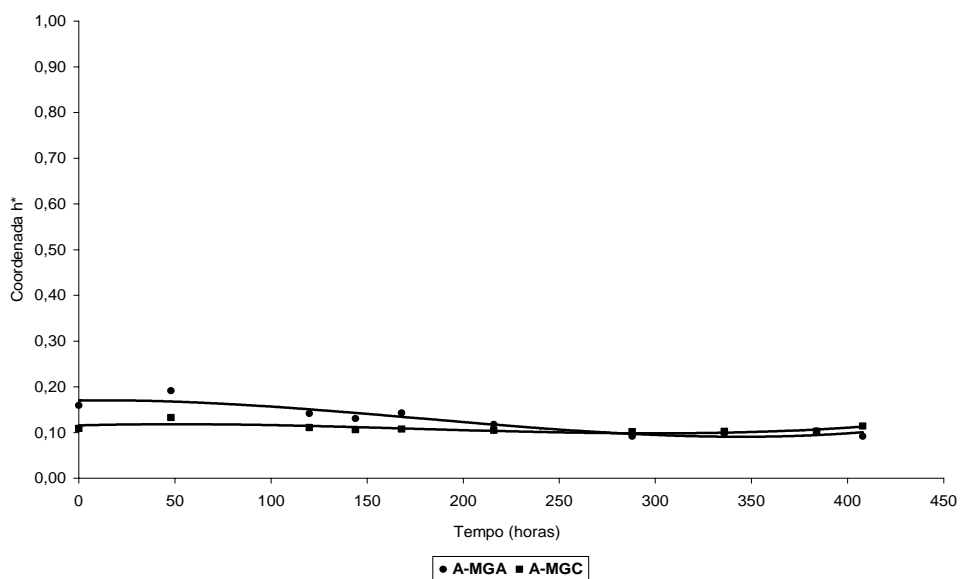


FIGURA 53 - Comportamento de h^* ao longo do tempo dos pigmentos atomizados de açaí, na luz, a 25°C

*A-MGA: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma arábica

*A-MGC: extrato corante de açaí atomizado com maltodextrina e goma do cajueiro

5 CONCLUSÕES

A técnica de microencapsulação por atomização em *spray drier* pode ser empregada em corantes naturais, gerando pós que são mais facilmente manipulados e de maior aplicabilidade que os corantes na forma de extrato.

Ao se estudar o efeito da atomização/microencapsulação em pigmentos naturais constatou-se que, no caso do núcleo ser lipossolúvel há a formação de microcápsulas de fato com o corante recoberto pelo material de parede, que pode ser constatada pela solubilidade elevada do produto em água. No caso de se empregar como núcleo um material hidrossolúvel, há a formação provavelmente de microesferas, sem a completa cobertura do material de parede. No entanto, os resultados de difração de raios-x e microscopia eletrônica não foram conclusivos para elucidação dessa questão.

Pelos resultados colorimétricos observou-se que os produtos atomizados mostraram maior estabilidade quando armazenados no escuro, comprovando o efeito deletério da luz aos corantes naturais. Os produtos na forma de pó apresentaram menores alterações nos parâmetros colorimétricos que aqueles ressolubilizados em solução-tampão.

A goma do cajueiro apresentou resultados bem similares aos demonstrados pela goma arábica, desde a morfologia das microcápsulas até a estabilidade dos corantes nas condições de armazenamento estudadas, o que sugere a viabilidade do emprego da goma do cajueiro como encapsulante.

A análise colorimétrica mostrou ser uma excelente ferramenta no acompanhamento da estabilidade de corantes, podendo ser utilizada para avaliação do grau de degradação dos mesmos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABURTO, L. C.; TAVARES, D. Q.; MARTUCCI, E. T. Microencapsulação de óleo essencial de laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 45-48, jan./abr. 1998.

ALVES, R. W. **Extração de corantes de urucum por processos adsortivos utilizando argilas comerciais e *colloidal gas apheons***. 2005. 173 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

ARAÚJO, J. M. A. **Química dos alimentos: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 1995.

BARBOSA, M.I. M. J.; BORSARELLI, C. D.; MERCADANTE, A. Z. Light stability of spray-dried bixin encapsulated with different edible polysaccharide preparations. **Food Research International**, v. 38, n. 8-9, p. 989-994, 2005.

BARBOSA FILHO, J. M. **Cajueiro**. Disponível em <http://inventabrasilnet.t5.com.br/cajuei.htm>. Acesso em: 11/01/2007.

