

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE TECNOLOGIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS**

VIVIANE CRISTINA DALLAGNOL

AVALIAÇÃO DO EXTRATO DE BETERRABA MICROENCAPSULADO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CAMPO MOURÃO
2013**

VIVIANE CRISTINA DALLAGNOL

AVALIAÇÃO DO EXTRATO DE BETERRABA MICROENCAPSULADO

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia de Alimentos da Coordenação dos Cursos de Tecnologia e Engenharia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Campo Mourão, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Josiane Sereia.

CAMPO MOURÃO
2013



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Curso Superior de Tecnologia em Alimentos



TERMO DE APROVAÇÃO

Avaliação do Extrato de Beterraba Microencapsulado

por

Viviane Cristina Dallagnol

Este trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 9:00 horas do dia 24 de abril de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de GRADUAÇÃO DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS do curso de tecnologia em alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho Aprovado (aprovado, aprovado com restrição, ou reprovado)

Prof.ª Dr.ª Maria Josiane Sereia
(UTFPR)
(Orientadora)

Prof. Dr. Miguel Angel Aparicio Rodriguez
(UTFPR)

Prof. Dr. Odinei Hess Gonçalves
(UTFPR)

Visto da coordenação:

Prof.ª Dr.ª Adriana Aparecida Droval
Coordenadora do TCC



A minha mãe, por tudo que sou hoje e, principalmente, educação e exemplo de força e vitória.
Ao meu falecido pai.

AGRADECIMENTOS

A Deus,

À minha amada mãe, Geralda Magela Dallagnol, por todos os ensinamentos e incentivos empregados em minha educação e pelo exemplo sempre presente de força e vitória.

À minha irmã, Gelsiane Carolina Dallagnol, pelo apoio e amizade.

Às minhas amigas Bruna Sávio e Andressa Benedeti, pelo companheirismo e diversão compartilhada desde a adolescência.

Agradeço à minha prima, Janaina Samara Kowalski, pelo apoio neste trabalho, e nas alegrias proporcionadas em nossa infância.

À minha família, tias, tios e primos, pelos ensinamentos e incentivos desde criança.

À Prof^a. Adrielle Santos, que me orientou e deu toda atenção que sempre necessitei.

À Prof^a. Dr^a. Maria Josiane Sereia, pela orientação, pelo incentivo e confiança em meu trabalho.

À aluna Gislaine Francos Lemes, pelos momentos em sala de aula, colaboração e, continuidade deste trabalho.

Agradeço aos professores da banca examinadora pela atenção e contribuição dedicadas a este estudo.

Aos técnicos dos laboratórios de análises de alimentos, que foram essenciais para a realização de todos os experimentos.

RESUMO

DALLAGNOL, Viviane, C.; Trabalho de Conclusão de Curso (Avaliação do Extrato de Beterraba Microencapsulado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.

Cor é um atributo que influencia de forma decisiva na preferência do consumidor ao adquirir determinado alimento. Geralmente, afeta o julgamento, sendo utilizada como forte indicador de qualidade. Assim, o desenvolvimento de produtos de aparência atrativa é importante para a indústria de alimentos. Objetivou-se neste trabalho extrair e microencapsular o pigmento da beterraba vermelha de mesa (*Beta vulgaris* L., variedade *Asgrow Wonder*) utilizando maltodextrina e goma arábica por secagem em *spray dryer*. Foi avaliado a estabilidade dos pigmentos prontos frente a diferentes fatores como variação de temperatura (5°C, 25°C, 70°C e 90°C), pH e luz, visando determinar as condições adequadas para a manutenção da cor para futuras aplicações em produtos alimentícios processados e fermentados ou não. A melhor condição de processamento ou obtenção do corante de betalaína ocorreu em pH 4,0 e a temperatura de 25°C, em ausência de luz, utilizando como agente encapsulante a maltodextrina, no período de 15 dias. O mesmo não pode ser exposto a aquecimento prolongado e altas temperaturas, devido ao concentrado ser sensível ao processamento térmico. O rendimento do extrato encapsulado com maltodextrina foi de 120g, e goma arábica 125g.

Palavras Chaves: *Betalaína, maltodextrina, goma arábica, atomização.*

ABSTRACT

DALLAGNOL, Viviane, C.; Course work (Microencapsulated Beet Extract Evaluation)
- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.

The color is an attribute that influence decisively in the consumer preference when purchasing certain food. It usually affects on the judgment, being used as a strong indicator of quality. Thus, the products with an attractive appearance development are important for food industry. The objective of this microencapsulate work is to extract the red beet table pigment (*Beta vulgaris L., variety Asgrow Wonder*) using maltodextrin and arabic gum by spray dryer. It was evaluated the stability of the ready pigments with different temperature factors (5°C, 25°C, 70°C and 90°C), pH and light, in order to determine the appropriate conditions for color maintenance for future applications in processed food products fermented or not. The best condition or obtainment of the dye occurred is at pH 4.0 and 25°C, in the dark, using the maltodextrin as the encapsulating agent, on the 15th day. It cannot be exposed to a long heating process or high temperatures due to its concentration to be sensitive and thermal processing. The revenue of extract encapsulated with maltodextrin was in order of 120g, and Arabic gum in order of 125g.

Keywords: *Betalain, maltodextrin, arabic gum, atomization.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1 - ESTRUTURA QUÍMICA GERAL DA BETALAÍNA: (A) MOLÉCULA DE ÁCIDO BETALÂMICO, PRESENTE EM TODAS AS MOLÉCULAS DE BETALAÍNA; (B) ESTRUTURA QUE REPRESENTARÁ UMA BETACIANINA OU BETAXANTINA, DEPENDENDO DOS RADICAIS R1 E R2.....16**
- FIGURA 2 - ESQUEMA BÁSICO DE UM EQUIPAMENTO SPRAY DRYER UTILIZADO EM PROCESSOS DE MICROENCAPSULAÇÃO.....19**
- FIGURA 3 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DAS MICROESFERAS.....23**
- FIGURA 4 - FLUXOGRAMA DA AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DO EXTRATO ENCAPSULADO COM GOMA ARÁBICA E MALTODEXTRINA.27**
- FIGURA 5 – CURVA DE DEGRADAÇÃO DAS AMOSTRAS DO CORANTE DE BETALAÍNA DO TRATAMENTO “CONTROLE” (NÃO ENCAPSULADO) E DAS AMOSTRAS ENCAPSULADAS COM MALTODEXTRINA (MD) E GOMA ARÁBICA (GA) MANTIDAS EM SOLUÇÃO TAMPÃO PH 2,0, 3,0 E 4,0, A 25°C NA PRESENÇA DE LUZ DURANTE 15 DIAS.....30**
- FIGURA 6 – CURVA DE DEGRADAÇÃO DAS AMOSTRAS DO CORANTE DE BETALAÍNA DO TRATAMENTO “CONTROLE” (NÃO ENCAPSULADO) E DAS AMOSTRAS ENCAPSULADAS COM MALTODEXTRINA (MD) E GOMA ARÁBICA (GA) MANTIDAS EM SOLUÇÃO TAMPÃO PH 2,0, 3,0 E 4,0 A 25°C NA AUSÊNCIA DA LUZ DURANTE 15 DIAS.....31**
- FIGURA 7 – CURVAS DE DEGRADAÇÃO DAS AMOSTRAS DO CORANTE DE BETALAÍNA DO TRATAMENTO “CONTROLE” (NÃO ENCAPSULADO) E DAS AMOSTRAS ENCAPSULADAS COM MALTODEXTRINA (MD) E GOMA ARÁBICA (GA) MANTIDAS EM SOLUÇÃO TAMPÃO DE PH 2,0 A 25°, 70° E 90°C NA AUSÊNCIA DE LUZ DURANTE 15 DIAS.....36**
- FIGURA 8 – CURVAS DE DEGRADAÇÃO DAS AMOSTRAS DO CORANTE DE BETALAÍNA DO TRATAMENTO “CONTROLE” (NÃO ENCAPSULADO) E DAS AMOSTRAS ENCAPSULADAS COM MALTODEXTRINA (MD) E GOMA ARÁBICA (GA) MANTIDAS EM SOLUÇÃO TAMPÃO DE PH 3,0 A 25°, 70° E 90°C NA AUSÊNCIA DE LUZ DURANTE 15 DIAS.....36**
- FIGURA 9 – CURVAS DE DEGRADAÇÃO DAS AMOSTRAS DO CORANTE DE BETALAÍNA DO TRATAMENTO “CONTROLE” (NÃO ENCAPSULADO) E DAS AMOSTRAS ENCAPSULADAS COM MALTODEXTRINA (MD) E GOMA ARÁBICA (GA)**

MANTIDAS EM SOLUÇÃO TAMPÃO DE PH 4,0 A 25°, 70° E 90°C NA AUSÊNCIA DE LUZ DURANTE 15 DIAS.....37

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES..... | 7 |
| SUMÁRIO..... | 9 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2. OBJETIVOS..... | 13 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL..... | 13 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 13 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA..... | 14 |
| 3.1 MICROENCAPSULAÇÃO..... | 14 |
| 3.2 CORANTE NATURAL..... | 15 |
| 3.3 BETALAÍNA / ESTRUTURA..... | 16 |
| 3.4 MALTODEXTRINA..... | 17 |
| 3.5 GOMA ARÁBICA..... | 18 |
| 3.6 ATOMIZAÇÃO SPRAY DRYER | 18 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS..... | 20 |
| 4.1 LOCAL DE ESTUDO..... | 20 |
| 4.2 MATERIAL..... | 20 |
| 4.3 MÉTODO..... | 20 |
| 4.3.1 PREPARO DO EXTRATO..... | 21 |
| 4.3.2 PREPARO DO ENCAPSULANTE..... | 21 |
| 4.3.3 ATOMIZAÇÃO EM SPRAY DRYER..... | 22 |
| 4.3.4 ESTUDO DA ESTABILIDADE..... | 23 |
| 4.3.4.1 pH..... | 24 |
| 4.3.4.2 Luz..... | 24 |
| 4.3.4.3 Temperatura..... | 24 |
| 4.3.4.4 Leitura das Absorbâncias..... | 25 |
| 4.4 RENDIMENTO..... | 26 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 28 |
| 5.1 pH E LUZ..... | 28 |
| 5.2 TEMPERATURA..... | 33 |
| 5.3 AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO..... | 39 |
| 5.3.1 DADOS DAS FORMULAÇÕES..... | 39 |

6. CONCLUSÃO.....41

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....42

1. INTRODUÇÃO

A cor original no produto industrializado e armazenado é um fator de qualidade e a adição de pigmentos naturais ou artificiais faz com que o alimento tenha uma aparência mais agradável e também maior estabilidade. Para os pigmentos naturais essa manutenção é difícil devido às transformações físicas e químicas que estes podem sofrer que resultam em alterações sensoriais como a exemplo da perda de cor dos alimentos processados e, em consequência, diminuição na aceitação pelo consumidor (ARAÚJO, 2006).