BARROS, F. A. R.; STRINGHETA, P. C. Microencapsulação de antocianinas. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, ano IX, n. 36, p. 18-24, jan./jun. 2006.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, p. 420-428, 2005.

CÂNOVA, R. **Urucum**. Disponível em <http://www.alemdojardim.terra.com.br/alem/mar.2000>. Acesso em: 08/12/2006.

CASTILLO, A. R. A. **Efecto de la temperatura y um copigmento em la estabilidad de antocianinas de la col morada en una bebida**. 2003. Tese (Licenciatura em Ingeniería de Alimentos) - Universidad de las Américas, Puebla Escuela de Ingeniería, Cholula, Puebla, México, 2003. Disponível em http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/acevedo_c_ar/capitulo4. Acesso em: 06/06/2007.

CEINFO. Disponível em http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/artigo_conteudo.php?op=2&i=1&si=34&ar=93. Acesso em: 10/01/2007.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**, v. 3, São Paulo: Fundação Cargill, 2003.

CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**, 2ª ed., Lavras: UFLA, 2005.

CHR. HANSEN. Disponível em <http://www.chransen.com.br/servlet/ContentServer?pagename=Brazil%2FContent%2FContent&c=Content&cid=110...> Acesso em: 08/12/2006.

CIE. Commission Internationale d'Eclairage. **Colorimetry**, Vienna: CIE Publication, 2 ed., 1986.

CLARK, J. P. Food encapsulation: capturing one substance by another. **Products & Technologies Processing**, v. 56, n. 11, p. 63-65, nov. 2002.

CMDMC – Centro Multidisciplinar para o Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos. Disponível em <http://www.liec.com.br/pesquisa/pigmentos/page2.php>. Acesso em: 02/08/2007.

CONSTANT, P. B. L. **Microencapsulamento de bixina**: agentes encapsulantes, avaliação da qualidade e aplicações. 1999. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1999.

CONSTANT, P. B. L. **Extração, Caracterização e Aplicação de Antocianinas de Açaí** (*Euterpe oleracea*, M.). 2003. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2003.

CONSTANT, P. B. L.; STRINGHETA, P. C. Microencapsulação de ingredientes alimentícios. **Bol. SBCTA**, Campinas, v. 36, p. 12-18, jan./jun. 2002.

CONSTANT, P. B. L.; STRINGHETA, P. C.; SANDI, D. Corantes alimentícios. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 2, jul./dez. 2002.

Cor – Wikipédia. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/cor>. Acesso em: 22/08/2007.

Corantes e Pigmentos: a química nas cores. Disponível em <http://quimica.ufsc.br/qmcweb/artigos/dye/corantes.html>. Acesso em: 03/08/2007.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: MA/IBDF, v. 4, p. 358-359, 1978.

ERSUS, S.; YURDAGEL, U. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 3, p. 805-812, jun. 2007.

Estudo Nacional de Despesa Familiar – ENDEF. **Tabelas de composição de alimentos**. 4ª ed., Rio de Janeiro: IBGE, 1996.

FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins. **Journal of Food Science**, v. 33, p. 78-83, 1968.

GALLÃO, M. I.; FURTADO, R. S.; BRITO, E. S. Cytochemical characterization and structural approach to *Prosopis juliflora* (Sw) D.C. seed gum extraction. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 3, p. 2321-2324, 2005.

GALLORI, S.; BILIA, A. R.; BERGONZI, M. C.; BARBOSA, W. L. R.; VINCIERI, F. F. Polyphenolic constituents of fruits pulp of *Euterpe oleracea* Mart. (Açaí palm). **Chromatography**, v. 59, n. 11-12, p. 739-743, 2004.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 2002.

GIBBS, B. F.; KERMASHA, S.; ALLI, I.; MULLIGAN, C. N. Encapsulation in the industry: a review. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 50, p. 213-224, 1999.

Goma-arábica – Wikipédia. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Goma-arábica>. Acesso em: 03/08/2007.

GOUIN, S. Micro-encapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. **Trends in Food Science & Technology**, v. 15, n. 7-8, p. 330-347, 2004.

GRADINARU, G.; BILIADERIS, C. G.; KEFALAS, P.; GARCIA-VIGUERA, C. Thermal stability of *Hibiscus sabdariffa* L. anthocyanins in solution and in solid state: effects of copigmentation and glass transition. , **Food Chemistry**, v. 80, n. 3, p. 423-436, nov. 2003.

HEINZELMANN, K.; FRANKE, K. Using freezing and drying techniques of emulsions for the microencapsulation of fish oil to improve oxidation stability. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 12, n. 3-6, p. 223-229, 1999.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. v. 1, 3ª ed., São Paulo: Gráfica do Estado de São Paulo, 1985.