O concentrado de beterraba, de coloração vermelha, é obtido do suco da *Beta vulgaris*, por prensagem ou extração em solução de etanol e posterior purificação. O produto concentrado é solúvel em água e insolúvel em óleo (ARAÚJO, 2006).

Segundo Drunkler et al. (2006), as betalaínas podem ser empregadas como corante em alimentos, no entanto, fatores como pH, temperatura, oxigênio, luz, atividade de água, presença de contaminantes metálicos, entre outros, afetam sua estabilidade e restringem seu uso.

A maltodextrina procede da hidrólise parcial de amidos de diferentes fontes botânicas e resulta em moléculas de dextroses com valores de equivalente (DE) menor que 20, muito utilizadas na indústria de alimentos, devido às propriedades, como alta solubilidade em água, baixa densidade e por não apresentar sabores adocicados ou de amido (CHRONAKIS 1988 apud HAUPTLI, 2009).

A goma arábica é empregada por apresentar baixa viscosidade em solução aquosa, promover boa retenção de compostos voláteis e conferir proteção efetiva contra oxidação (ABURTO; TAVARES; MARTUCCI, 1998). Entretanto, sua aplicação tem sido substituída principalmente por ter alto custo e pela falta de disponibilidade, que ocorrem devido às variações climáticas nas regiões onde é produzida (McNAMEE; O'RIORDAN; O'SULLIVAN, 1998).

A atomização é um método antigo de microencapsulação, usado desde a década de 1930 para preparar os primeiros compostos de sabor micro

encapsulados. É uma técnica barata, e a mais utilizada nos processos de encapsulação, pela indústria de alimentos (DZIEZAK, 1988).

A encapsulação envolve uma substância por outra, onde, o material encapsulado (núcleo) pode ser um líquido ou um sólido, e o material encapsulante (cobertura, parede ou matriz) é geralmente o polissacarídeo (CLARK, 2002).

O conceito de microcápsula surgiu da idealização do modelo celular. Neste, a membrana que envolve e protege o citoplasma e os demais componentes exerce, ao mesmo tempo, outras funções, como controlar a entrada e saída de material na célula. De modo semelhante, uma microcápsula consiste, em geral, em uma camada de polímero que atua como um filme protetor, isolando a substância ativa e evitando os efeitos de sua exposição inadequada (RÉ, 1998).

Poucos estudos foram realizados com corantes de betalaínas na forma de xarope ou pó atomizado em *spray dryer* com o objetivo de avaliar sua estabilidade durante o processamento e armazenamento. Desta forma, nem sempre a indústria de alimentos emprega estas matérias primas para colorir seus produtos, por não conseguir padrão de cor específica. Em sua maioria, quando empregados, as tonalidades variam entre os tons de vermelho e o amarelo.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo elaborar e encapsular em *spray dryer* com maltodextrina e goma arábica o pigmento de betalaína obtido da beterraba (*Beta vulgaris*) e definir condições ótimas de pH, temperatura e exposição à luz possíveis de serem reproduzidas durante o processamento e armazenamento de produtos industrializados como sorvetes, iogurtes, flans, balas, molhos, cosméticos, goma de mascar e outros.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Microencapsular o pigmento betalaína, usando como agente encapsulante a goma arábica e a maltodextrina e definir as condições ótimas de pH, temperatura e exposição a luz para serem reproduzidas durante o processamento e armazenamento de produtos industrializados.

2.2 Objetivos Específicos

- ⌚ Realizar a extração do pigmento betalaína a partir da beterraba (*Beta vulgaris*);
- ⌚ Determinar a formulação padrão dos agentes encapsulantes;
- ⌚ Realizar a microencapsulação do pigmento em *spray dryer* usando a goma arábica e a maltodextrina;
- ⌚ Comparar a estabilidade dos agentes encapsulados e não encapsulados frente à variação de temperatura, pH e luz;
- ⌚ Identificar o agente encapsulante adequado e respectivas condições de temperatura, pH e exposição à luz, para futuras aplicações industriais;
- ⌚ Avaliar o rendimento do material encapsulado nos dois tratamentos: goma arábica e maltodextrina.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Microencapsulação

O processo de microencapsulação envolve minúsculas partículas de ingredientes ativos de gás, líquido ou sólidos que são empacotados dentro de um segundo material, geralmente polissacarídeos e oligossacarídeos (RISCH; REINECCIUS 1995 apud BARROS, 2011).

As indústrias de alimentos utilizam a microencapsulação, com a finalidade de proteger os ingredientes encapsulados contra oxidação química ou de fatores do ambiente como: temperatura, luz, oxigênio, ou proteção no caso de algumas vitaminas, polipeptídeos e compostos bioativos (THIES, 1994).

As micropartículas, em sua estrutura física, são 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”. Nas microesferas, o polímero forma uma rede tridimensional onde o material a ser microencapsulado pode estar adsorvido, incorporado ou ligado covalentemente à matriz polimérica, formando sistemas de dissolução, dispersão ou sistemas porosos (JÚNIOR 2005 apud BARROS, 2011).

Tradicionalmente, o *spray dryer* é o método mais comum de encapsulação de ingredientes alimentícios. Comparado aos outros métodos, possui um custo baixo de produção, portanto, tem um vasto uso na indústria de aromas (CONSTANT 1999 apud SILVA; NACHTIGALL; STRINGHETA, 2009).

Para iniciar o processo de encapsulação, o primeiro passo é selecionar o agente encapsulante adequado, que deve ter propriedades emulsificantes, ser capaz de formar filmes, ser biodegradável, resistente ao trato gastrointestinal, ter baixa viscosidade a altos níveis de sólidos, exibir baixa higroscopicidade e ser de baixo custo. Os agentes encapsulantes mais utilizados no *spray dryer* são, goma arábica,

amidos modificados e amidos hidrolisados (CONSTANT 1999 apud SILVA; NACHTIGALL; STRINGHETA, 2009).

A encapsulação conduzida em um *spray dryer* envolve três etapas básicas: a primeira, relativa à preparação da dispersão ou emulsão a ser processada; a segunda, homogeneização da dispersão; e, finalmente a atomização da massa dentro da câmara de secagem (RISCH; REINECCIUS 1995 apud BARROS, 2011).

Além de proteger o núcleo contra degradações químicas, a matriz encapsulante atua como um estabilizante das propriedades físicas do produto (BHANDARI et al., 1993).

3.2 Corante natural

É de preferência notável, a simpatia do consumidor pelos ingredientes de origem natural. Com isto, as principais empresas e centros de pesquisa estão desenvolvendo métodos para deixar os corantes naturais mais estáveis à luz e ao calor (HANSEN, 1997).

Os corantes naturais presentes em alimentos possuem estruturas químicas complexantes com diferentes grupos funcionais na molécula (BOBBIO, 1995).

São classificados como: corante orgânico natural, aquele obtido a partir de vegetal, ou eventualmente, de animal, cujo princípio corante tenha sido isolado com emprego de processo tecnológico adequado (HANSEN, 1997).

“No Brasil, o corante natural vermelho de beterraba é de uso permitido em alimentos e bebidas” (DRUNKLER et al., 2006).

3.3 Betalaína / Estrutura

As betalaínas, pigmentos nitrogenados, se dividem em betalaínas (vermelhas) e as betaxantinas (brancas ou levemente amareladas), existentes somente em vegetais da família das *Centrospermae*, á qual pertence á beterraba (BOBBIO, 1995).

Estão localizadas nos vacúolos das plantas, são compostos N - heterocíclicos solúveis em água. A figura 1 apresenta a estrutura química geral do pigmento betalaína (DRUNKLER et al., 2006).

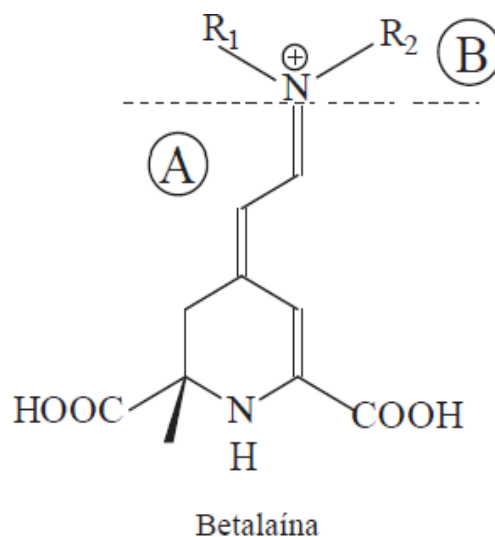


Figura 1 - Estrutura química geral da betalaína: (A) molécula de ácido betalâmico, presente em todas as moléculas de betalaína; (B) estrutura que representará uma betacianina ou betaxantina, dependendo dos radicais R1 e R2
Fonte: Drunkler et al. (2006).

Segundo Drunkler et al. (2006), a estrutura geral das betalaínas contém o ácido betalâmico acompanhado de um radical R1 ou R2. Estes radicais são uma representação geral para os possíveis substituintes desse ponto da estrutura, que podem ser de um simples hidrogênio a um complexo substituinte. A variação desses grupos é em função das diferentes fontes de onde podem ser obtidos esses pigmentos e determinam sua tonalidade e estabilidade.

As betalaínas são identificadas como um antioxidante natural. Estudos mostram que esta envolvida na proteção de proteínas de baixa densidade - *Low Density Lipoproteins* (colesterol LDL) e contra modificações oxidativas (DRUNKLER et al., 2006).

A cor difere dependendo do pH em que foi dissolvida: entre 4,0 e 7,0 apresenta coloração vermelho brilhante; Em pH mais baixo, a coloração torna-se vermelho mais escura; Em pH mais elevado, vermelho violeta (ARAÚJO, 2006).

Com adição de ácido cítrico e ascórbico, aumenta-se a vida útil do concentrado, que atuam como complexantes dos íons metálicos e antioxidante. O extrato de beterraba pode ser encontrado para comercialização na forma de xarope ou pó (OLIVEIRA, 1998).

3.4 Maltodextrina

A maltodextrina é um derivado do amido com uma ampla gama de aplicações. O amido de milho tem sido amplamente utilizado como matéria-prima na produção da maltodextrina (MOORE, 2005).

A maltodextrina, diferentemente do amido nativo, é solúvel em água. Consiste de uma mistura de sacarídeos com uma ampla distribuição do peso molecular entre polissacarídeos e oligossacarídeos. É encontrada no mercado na forma de pó (CHRONAKIS 1988 apud HAUPTLI, 2009).

São aplicadas nas formulações de produtos como: molhos para saladas, bebidas, produtos lácteos, embutidos, panificação, confeitaria, encapsulamento de aromas (SCHIMIDT et al., 1993).

3.5 Goma arábica

A goma arábica é uma resina natural composta por polissacarídeos e glicoproteínas que é extraída de duas espécies de acácia da região subsaariana, mas especificamente das espécies *Acacia senegal* e *Acacia seyal*. É frequentemente usada como espessante e estabilizante para vários alimentos (CEINFO, 2012).

A goma arábica pode sofrer modificações físico-químicas em suas propriedades, dependendo da idade da planta, origem e condições climáticas (MOTHÉ; RAO 1999 apud LANDIM, 2008).

Também a indústria farmacêutica recorre à goma arábica como espessante para xaropes e para confeccionar cápsulas e recobrimento de comprimidos (CEINFO, 2012).

3.6 Atomização Spray Dryer

Utiliza-se um secador denominado atomizador *spray dryer*, com a finalidade de realizar a desidratação de alimentos líquidos ou pastosos. O equipamento consiste de uma câmara, no qual o fluido a ser desidratado é introduzido por aspersão sob pressão, resultando em micro gotículas, que recebem uma corrente de ar aquecido, suprindo o calor necessário á evaporação, havendo, assim, a formação de partículas secas (AZEREDO, 2004).

Essa tecnologia tem sido aplicada em muitas áreas, incluindo nas indústrias alimentícias, farmacêutica, cerâmica, de polímero e química (VEHRING, 2007).

O esquema básico de um *spray dryer* está apresentado na figura 2.

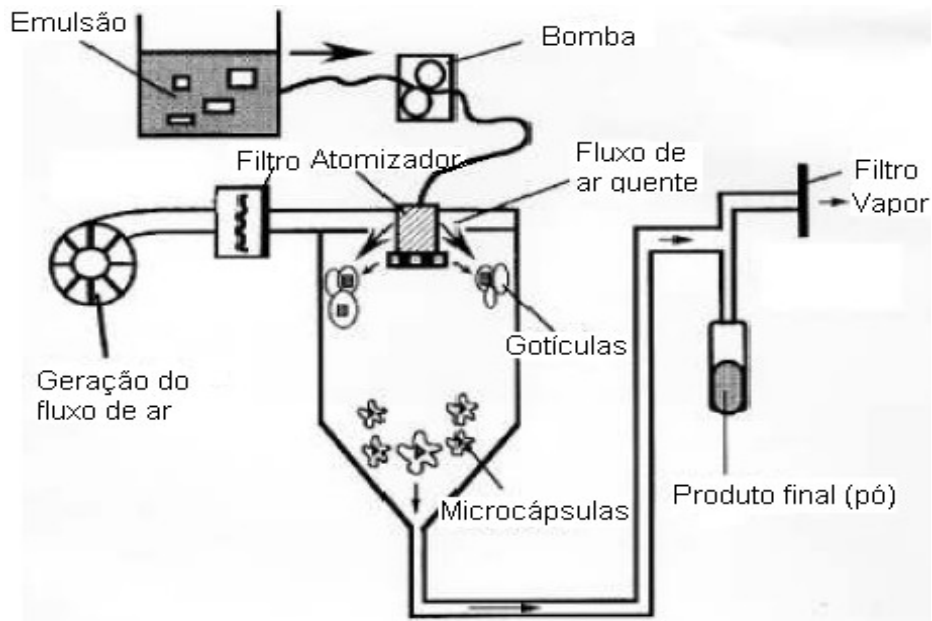


Figura 2 - Esquema básico de um equipamento *spray dryer* utilizado em processos de microencapsulação.

Fonte: Microbelcaps (2012).

Por meio de um bico atomizador, a emulsão ou solução do material a ser encapsulado (núcleo) com a matriz encapsulante é bombeada através de um bico atomizador, na forma de gotículas (*spray*), para uma câmara de secagem, por onde passa um fluxo de ar quente. Em contato com o ar aquecido, a alta relação área de superfície/volume das gotículas promove rápida evaporação da água, e as gotículas transformam-se (pó). Com isso o tempo de exposição do material ao calor é curto (1 a 2 segundos), e a temperatura do núcleo não ultrapassa 100°C, o que reduz a ocorrência de alterações indesejáveis em compostos termo sensíveis (DZIEZAK, 1988).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de estudo

Este estudo foi realizado no laboratório de processamento e de análise de alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus de Campo Mourão no período de fevereiro a novembro de 2012. Avaliou-se a estabilidade dos pigmentos microencapsulados com goma arábica e maltodextrina frente à variação de temperatura, pH e luz.

4.2 Material

A beterraba vermelha de mesa (*Beta vulgaris* L., variedade *Asgrow Wonder*), etanol e as lâmpadas foram obtidos no comércio local. A maltodextrina da marca *Athletica* (sem adição de aroma - 1Kg), em uma revenda de produtos naturais e a goma arábica da marca *Gastronomy Lab Modernist Solutions* foi adquirida através do site www.gastronomylab.com.

4.3 Método

As formulações das dispersões seguiram a proporção de 1:4 de extrato em relação à quantidade de encapsulante para ambos (GIBBS et al., 1999).

Para o estudo, foi utilizado 8kg beterraba vermelha de mesa (*Beta vulgaris* L., variedade *Asgrow Wonder*) e 16L de álcool etílico hidratado 92,8°GL.

Beterrabas sem danos mecânicos e microbiológicos foram selecionadas, lavadas e após, sanitizadas em água clorada para reduzir a contaminação

microbiana. Depois, foram picadas em cubos de aproximadamente 1cm³, embaladas em sacos plásticos de polietileno e, em seguida, armazenadas em freezer a temperatura de $-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ até início dos testes.

4.3.1 Preparo do extrato

Para o preparo do extrato foi utilizada a metodologia descrita por Drunkler et al., (2006), a extração do pigmento foi feita com solução de etanol a 70% (v/v), utilizando-se álcool 92,5%, e água potável. Para calibração da solução alcoólica, utilizou-se alcoômetro de Gay-Lussac. Para o preparo da mistura, utilizou-se uma proporção de 1:2 p/v, relação peso de beterraba por volume de solvente.

A mistura foi homogeneizada em liquidificador industrial aço inox marca Vithory, durante cerca de um minuto na velocidade de 17000rpm, a temperatura ambiente, em seguida, o extrato permaneceu sob maceração em incubadora Shaker (Hrydosam), em recipiente fechado, pelo período de 24 horas ao abrigo da luz e sob refrigeração ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$).

Após a maceração, o material foi prensado manualmente em pano fino (com o intuito de eliminar os resíduos sólidos) e filtrado em gazi e algodão com auxílio de um funil e uma bureta. Foram adicionados ao extrato 0,5% de solução de sorbato de potássio a 5% (p/v) com o objetivo de prevenir desenvolvimento de fungos. O extrato obtido foi armazenado em frasco âmbar, sob refrigeração ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$).

4.3.2 Preparo do encapsulante

A homogeneização do extrato com a matriz encapsulante foi feita com auxílio de um agitador mecânico Fisatom mod. 7130, seguindo metodologia descrita por Valduga (2008).

As formulações foram preparadas seguindo a proporção 1:4 p/p de extrato e encapsulante.

A tabela 1 apresenta a proporção de extrato e matriz encapsulante empregado para a proteção dos corantes encapsulados.

| FORMULAÇÕES | | |
|------------------------|------------------|--------------|
| Tratamentos | Encapsulante (g) | Extrato (mL) |
| I - Maltodextrina (MD) | 60 | 15 |
| II - Goma-arábica (GA) | 60 | 15 |

Tabela 1 - Esquema das formulações empregadas para obtenção das microesferas do corante natural da beterraba vermelha de mesa (*Beta vulgaris* L., variedade *Asgrow Wonder*)

4.3.3 Atomização em Spray Dryer

O material encapsulado foi seco em *spray dryer* de acordo com metodologia descrita por Valduga (2008). As condições operacionais de secagem foram: temperatura do ar de secagem de entrada 150°C e saída 90°C; pressão de atomização: 0,08 a 0,14 bar; vazão média do ar de secagem: 3.8 m³/h; vazão média de alimentação: 0,6L/h.

A figura 3 apresenta o fluxograma do processo de obtenção das microesferas de betalaína.

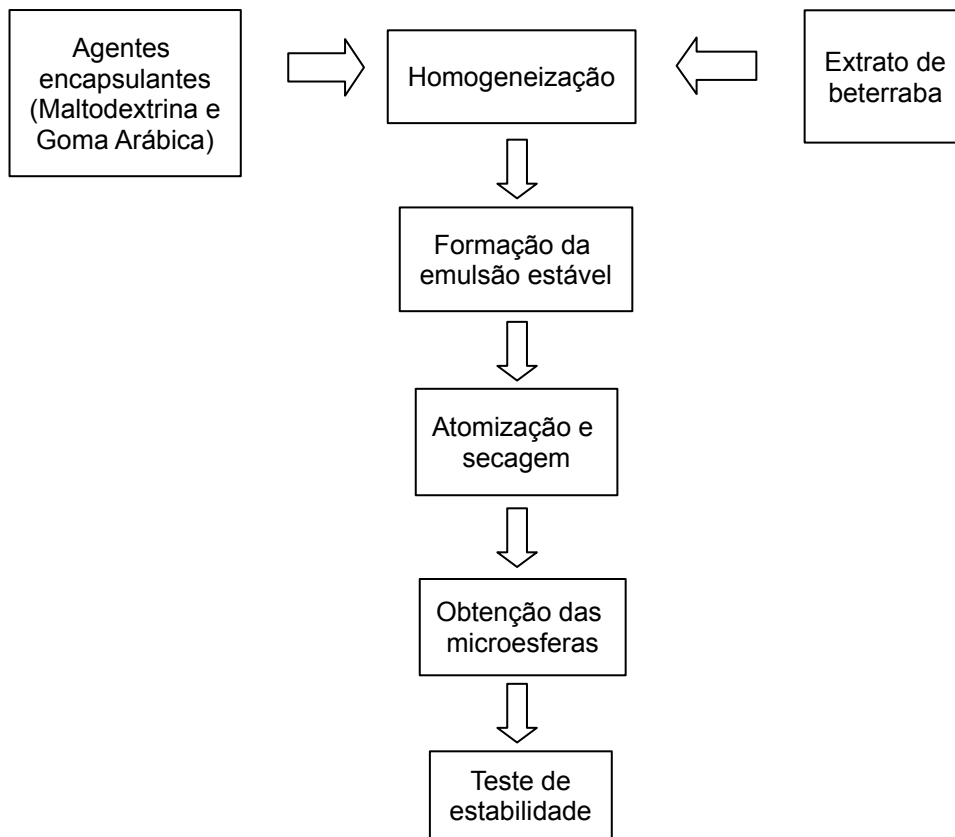


Figura 3 - Fluxograma do processo de obtenção das microesferas.
Fonte: Constant (1999) apud Silva; Nachtigall; Stringheta, (2009).