KITAJIMA, E.W.; LEITE, B. **Curso introdutório de microscopia eletrônica de varredura**. 2ª ed., Piracicaba: Núcleo de Apoio à Pesquisa em Microscopia Eletrônica Aplicada à Pesquisa Agropecuária/ESALQ, 1999.

KONICA MINOLTA. **Comunicação precisa da cor**: qualidade da percepção à instrumentação. Japão, 1998.

KUSKOSKI, E. M.; FREITAS, G. L.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; FETT, R. Atividade antioxidante de pigmentos antociânicos de polpas de frutas comercializadas em Florianópolis: método DMDP. In: XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2004, Recife, **Anais...** Pernambuco, 2004, v. 1, p. 55-57.

LIMA, A.C.; SANTOS, R. A.; ALMEIDA, F. A. G.; BANDEIRA, C. T. Estimulantes químicos na extração da goma do cajueiro (*Anacardium occidentale*, L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, 2001.

LIMA, R. S. N.; LIMA, J. R.; MOREIRA, R. A.; BANDEIRA, C. T. Utilização biotecnológica da resina exudada de cajueiro. **Anima**: Revista da Faculdade Integrada do Ceará, v. 1, n. 2, p. 9-16, out./dez. 2001.

LOKSUWAN, J. Characteristics of microencapsulated β -carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrin. **Food Hydrocolloids**, 2006.

LOPÉZ, S.E.E. **Encapsulados de luteína-enocianina y su aplicación en alimentos**. 2004. 68 f. Monografía (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Facultad de Ciencias Químicas y Farmacêuticas, Santiago, Chile, 2004. Disponível em http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2004/escalona_s/sources/escalona_s.pdf. Acesso em: 12/01/2007.

LYNG, S. M. O.; PASSOS, M.; FONTANA, J. D. Bixin and α -cyclodextrin inclusion complex and stability tests. **Process Biochemistry**, v. 40, n. 2, p. 865-872, 2005.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause: alimentos, nutrição & dietoterapia**. 9ª ed., São Paulo: Roca, 1998.

MATA, M. E. R. M. C.; MEDEIROS, S. S. A.; DUARTE, M. E. M. Microencapsulamento do umbu em pó com diferentes formulações de maltodextrina: estudo do tamanho das partículas por microscopia eletrônica. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, n.1, p.59-70, 2005.

MATIOLI, G.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Licopeno encapsulado em goma arábica e maltodextrina: estudo da estabilidade. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 5, p. 197-203, 2002.

MATIOLI, G.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Microencapsulação do licopeno com ciclodextrinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 23, p. 102-105, 2003.

MORITZ, D. E. **Produção de pigmentos monascus por *Monascus ruber* CCT 3802 em cultivo submerso**. 2005. 134 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MORRITA, T.; ASSUMPÇÃO, R. M. V. **Manual de soluções, reagentes e solventes**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1976.

MOTHÉ, C. G.; RAO, M. A. Rheological behavior of aqueous dispersions of cashew gum and gum Arabic: effect of concentration and blending. **Food Hydrocolloids**, v. 13, p. 501-506, 1999.

MOTHÉ, C. G.; RAO, M. A. Thermal behavior of gum arabic in comparison with cashew gum. **Thermochimica Acta**, v. 357-358, p. 9-13, 2000.

NETZ, P. A.; ORTEGA, G. G. **Fundamentos de físico-química: uma abordagem conceitual para as ciências farmacêuticas**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

OLIVEIRA, J. S. **Caracterização, extração e purificação por cromatografia de compostos de urucum (*Bixa orellana* L.)**. 2005. 192 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PAULA, H. C. B.; GOMES, F. J. S.; DE PAULA, R. C. M. Swelling studies of chitosan/cashew nut gum physical gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 58, p. 313-318, 2002.

Plasma Laboratory. Disponível em http://people.cecs.ucf.edu/sseal/plasma/Spray_Drier.JPG&imgrefurl. Acesso em 05/09/2007.

POMPEU, D. R.; BICHARA, C. M. G.; PINTO, S. V.; SAMPAIO, P. B.; ROGEZ, H. Possíveis efeitos hipocolesterêmico, hipotriglicêmico e hipoglicêmico em ratos wistar com hiperlipidemia induzida através do consumo de antocianinas dos frutos do açazeiro (*Euterpe oleracea*). In: XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2004, Recife. **Anais...** Pernambuco, 2004, p.1-4.