4.3.4 Estudo da estabilidade

Para o estudo da estabilidade frente à variação de temperatura, pH e luz foi utilizada a metodologia descrita por Barros e Stringheta (2011), utilizando o extrato líquido, sem encapsular, como controle. As análises foram realizadas em triplicatas durante um período de 5 dias para as temperaturas de 70° e 90°C, 15 dias para 25°C e 35 dias para temperatura de 5°C.

4.3.4.1 pH

Os testes para verificar a estabilidade da cor dos corantes em meios com diferentes pHs foram realizados dissolvendo-se 10 gramas dos corantes encapsulados com maltodextrina e goma arábica em 1L de solução tampão 0,1 molar de HCL/KCL pHs 2,0, 3,0 e 4,0.

O teste controle, para cada valor de pH foi conduzido utilizando 10mL de extrato líquido do corante não encapsulado.

4.3.4.2 Luz

Para verificar a estabilidade a luz, 10mL do tratamento “Controle” (não encapsulado) e das soluções de corantes de betalaína encapsuladas com maltodextrina e goma arábica em pHs 2,0, 3,0 e 4,0, foram acondicionadas em tubos de ensaio, colocados sobre um suporte plástico, em fila dupla, posicionados na vertical, distanciados cinco centímetros entre si.

Durante este ensaio, os tubos de ensaio foram mantidos a 25°C \pm 1°C por um período de 15 dias em equipamento adaptado, entre duas lâmpadas fluorescentes de 40W e 2500 lux, de intensidade correspondente à da luz do dia.

Para verificar a estabilidade na ausência de luz, realizou-se o mesmo procedimento, cobrindo os frascos com papel laminado para impedir a passagem da luz.

4.3.4.3 Temperatura

Para verificar o efeito da temperatura, foi preparado três séries em triplicata de 10mL do tratamento “Controle” (não encapsulado) e das soluções de

corantes de betalaína encapsuladas com maltodextrina e goma arábica em pHs 2,0, 3,0 e 4,0, foram acondicionados em tubos de ensaio com tampas de rosca. Uma série de tubos foi encubada em estufas à 70°C e outra à 90°C, por 5 dias.

O teste a 5°C foi realizado em geladeira na ausência de luz, por um período de 35 dias.

4.3.4.4 Leitura das Absorbâncias

A degradação dos compostos bioativos dos pigmentos foi medida por meio da leitura de absorbância das soluções de betalaína encapsuladas com maltodextrina e goma arábica em pHs 2,0, 3,0 e 4,0 nos dias 1, 5, 10 e 15 do período experimental, onde determinou-se o desvio padrão para as amostras em triplicata.

As soluções de leitura foram preparadas por meio da diluição dos corantes de betalaína em soluções tampão 0,1 molar de HCL/KCL pHs 2,0, 3,0 e 4,0 até obtenção da leitura entre 0,6 a 0,8 luz no comprimento de máxima absorção em aparelho Spectrometer T80+UV/VIS - PG Instruments Ltda., utilizando cubeta de Quartzo. A utilização da solução tampão teve o objetivo de ajustar o pH da amostra para que sua absorbância esteja situada na faixa linear de densidade ótica (SONDHEIMER; KERTESZ 1948 apud AUGUSTA, 2011).

A leitura espectrofotométrica foi realizada a 600nm contra um branco de água destilada, no pico máximo das absorbâncias, e os valores estão indicados nos quadros 1 e 2.

Os dados foram usados para construir gráficos do logaritmo neperiano da razão absorbância/absorbância inicial ($\ln A/A_0$) versus o tempo (intervalo de cinco em cinco dias), obtendo-se através da inclinação da reta o valor da constante de velocidade de degradação (K_d). A partir dos valores obtidos de K_d foram calculados os valores do tempo de meia vida ($t_{1/2}$) pela relação $t_{1/2} = \ln 0,5 / K_d$ sendo usados

como parâmetros para estimar a estabilidade ante a ação da luz e calor (SILVA, 2010).

Os corantes de betalaína microencapsulados foram empregados em formulações de iogurtes sabor morango e avaliados no trabalho de conclusão de curso da aluna Gislaine Franco Lemes “Estabilidade da Cor e Teor de Vitamina C do Iogurte Elaborado com Corantes de Betalaína Microencapsulados em Spray-dryer”.

4.4 Rendimento

O rendimento de um processo está relacionado às condições gerais do processamento. A figura 4 apresenta o fluxograma utilizado para o cálculo do rendimento do extrato encapsulado com goma arábica e maltodextrina.

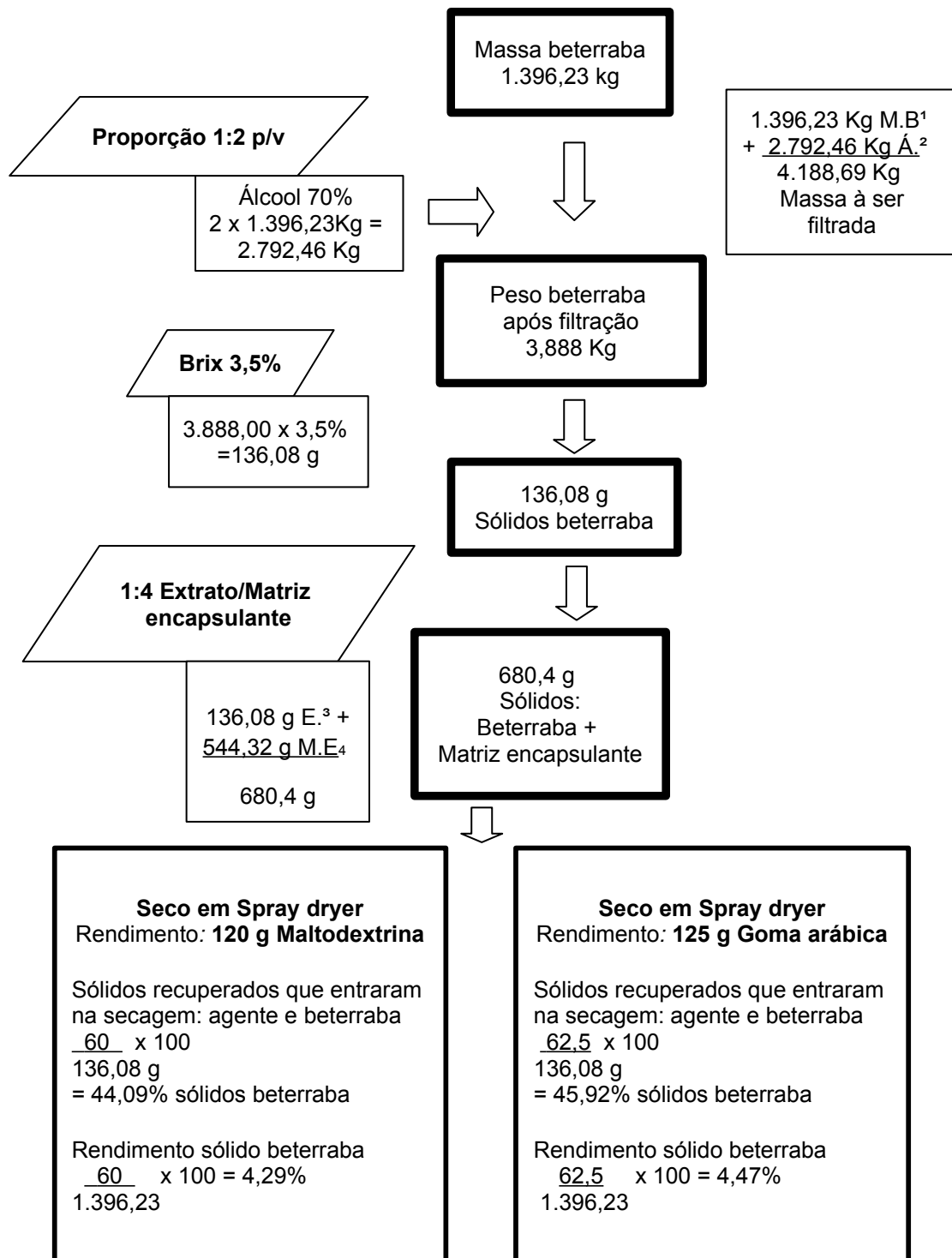


Figura 4 - Fluxograma da avaliação do rendimento do extrato encapsulado com goma arábica e maltodextrina.