PRENTICE-HERNÁNDEZ, V.; RUSIG, O. Efeito da luz na estabilidade de um extrato microencapsulado obtido a partir do urucum (*Bixa orellana*, L.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 2, p. 185-189, 1999.

RÉ, M. I. Microencapsulação: em busca de produtos inteligentes. **Ciência Hoje**, v. 27, n. 162, p. 24-29, jul. 2000.

RODRIGUES, F. C.; OLIVEIRA, T. T.; NAGEM, T. J.; STRINGHETA, P. C.; FERREIRA JÚNIOR, D. B. **Metabolismo da naringerina e da bixina sobre o metabolismo lipídico de coelhos**. NewsLab, ed. 81, p. 116-124, 2007. Disponível em <http://www.newslab.com.br/newslab/pdf/artigos81/art03/art03.pdf>. Acesso em: 05/06/2007.

ROGEZ, H. **Açaí**: preparo, composição e melhoramento da conservação. Belém: EDUFPA, 2000.

ROSENBERG, M.; KOPELMAN, I. J.; TALMON, Y. A scanning electron microscopy study of microencapsulation, **Journal of Food Science**, v. 50, p. 139-144, 1985.

ROSENBERG, M.; KOPELMAN, I. J.; TALMON, Y. Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 139-144, 1990.

SANTOS, A. B.; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; GROSSO, C. R. F. Preparo e caracterização de microcápsulas de oleoresina de páprica obtidas por atomização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, abr./jun., 2005.

SANTOS, A. B.; FERREIRA, V. P.; GROSSO, C. R. F. Microcápsulas: uma alternativa viável. Microencapsulação de produtos sensíveis à oxidação: oleoresina de páprica. **Biocologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 16, p. 26-30, 2000.

SCHROOYEN, P. M. M.; VAN DER MEER, R.; DE KRUIF, C. G. Microencapsulation: its application in nutrition. **Nutrition and new processing technologies**, v. 60, p. 475-479, 2001.

SCOTTER, M. J. Characterization of the coloured thermal degradation products of bixin from annatto and a revised mechanism for their formation. **Food Chemistry**, v. 53, n. 2, p. 177-185, 1995.

SHEFER, A.; SHEFER, S. Novel encapsulation system provides controlled release of ingredients. **Food Technology**, v. 57, n. 11, p. 40-42, 2003.

SHEU, T. Y.; ROSENBERG, M. Microstructure of microcapsules consisting of whey proteins and carbohydrates. **Journal of Food Science**, v. 63, p. 491-494, 1998.

SHU, B.; YU, W.; ZHAO, Y.; LIU, X. Study on microencapsulation of lycopene by spray-drying. **Journal of Food Engineering**, 2005.

SILVA, D. A.; DE PAULA, R. C. M.; FEITOSA, J. P. A.; DE BRITO, A. C. F.; MACIEL, J. S.; PAULA, H. C. B. Carboxymethylation of cashew tree exudate polysaccharide. **Carbohydrate Polymers**, v. 58, p. 163-171, 2004.

SILVA, D. A.; FEITOSA, J. P. A.; MACIEL, J. S.; PAULA, H. C. B.; DE PAULA, R. C. M. Characterization of crosslinked cashew gum derivatives. **Carbohydrate Polymers**, v. 66, p. 16-26, 2006.

SOUZA, M. S. M. Ativos microencapsulados encontram mais aplicações. **Revista Química e Derivados**, n. 388, nov. 2000. Disponível em <http://www.quimica.com.br/revista/qd388/microencap1.htm>. Acesso em 08/12/2006.

STRINGHETA, P. C. **Identificação da estrutura e estudo da estabilidade das antocianinas extraídas da inflorescência de capim gordura (*Melinis minutiflora*, *P. Beauv.*)**. 1991. 138 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1991.

TALCOTT, S. Brazilian berry destroys câncer cells in lab, UF study shows. **University of Florida News**, Gainesville, 12 jan. 2006. Disponível em <http://news.ufl.edu/2006/01/12/berries>. Acesso em: 05/06/2007.

Terapêutica Farmácia de Manipulação. Disponível em http://www.farmacioterapeutica.com.br/sistema/editor_conteudo_mostrar_um.php?pesquisa=12:10:22. Acesso em 05/06/2007.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Indicadores naturais de pH: usar papel ou solução? **Química Nova**, v. 25, n. 4, 2002.

TORQUATO, D. S.; FERREIRA, M. L.; SÁ, G. C.; BRITO, E. S.; PINTO, G. A. S.; AZEVEDO, E. H. F. Evaluation of antimicrobial activity of cashew tree gum. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v. 20, p. 505-507, 2004.