Legenda: M.B¹ – Massa Bruta da Beterraba; Á² – Álcool; E³ – Extrato; M.E⁴ – Matriz Encapsulante.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 pH e Luz

O quadro 1 apresenta as leituras de absorvância do corante de betalaína “controle” (não encapsulado) e das amostras encapsuladas com maltodextrina (MD) e goma arábica (GA) mantidos em solução tampão pH 2,0, 3,0 e 4,0 a 25°C na presença e na ausência de luz durante 15 dias do período experimental.

| T ½ na presença de luz a 25°C | | | | T ½ na ausência de luz a 25°C | | | |
|-------------------------------|------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| pH | Dias | Abs ¹ Controle | Abs. MD | Abs. GA | Abs. Controle | Abs. MD | Abs. GA |
| 2 | 1° | 0,716 p. ² 539 Dp ³ 2,16 | 0,718 p.540 Dp ³ 2,45 | 0,701 p.529 Dp ³ 1,41 | 0,716 p.539 Dp ³ 0,47 | 0,718 p.540 Dp ³ 1,63 | 0,701 p.529 Dp ³ 1,24 |
| | 5° | 0,552 p.358 Dp ³ 2,62 | 0,610 p.423 Dp ³ 1,41 | 0,546 p.388 Dp ³ 1,23 | 0,513 p.301 Dp ³ 1,54 | 0,633 p.517 Dp ³ 2,12 | 0,530 p.380 Dp ³ 1,13 |
| | 10° | 0,326 p.276 Dp ³ 3,12 | 0,575 p.390 Dp ³ 2,13 | 0,410 p.298 Dp ³ 3,13 | 0,390 p.315 Dp ³ 1,23 | 0,520 p.390 Dp ³ 1,14 | 0,423 p.210 Dp ³ 1,19 |
| | 15° | 0,230 p.231 Dp ³ 4,07 | 0,320 p.310 Dp ³ 3,03 | 0,290 p.289 Dp ³ 4,03 | 0,240 p.199 Dp ³ 6,02 | 0,416 p.320 Dp ³ 2,09 | 0,320 p.160 Dp ³ 2,05 |
| T (½) | | 1,0 | 8,3 | 1,1 | 0,9 | 2,2 | 1,1 |
| 3 | 1° | 0,723 p.539 Dp ³ 0,82 | 0,712 p.521 Dp ³ 1,09 | 0,718 p.520 Dp ³ 1,23 | 0,723 p.539 Dp ³ 0,33 | 0,712 p.521 Dp ³ 0,29 | 0,718 p.520 Dp ³ 2,34 |
| | 5° | 0,553 p.380 Dp ³ 1,56 | 0,410 p.326 Dp ³ 2,90 | 0,490 p.280 Dp ³ 1,23 | 0,421 p.320 Dp ³ 2,54 | 0,550 p.380 Dp ³ 2,00 | 0,510 p.320 Dp ³ 1,98 |
| | 10° | 0,380 p.254 Dp ³ 3,90 | 0,290 p.220 Dp ³ 2,90 | 0,350 p.224 Dp ³ 3,00 | 0,380 p.290 Dp ³ 3,20 | 0,460 p.320 Dp ³ 2,67 | 0,403 p.280 Dp ³ 2,56 |
| | 15° | 0,130 p.200 Dp ³ 4,23 | 0,120 p.180 Dp ³ 5,42 | 0,201 p.169 Dp ³ 4,90 | 0,230 p.150 Dp ³ 4,09 | 0,310 p.231 Dp ³ 3,15 | 0,260 p.130 Dp ³ 3,23 |
| T (½) | | 1,0 | 0,5 | 0,8 | 1,98 | 1,27 | 0,9 |
| 4 | 1° | 0,623 p.531 Dp ³ 2,32 | 0,618 p.530 Dp ³ 1,23 | 0,622 p.520 Dp ³ 1,47 | 0,623 p.531 Dp ³ 2,31 | 0,618 p.530 Dp ³ 1,44 | 0,622 p.520 Dp ³ 1,49 |
| | 5° | 0,432 p.316 Dp ³ 3,12 | 0,418 p.276 Dp ³ 1,60 | 0,601 p.280 Dp ³ 2,12 | 0,520 p.390 Dp ³ 2,18 | 0,773 p.529 Dp ³ 3,21 | 0,610 p.460 Dp ³ 2,10 |
| | 10° | 0,260 p.198 Dp ³ 3,01 | 0,310 p.399 Dp ³ 5,31 | 0,460 p.401 Dp ³ 1,23 | 0,410 p.305 Dp ³ 3,43 | 0,550 p.380 Dp ³ 1,21 | 0,512 p.316 Dp ³ 2,31 |
| | 15° | 0,140 p.120 Dp ³ 3,21 | 0,185 p.235 Dp ³ 3,41 | 0,350 p.390 Dp ³ 2,45 | 0,341 p.210 Dp ³ 5,21 | 0,399 p.213 Dp ³ 2,42 | 0,322 p.256 Dp ³ 3,12 |
| T (½) | | 0,7 | 3,3 | 5,8 | 1,2 | 1,5 | 1,1 |

Quadro 1 – Tempo de meia vida (t ½) em dias, obtido através das leituras de absorbância das amostras do corante de betalaina “controle” (não encapsulado) e das amostras encapsuladas com maltodextrina (MD) e goma arábica (GA) mantidos em solução tampão pH 2,0, 3,0 e 4,0 a 25°C na presença e na ausência de luz durante 15 dias.

Legenda: ¹Abs – Absorbância; p.² - Pico; Dp³ - Desvio Padrão.

A figura 5 apresenta as curvas de degradação das amostras do corante de betalaína do tratamento “Controle” (não encapsulado) e das amostras encapsuladas com maltodextrina (MD) e goma arábica (GA) mantidas em solução tampão de pH a 25°C na presença de luz durante 15 dias do período experimental.

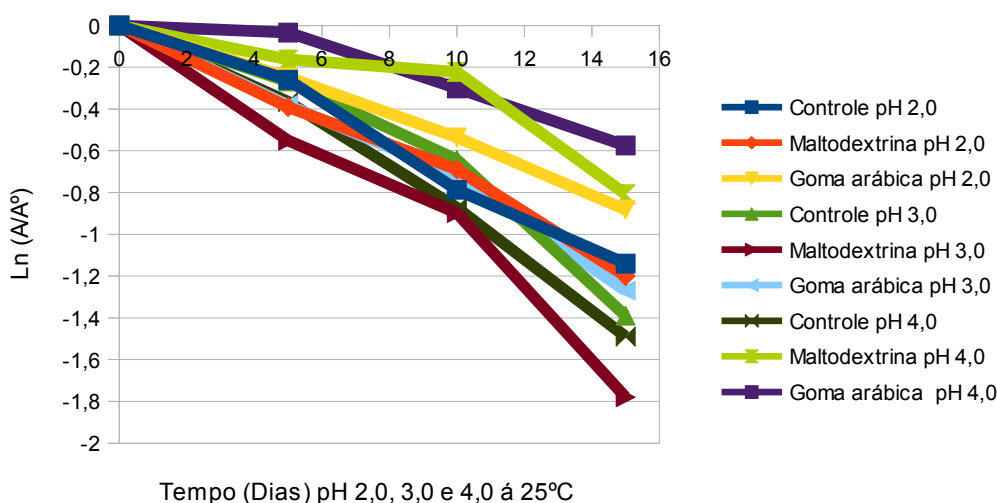


Figura 5 – Curva de degradação das amostras do corante de betalaína do tratamento “Controle” (não encapsulado) e das amostras encapsuladas com maltodextrina (MD) e goma arábica (GA) mantidas e solução tampão pH 2,0, 3,0 e 4,0, a 25°C na presença de luz durante 15 dias.

Em função das variações do pH foi observado grande variação de cores nos corantes estudados. Segundo Araújo (2006), soluções de betalaína apresentam colorações diferentes de acordo com as estruturas químicas assumidas em diferentes pHs: exibem coloração vermelho brilhante em pH 4,0, em pH mais baixo, a coloração torna-se vermelho mais escura e, em pH mais elevado, vermelho violeta. Segundo este autor, a melhor condição de aplicação foi verificado em produtos com pH entre 4,0 e 7,0 e armazenado por curtos períodos.

A figura 6 apresenta as curvas de degradação das amostras do corante de betalaína do tratamento “Controle” (não encapsulado) e das amostras

encapsuladas com maltodextrina (MD) e goma arábica (GA) mantidas em solução tampão de pH a 25°C na ausência de luz durante 15 dias do período experimental.

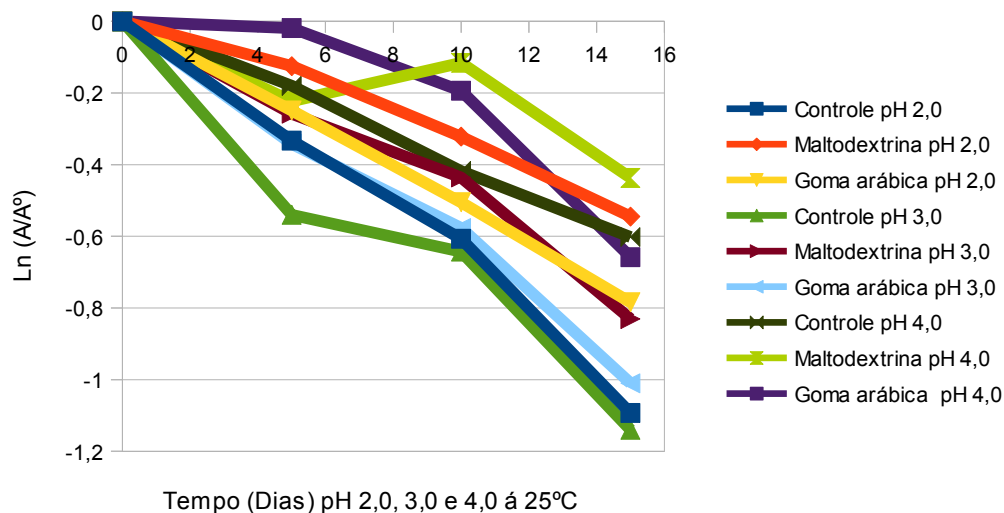


Figura 6 – Curva de degradação das amostras do corante de betalaína do tratamento “Controle” (não encapsulado) e das amostras encapsuladas com maltodextrina (MD) e goma arábica (GA) mantidos em solução tampão pH 2,0, 3,0 e 4,0 a 25°C na ausência da luz durante 15 dias.

Para um mesmo pH, os valores encontrados para tempo de meia vida ($t_{1/2}$), mostra a influência da luz na estabilidade dos pigmentos encapsulados, quando comparados àqueles colocados ao abrigo da luz. Os valores obtidos de tempo de meia vida ($t_{1/2}$) em pH 2,0, no décimo quinto dia de análise do corante encapsulado com maltodextrina foi de -0,81/L, e com goma arábica -0,88/L e no tratamento “Controle”, de -1,14/L que resultou a este, rápida descoloração.

Em pH 2,0 os corantes de betalaínas encapsulados com maltodextrina e goma arábica apresentaram ao abrigo da luz maior estabilidade.

Em pH 3,0, tanto a maltodextrina como a goma arábica, não foram eficientes para a proteção do pigmento contra a luz, apresentando grande perda de cor no décimo dia experimental, e em pH 4,0 as amostras encapsuladas com maltodextrina, foram as que exibiram menor resistência á descoloração do pigmento.

Segundo Barros (2011), o uso de maltodextrina como agente encapsulante de

betalaína não pode ocorrer sob condições drásticas de acidez e na presença de luz, possivelmente, por ocorrer hidrólise da estrutura da molécula, diminuindo sua eficiência como encapsulante.

A sensibilidade ao pH é o principal fator limitante no processamento e utilização das betalainas, afetando a cor e a estabilidade química. Esta instabilidade foi observada por Jackman et al. (1987), quando do tratamento com calor ou devido ao armazenamento em que a betalaína manifestou mudança da pigmentação.

Observa-se que a estabilidade de soluções de betalaína é dependente do pH. Em seus estudos, Huang e Von Elbe (1987), observaram que o pH ótimo para a máxima estabilidade da betalaína na presença de oxigênio está entre 5,5 e 5,8. Soluções de beterraba vermelha apresentaram máxima estabilidade a pH 5,5 (SINGER; VON ELBE, 1980).

Outro fator associado a esta descoloração, se relaciona à baixa higroscopicidade conferida pela maltodextrina que resulta em pós menos higroscópicos, com menor conteúdo de betalaína e com reduzida capacidade de adsorção de água dos produtos desidratados em *spray dryer*. Segundo Ferrari; Ribeiro; Aguirre, 2012, temperaturas altas de secagem, resultam em pós com umidade mais baixas, e maior facilidade em adsorver água, tornando-se menos resistentes a altas temperaturas. Produtos como ovo e leite, não devem ultrapassar a 100 °C, o que provocaria a desnaturação de proteínas. Por outro lado, produtos como café pode suportar temperaturas maiores, como 250°C sem que ocorra sua degradação. O tempo de residência do produto no interior da câmara de secagem, é tipicamente entre 5 e 100 segundos (MOREIRA, 2007).

Tonon; Brabet; Hubinger, 2009, trabalharam com secagem de açaí por *spray dryer* e verificaram que o aumento da temperatura resultou em pós com menor luminosidade, o que pode estar relacionado à maior retirada de água (menor umidade), que resultou em produtos um pouco mais concentrados e, conseqüentemente, mais escuros.

Souza et al. (2009), estudaram a influência das variáveis: temperatura de entrada do ar, vazão de alimentação e velocidade do atomizador sobre as propriedades físicas da polpa de tomate em pó. As melhores condições de secagem

para produção de tomate em pó com menor conteúdo de umidade e maior densidade aparente foram: temperatura do ar de entrada: 200°C; vazão da alimentação: 276 g/min; e velocidade do atomizador: 30000rpm.

O uso de corantes naturais como a betalaína, em produtos processados como sucos e geleias de frutas, pode ter a estabilidade da cor melhorada pelo ajuste de pH e proteção contra a luz (FALCÃO et al., 2007).

Estudos realizados por Von Elbe; Maing; Amundson, 1974, demonstraram que a taxa de degradação da betalaína aumenta 15,6% após o pigmento ser exposto à luz do dia a 15°C. Também se observou que a degradação devido à exposição à luz foi maior a pH 3,0 do que a pH 5,0.

Mantidas por 15 dias a 25°C, foi observado um maior tempo de vida para as amostras que permaneceram na ausência de luz em comparação as que foram submetidas a presença de luz. Silva (2010), estudou a secagem por atomização de corantes de cascas de jabuticabas com temperatura do ar de entrada de $170 \pm 10^\circ\text{C}$ e temperatura do ar de saída de $90 \pm 5^\circ\text{C}$. Verificou-se que houve degradação dos corantes quando submetidos ao armazenamento sob incidência de luz a 25°C em comparação com ausência de luz.

De modo geral, o grau de saturação da cor das amostras nos dois tratamentos estudados foram bastante similares, declinando com o tempo, com maior perda de tonalidade na fase inicial do armazenamento (Quadro 2).

Neste estudo foi possível observar que, amostras de corante de betalaína encapsulado com goma arábica, exibiu menor estabilidade de cor que aquelas de maltodextrina quando mantidas em pH 4,0 e na ausência de luz (-0,440/L). Segundo Spada (2011), a maltodextrina é excelente para contribuir com o corpo de sistemas alimentício.

5.2 Temperatura

O quadro 2 apresenta as leituras de absorvância do tratamento “Controle” (amostras não encapsuladas) e das amostras de corantes de betalaína encapsulados com maltodextrina (MD) e goma arábica (GA) mantidos em solução

tampão pH 2,0, 3,0 e 4,0 a 5°, 25°, 70° e 90°C na ausência de luz durante 35 dias do período experimental. O quadro apresenta os resultados em 15 dias, onde todas as temperaturas puderam ser analisadas.

| T ½ das formulações na ausência de luz à 5°C, 25°C, 70°C e 90°C | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|--|---|--|---|--|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | Dias | Abs. Controle | | | | Abs. MD | | | | Abs. GA | | | |
| | | 5° | 25° | 70° | 90° | 5° | 25° | 70° | 90° | 5° | 25° | 70° | 90° |
| 2 | 1° | 0,716 p.539 Dp ³ 0,11 | 0,716 p. 539 Dp ³ 0,47 | 0,716 p.539 Dp ³ 2,98 | 0,716 p. 539 Dp ³ 4,34 | 0,718 p.540 Dp ³ 0,45 | 0,718 p. 540 Dp ³ 1,63 | 0,718 p. 540 Dp ³ 2,34 | 0,718 p. 540 Dp ³ 2,43 | 0,701 p. 529 Dp ³ 1,21 | 0,701 p. 529 Dp ³ 1,24 | 0,701 p. 529 Dp ³ 2,43 | 0,701 p. 529 Dp ³ 3,21 |
| | 5° | 0,610 p.535 Dp ³ 0,23 | 0,523 p. 301 Dp ³ 1,54 | 0,395 p.382 Dp ³ 4,90 | 0,232 p. 379 Dp ³ 3,23 | 0,680 p.510 Dp ³ 0,76 | 0,633 p. 517 Dp ³ 2,12 | 0,461 p. 532 Dp ³ 3,90 | 0,362 p. 393 Dp ³ 4,32 | 0,650 p. 513 Dp ³ 1,22 | 0,530 p. 380 Dp ³ 1,13 | 0,463 p. 540 Dp ³ 3,21 | 0,294 p. 320 Dp ³ 5,43 |
| | 15° | 0,500 p.409 Dp ³ 0,67 | 0,420 p. 315 Dp ³ 1,23 | 0,194 p.532 Dp ³ 6,09 | 0,093 p. 103 Dp ³ 5,41 | 0,553 p.309 Dp ³ 1,98 | 0,580 p. 390 Dp ³ 3,09 | 0,201 p. 319 Dp ³ 4,34 | 0,063 p. 098 Dp ³ 4,44 | 0,530 p. 360 Dp ³ 1,32 | 0,423 p. 210 Dp ³ 3,05 | 0,196 p. 220 Dp ³ 3,99 | 0,080 p. 059 Dp ³ 5,76 |
| T (½) | | 2,0 | 0,9 | 0,3 | 0,2 | 2,5 | 2,2 | 0,6 | 0,4 | 1,6 | 1,1 | 0,6 | 0,3 |
| 3 | 1° | 0,723 p.539 Dp ³ 0,78 | 0,723 p. 539 Dp ³ 0,33 | 0,723 p.539 Dp ³ 2,55 | 0,723 p. 539 Dp ³ 1,11 | 0,712 p.521 Dp ³ 0,34 | 0,712 p. 521 Dp ³ 0,29 | 0,712 p. 521 Dp ³ 2,65 | 0,712 p. 521 Dp ³ 1,22 | 0,718 p. 520 Dp ³ 0,44 | 0,718 p. 520 Dp ³ 2,34 | 0,718 p. 520 Dp ³ 4,12 | 0,718 p. 520 Dp ³ 4,32 |
| | 5° | 0,560 p.300 Dp ³ 0,56 | 0,421 p. 320 Dp ³ 2,54 | 0,581 p.390 Dp ³ 4,24 | 0,313 p. 356 Dp ³ 3,71 | 0,630 p.460 Dp ³ 0,45 | 0,550 p. 380 Dp ³ 2,00 | 0,651 p. 381 Dp ³ 4,31 | 0,284 p. 379 Dp ³ 3,12 | 0,601 p. 630 Dp ³ 1,11 | 0,510 p. 320 Dp ³ 1,48 | 0,429 p. 322 Dp ³ 3,67 | 0,230 p. 266 Dp ³ 5,12 |
| | 15° | 0,390 p.290 Dp ³ 0,88 | 0,380 p. 290 Dp ³ 3,20 | 0,400 p.374 Dp ³ 6,96 | 0,050 p.230 Dp ³ 4,01 | 0,536 p.369 Dp ³ 0,65 | 0,460 p. 320 Dp ³ 3,15 | 0,343 p. 379 Dp ³ 1,98 | 0,069 p. 098 Dp ³ 2,53 | 0,460 p. 530 Dp ³ 1,56 | 0,403 p. 280 Dp ³ 2,56 | 0,391 p. 260 Dp ³ 6,54 | 0,097 p. 066 Dp ³ 7,87 |
| T (½) | | 1,7 | 1,98 | 0,4 | 0,3 | 2,02 | 1,27 | 2,06 | 0,3 | 0,3 | 0,9 | 0,3 | 0,1 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 4 | 1° | 0,623 p.531 Dp°0,99 | 0,623 p. 531 Dp° 2,31 | 0,623 p.531 Dp°4,23 | 0,623 p. 531 Dp°3,44 | 0,618 p.530 Dp°0,12 | 0,618 p. 530 Dp° 3,21 | 0,618 p. 530 Dp°4,55 | 0,618 p. 530 Dp°1,12 | 0,718 p. 520 Dp°0,45 | 0,622 p. 520 Dp° 1,49 | 0,622 p. 520 Dp°3,21 | 0,622 p. 520 Dp°1,42 |
| | 5° | 0,460 p.420 Dp°0,76 | 0,520 p. 390 Dp° 2,18 | 0,513 p.396 Dp°6,43 | 0,342 p. 346 Dp°6,22 | 0,512 p.430 Dp°0,17 | 0,773 p. 529 Dp° 1,21 | 0,612 p. 531 Dp°5,87 | 0,352 p.357 Dp°4,12 | 0,502 p. 520 Dp°1,12 | 0,610 p. 460 Dp° 3,54 | 0,360 p. 421 Dp°4,98 | 0,260 p. 123 Dp°3,53 |
| | 15° | 0,310 p.263 Dp°0,88 | 0,410 p. 305 Dp° 5,21 | 0,412 p.356 Dp°2,46 | 0,078 p. 098 Dp°4,05 | 0,410 p.300 Dp°0,45 | 0,550 p. 380 Dp° 2,42 | 0,504 p. 398 Dp°4,61 | 0,098 p. 078 Dp°3,34 | 0,460 p. 403 Dp°1,43 | 0,512 p. 316 Dp° 3,18 | 0,364 p. 321 Dp°2,43 | 0,060 p. 098 Dp°7,29 |
| T (½) | | 1,3 | 1,2 | 0,5 | 0,4 | 1,8 | 1,5 | 0,6 | 0,2 | 2,0 | 1,1 | 0,1 | 0,2 |

Quadro 2 - Tempo de meia vida ($t_{1/2}$) em dias, obtido através das leituras de absorbância das amostras do corante de betalaína “controle” (não encapsulado) e das amostras encapsuladas com maltodextrina (MD) e goma arábica (GA) mantidos em solução tampão pH 2,0, 3,0 e 4,0 a 5°, 25°, 70 e 90°C na ausência de luz durante 35 dias.

Todas as amostras de corantes encapsulados e não encapsulados estocadas a temperatura de 5°C mantiveram-se com cor estáveis durante 35 dias do período experimental. Para as amostras tratadas com maltodextrina, foi observado um maior tempo de meia vida ($t_{1/2}$).

As figuras 7, 8 e 9 apresentam as curvas de degradação das amostras do corante de betalaína do tratamento “Controle” (não encapsulado) e das amostras encapsuladas com maltodextrina (MD) e goma arábica (GA) mantidas em solução tampão de pH 2,0, 3,0 e 4,0 a 25°, 70° e 90° C na ausência de luz durante 15 dias do período experimental.

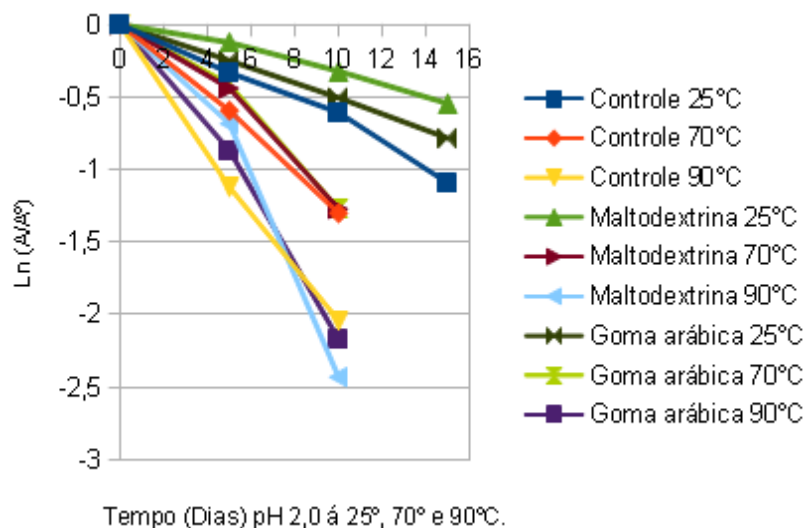


Figura 7 – Curvas de degradação das amostras do corante de betalaína do tratamento “Controle” (não encapsulado) e das amostras encapsuladas com maltodextrina (MD) e goma arábica (GA) mantidas em solução tampão de pH 2,0 a 25°, 70° e 90°C na ausência de luz durante 15 dias.

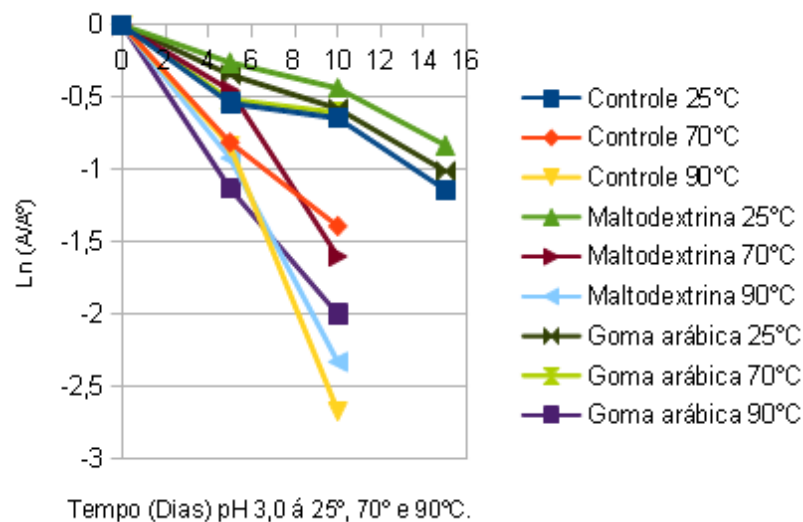


Figura 8 – Curvas de degradação das amostras do corante de betalaína do tratamento “Controle” (não encapsulado) e das amostras encapsuladas com maltodextrina (MD) e goma arábica (GA) mantidas em solução tampão de pH 3,0 a 25°, 70° e 90°C na ausência de luz durante 15 dias.

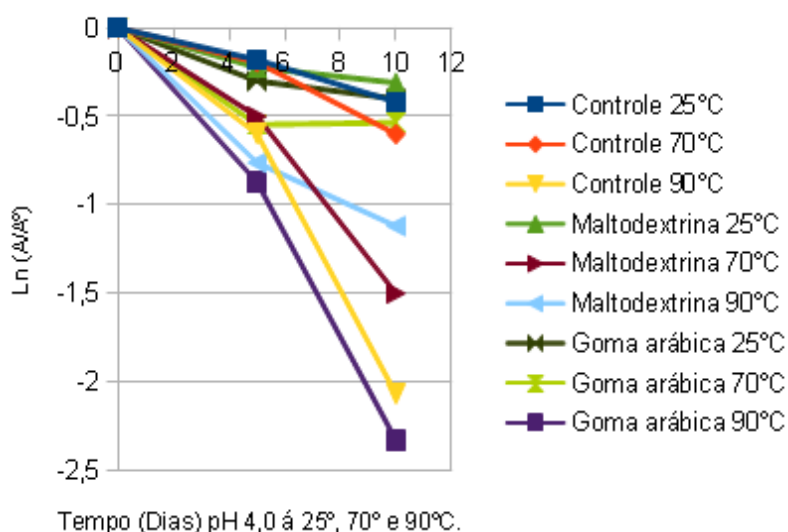


Figura 9 – Curvas de degradação das amostras do corante de betalaína do tratamento “Controle” (não encapsulado) e das amostras encapsuladas com maltodextrina (MD) e goma arábica (GA) mantidas em solução tampão de pH 4,0 a 25°, 70° e 90°C na ausência de luz durante 15 dias.

O tempo de meia vida de uma reação química é definida como o tempo necessário para que 50% dos reagentes envolvidos na lei de velocidade sejam consumidos (ANDRADE, 1993).

Os valores encontrados (Quadro 2) para o tempo de meia vida ($t_{1/2}$) dos corantes estudados mostraram efeito negativo do aumento da temperatura sobre os corantes de betalaína. Para Stringheta (1991), a temperatura é fator importante na estabilidade das betalainas porque à medida que se submete a solução a uma temperatura superior a 25°C, sua degradação é maior.

Foi observado que, amostras de corantes encapsulados e não encapsulados, quando submetidas às temperaturas na faixa de 70°C - 90°C, descolorem em média com 5 dias. Sapers et al. (1981) realizou estudos de estabilidade com cultivares de repolho roxo, amora e beterraba vermelha em solução tampão de pH 3,0 e observou à temperatura de 100°C diminuição da absorbância no transcorrer dos primeiros 30 minutos para as três soluções. A cultivar de repolho roxo apresentou maior estabilidade que a amora e beterraba vermelha.

Segundo Araújo (2006), o aquecimento prolongado ou temperaturas elevadas devem ser evitadas, devido à sensibilidade destes produtos ao processamento térmico. Altas temperaturas provocam hidrólise do pigmento e, quando associadas com pH ácido, tendem a acelerar o processo de decomposição pela hidrólise dos açúcares ligados à betalaína (Ersus; Yurdagel 2007 apud Moreira, 2007).

O aquecimento de soluções de betalaína microencapsulado ou não (controle) produz redução gradual da cor vermelha e surgimento de coloração marrom. Esta coloração marrom, foi verificada para todos os pHs à temperaturas de 70°C e 90°C no quinto dia do período experimental. Von Elbe; Maing; Amudson (1974), observaram uma cinética de reação de primeira ordem para a degradação da betalaína por aquecimento.

De modo geral, independente do pH testado, corantes encapsulados com maltodextrina mostraram maior resistência a descoloração que corantes encapsulados com goma arábica e corantes não encapsulados. Segundo Spada (2011), a maltodextrina quando usada como material de parede, influencia consideravelmente na estabilidade do núcleo e pode estar relacionada com reações de isomerização e, sobretudo pela potencialização das reações de auto-oxidação.

O melhor resultado foi observado em amostras de corante encapsulado com maltodextrina, em pH 4,0, mantidas na ausência de luz (-0,440/L), a 25°C por um período de 15 dias. Resultado próximo a este foi observado por Matioli e Rodriguez-Amaya (2003), estudando corante de licopeno encapsulado com goma arábica e maltodextrina, armazenados a 24°C, onde o tempo de meia vida foi de 13 dias, no escuro e de 10 dias na presença de luz.

Os resultados observados neste estudo apontam, de forma positiva para o uso de maltodextrina, como agente de parede na encapsulação de pigmentos. Foi observado alta dissolução entre o núcleo e o agente encapsulante. Segundo Junior (2005) apud Barros, (2011), a utilização de maltodextrinas, resulta na formação de microesferas, ou seja, um sistema matricial, no qual o polímero forma uma rede tridimensional, e onde o material a ser microencapsulado pode estar adsorvido, incorporado ou ligado covalentemente à matriz polimérica.

Esta alternativa permite conservar a cor do pigmento em embalagens que poderão ser expostas em freezer semiaberto ou ainda temperatura ambiente, e também, substituir a nível industrial o uso da goma arábica, na encapsulação de betalaínas, cujo custo de importação, por ser elevado, é economicamente inviável.

5.3 Avaliação do Rendimento

5.3.1 Dados das formulações

O quadro 3 apresenta o rendimento médio (em triplicatas) do corante de betalaína encapsulado com maltodextrina (MD) e goma arábica (GA) atomizados em equipamento *spray dryer*.

| Formulação | Volume/ (mL) | Peso do encapsulado (g) | Rendimento/ (%) |
|---------------|-----------------|----------------------------|--------------------|
| Maltodextrina | 200 | 6,01 | 3,01 |
| Goma Arábica | 200 | 6,25 | 3,12 |

Quadro 3 - Rendimento médio do corante de betalaína encapsulado com maltodextrina (MD) e goma arábica (GA) atomizados em equipamento *spray dryer*.

O teor de betalainas presentes em frutas está relacionado a fatores climáticos, em particular à luz e à temperatura (MACHEIX; FLEURIET; BILLOT, 1990).

De acordo com os resultados obtidos (Quadro 3), durante a atomização em equipamento *spray dryer* ocorreu menor rendimento utilizando maltodextrina como material de parede na encapsulação do corante de betalaínas. Segundo

Valduga (2008), este fato está associado ao elevado teor do extrato (70%, v/v) da mistura e também da composição química, tanto do extrato como da maltodextrina, que, por apresentarem em suas composições químicas maiores teores de açúcares (frutose e glicose) provocaram maior aderência, por caramelização de açúcares e aglomeração do material encapsulado nas paredes da câmara.

Segundo Magalhães Netto (1997) apud Valduga, (2008), a desidratação em *spray dryer*, resulta em estruturas amorfas ou parcialmente amorfas. A temperatura onde acontece essa mudança de estado físico é chamada de temperatura de transição vítrea (Tg). Essas alterações incluem mudanças nas propriedades mecânicas como aglomeração, resultante das modificações nas estruturas ou fluxo viscoso. Segundo este autor, carboidratos de pesos moleculares mais altos, como as maltodextrinas contribuem para auxiliar na estabilidade do sistema aumentando sua Tg. Tonon et al. 2009, estudando a influência da variação da concentração de maltodextrina na secagem da polpa de açaí por *spray dryer* a 170°C (10%, 20% e 30%) observaram valores de 17,56%, 15,15% e 14,15%, respectivamente, mostrando que houve diferença significativa entre as concentrações, e atribuíram esta diferença à baixa higroscopicidade de maltodextrina.

A secagem do pigmento betalaína apresentou rendimento satisfatórios mostrando que o processo de extração em *spray dryer*, foi eficaz. A outros métodos de extração, conforme estudo realizado por Alves (2001), na extração de bixina das sementes de urucum empregando moinho de bolas. Observou que o aumento de duas para quatro horas no tempo de processo, aumentou o rendimento de extração em 14,83% e que a fração granulométrica de 100 a 250 mesh apresentava os maiores teores de bixina.

6. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo mostraram que as melhores condições de processo do corante de betalaína encapsulado em equipamento *spray dryer* ocorreu em pH 4,0, temperatura de 25°C, na ausência de luz, utilizando maltodextrina que apresentou melhor resultado como agente encapsulante, no período de 15 dias.

A utilização de maltodextrina como material de parede na encapsulação do corante de betalaínas resultou em menor rendimento quando comparado com a goma arábica.

O processo de atomização conferiu aumento no tempo de meia vida do corante de betalaína viabilizando sua aplicação como aditivo natural em preparados alimentícios.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALVES, Ricardo. W. **Extração e Purificação de Compostos de Urucum**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Engenharia Química / UFSC, Florianópolis, 2001.

ANDRADE, Jerusa. S.; ARAGÃO, Caic. G.; FERREIRA, Sidney. A. N. Caracterização física e química dos frutos de Araçá-Pêra (*Psidium acutangulum* D.C.) **Acta Amazônica**, v. 23, n. 2-3, p. 213- 217, 1993.

ARAÚJO, Júlio. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3.ed. - Viçosa: MG: UFV, 2006.

AUGUSTA, Ivanilda. M. **Extração e Secagem da Casca de Jambo Vermelho (*Syzygium malaccensis*, (L.) Merryl Et Perry) para obtenção de corante**. Tese de Doutorado apresentado ao programa de Pós Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química de UFRJ. Rio de Janeiro - RJ, 2011.

AZEREDO, Henriette. M. C.; BRITO, Edy. S; GRUNIG, Bruno.; PINTO, Geraldo. A. S. Métodos de conservação de alimentos. **Fundamentos de Estabilidade de Alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p. 97-128, 2004.

BARROS, Frederico. A. R.; STRINGHETA, Paulo. C. Microencapsulamento de Antocianinas. **Mestrado em Food Engineering**. A&M University – Texas - USA, 2011.

BHANDARI, Bhesh. R.; SENOUSI, Alan.; DUMOULIN. Elisabeth. D.; LIBERT, Ana. Spray drying of concentrated fruit juices. **Drying Technology**. v.11, n.5, p. 1081-1092, 1993.

BOBBIO, Norberto. O. **Manual de laboratório de química de alimentos**. p. 151. 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 1995.

CEINFO. Disponível em http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/artigo_conteudo.php?op=2&i=1&si=34&ar=93. Acesso em 10 maio 2012.

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

DRUNKLER, Deisy. A.; FETT, Roseane.; BORDIGNON Marilde. T. **Avaliação da estabilidade de betalaínas em extrato de beterraba (*Beta vulgaris* L.) com a-, b- e g- ciclodextrinas.** Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da UFSC. Curitiba, v. 24, n. 1, jan./jun. 2006.

DZIEZAK, Judie. D. Microencapsulation and encapsulated ingredients. **Food Technology**, v.42, n.4, p. 136-151, 1988.

FALCÃO Ana Paula.; CHAVES, Eduardo. S.; KUSKOSKI Eugênia. M.; FETT, Roseane.; FALCÃO, Denise. L.; BORDIGNON-LUIZ, T. Índice de polifenóis, antocianinas totais e atividade antioxidante de um sistema modelo de geleia de uvas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, p. 637-642, 2007.

FERRARI, Cristhiane. C; RIBEIRO, Caio. P; AGUIRRE. José. M. **Brazilian Journal: Of Food Technology.** Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. Campinas, v. 15. n. 2, p. 157-165, abr./jun. 2012.

GIBBS, Bernhard. F.; KERMASHA, Selim.; ALLI, Inteaz.; MULLIGAN, Courtney. N. Encapsulation in the industry: a review. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 50, p. 213-224, 1999.

HANSEN. Corantes naturais: várias tonalidades, várias aplicações. **Revista Engenharia de Alimentos**. n. 14. Editora RPA. São Paulo, SP. Julho, 1997.

HAUPTLI, Lais. **Maltodextrina e óleos como fontes de energia para leitões.** Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia como parte das exigências para obtenção do título de Doutor. Botucatu – SP. Junho, 2009.

HUANG, Alvin. S.; VON ELBE, Joachim. H. Effect of pH on the degradation and regeneration betanine. **Journal Food Science**, v. 52, p.1689-1693, 1987.

JACKMAN, Robert. L.; YADA, Rickey. Y.; TUNG, Marvin. A.; SPEERS, Alex. R. Anthocyanins as food colorants. - a Review. **Journal Food Biochemistry**. v.11, p. 201-247, 1987.

LANDIM, Eli. M. C. **Obtenção, Caracterização e Avaliação da estabilidade de pigmentos naturais microencapsulados**. Dissertação de pós-graduação. Fortaleza, 2008.

MACHEIX, Jean. J.; FLEURIET, Annie.; BILLOT, Jean. **Fruit Phenolics**. CRC press: Boca Raton, 1990.

MATIOLI, Graciette. & RODRIGUEZ-AMAYA, Delia. B. Microencapsulação do licopeno com ciclodextrinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p.102-105, 2003.

McNAMEE, Brian. F.; O'RIORDAN, Dolores.; O'SULLIVAN, Michael. Emulsification and microencapsulation properties of gum arabic. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4551-4555, 1998.

MICROBELCAPS S.A. **Microencapsulation by spray-drying**. Disponível em: <http://www.microbelcaps.com/spraydrying.html>. Acesso em 23 abr. 2012.

MOORE, Geovana. R. P.; CANTO, Luciana. R.; AMANTE, Edna. R; SOLDI, Valdir. Cassava and com starch in maltodextrin production. **Química Nova**, v.28, n.4, p.34-38, 2005.

MOREIRA, Germano. E. G. **Obtenção e caracterização de extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola**. Dissertação de mestrado. Natal – RN. Março, 2007. 72f.

OLIVEIRA, Rubens. C. **Estudos de aplicações de corantes naturais para a indústria papelreira**. Viçosa, MG: UFV, Dez, 1998.

RÉ, Mire. I. Microencapsulation by spray drying. **Drying Technology**, v.16, p.1195-1236, 1998.

SAPERS, Giana. M.; Taffer, Ira.; Ross, Louis. R. Functional properties of a food colorant prepared from red cabbage. **Journal of Food Science**, v. 46, p. 105-109, 1981.

SCHMIDT, Kelvin. Carbohydrate or protein based fat mimicker effects on ice milk properties. **Journal of Food Science**, v. 58, n.4, p. 761, 1993.

SILVA, Jose P.; NACHTIGALL, Aline.; STRINGHETA, Paulo. Fatores que influenciam a reação de saponificação dos carotenóides presentes no urucum (*Bixa orellana* L.). **Ciência agrotec.**, Lavras, v. 33, Edição Especial, p. 1892-1897, 2009.

SILVA, Geirla. J. Formulação e Estabilidade de Corantes de Antocianinas Extraídas das Cascas de Jabuticaba (*Myrciaria spp.*). **Alimentos e Nutrição**. Araraquara. v. 21, n. 3, p. 429-436, jul./set. 2010.

SINGER, Jan. W.; VON ELBE, Joachim. H. Degradation rates of vulgaxanthine-I. **Journal Food Science**, v. 45, p. 489-491, 1980.

SOUZA, Alexandra. S.; BORGES, Soraia. V.; MAGALHAES, Natália. F.; RICARDO, Hevandro. V.; CEREDA, Marney. P.; DAIUTO, Érica. R. Influence of spray drying conditions on the physical properties of dried pulp tomato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, p. 291-294, 2009.

SPADA, Jordana. C. **Uso do amido de pinhão como agente encapsulante**. Dissertação de mestrado. Porto Alegre – RG. 2011.

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

THIES, Curt. **How to make microcapsules**. Combined lecture and laboratory manual. Thies Technology, 1994.

TONON, Valeriano.; BRABET, Catherine.; HUBINGER, Míriam. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n.2, 444-450, 2009.

VALDUGA, Eunice. Extração, secagem por atomização e microencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva “Isabel” (*Vitis labrusca*), **Ciência. Agrotécnica.**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1568-1574, set./out., 2008.

VEHRING, Reinhard.; FOSS, Willard. R.; LECHUGA-BALEESTEROS, David. Particle formation in spray drying. **Journal of Aerosol Science**, doi 10.1016/j.jaerosci.04.05.2007.

VON ELBE, Joachim. H.; MAING, Il-Young.; AMUNDSON, Cau. H.; Color stability of betanin. **Journal Food Science**, v.39, p.334-337, 1974.