

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LUANA DOS ANJOS FERRACINI

**MICROENCAPSULAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DO CORANTE
NATURAL EXTRAÍDO DA CASCA DA JABUTICABA (*MYRCIARIA SPP.*)
PARA APLICAÇÃO EM ALIMENTOS.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2015

LUANA DOS ANJOS FERRACINI

**MICROENCAPSULAÇÃO, AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DO CORANTE
NATURAL EXTRAÍDO DA CASCA DA JABUTICABA (*MYRCIARIA SPP.*)
PARA APLICAÇÃO EM ALIMENTOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos, do Departamento de Alimentos – DALIM– da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Fabricio Bracht

CAMPO MOURÃO
2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Departamento Acadêmico de Alimentos

TERMO DE APROVAÇÃO

**“MICROENCAPSULAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DO CORANTE
NATURAL EXTRAÍDO DA CASCA DA JABUTICABA (*MYRCIARIA SPP.*) PARA
APLICAÇÃO EM ALIMENTOS”**

POR

LUANA DOS ANJOS FERRACINI

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado em 27 de novembro de 2015 às 10:00 horas como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. Fabrício Bracht

Orientador

Profa. Dr^a. Adriana Aparecida Droval

Membro da banca

Prof. Dr. Bogdan Demczuk Junior

Membro da banca

Nota: O documento original e assinado pela Banca Examinadora encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos da UTFPR *Campus* Campo Mourão.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus em primeiro lugar, por ter me dado força e esperança de que este dia chegaria, o caminho foi muito difícil e por isso minha imensa gratidão.

Aos meus pais que tanto se esforçaram, me apoiando e ajudando nas horas de angustia, me dando forças, encorajando, cobrando, sem tudo isso, nada seria possível.

A toda minha família, em especial minha irmã Liliane por ter me ajudado durante todo este período e a tia Licínia pela dedicação e cuidado por mim.

Aos professores Maria Josiane Sereia e Fabrício Bracht, pela orientação, dedicação, apoio durante o período de pesquisa e ao professor Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo pela colaboração neste trabalho.

Agradeço de coração a minha família adotiva de Araruna, que nas horas mais difíceis eles me receberam de braços abertos, obrigada Isabela Freitas e Família.

Aos meus vizinhos, pela amizade conquistada para a vida toda, pelo companheirismo em tantos momentos, obrigada a todos!

As minhas grandes amigas Gabriela Ferraz, Jéssica Mayara, Kamila Spack, Luana Tabalipa e Naiara Cordeiro que me deram tanto apoio nas horas mais difíceis, assim como fizeram meu riso mais feliz ao lado de vocês.

Ao meu namorado Reginaldo pelo incentivo, cuidado, força e companheirismo.

À Natara Tosoni, companheira de laboratório, pela compressão paciência e risos durante a realização deste trabalho.

Aos meus mestres em toda a jornada de graduação, obrigada pelo aprendizado.

Gostaria de agradecer, em especial, minha avó Maria do Carmo por tantas orações e pedidos para que este grande dia chegasse. Tudo isso é pra você, por você!

Enfim, a todos que me ajudaram e participaram durante esta caminhada, o meu muito obrigada!

RESUMO

FERRACINI, L. A. **Microencapsulação, avaliação da estabilidade do corante natural extraído da casca da jabuticaba (*myrciaria spp.*) para aplicação em alimentos.** 2015. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia de Alimentos), Departamento Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão. 2015.

A jabuticaba é o fruto decorrente da árvore de jabuticabeira que pertence à família *Myrtaceae*. Essa espécie é encontrada em grande parte do Brasil. A casca da jabuticaba (*Myrciaria spp.*) apresenta vários benefícios nutricionais devido a presença de alto teor de compostos fenólicos e compostos bioativos. Além de apresentar alto teor de antocianinas as quais conferem características antioxidantes. As substâncias antioxidantes são empregadas nos alimentos com o objetivo de retardar ou prevenir a deterioração provocada pela oxidação. Os antioxidantes são encontrados naturalmente em nosso organismo e em alimentos. São responsáveis pela proteção do organismo contra a ação oxidativa dos radicais livres. O presente trabalho teve por objetivo encapsular e caracterizar o extrato líquido da casca de jabuticaba para utilização como corante. O extrato líquido de jabuticaba foi encapsulado com maltodextrina e goma arábica em *spray dryer*. Foram avaliados os teores de antocianinas, compostos fenólicos, flavonoides totais e antioxidantes durante o período de 7 dias de armazenamento utilizando o extrato líquido como controle. Comparando-se os teores de antocianinas totais, compostos fenólicos totais, flavonoides e atividade antioxidante dos corantes formulados com os extratos antociânicos antes da secagem, foram observadas reduções em seus teores, indicando que os mesmos sofreram degradações após a secagem. Independente do tipo de agente carreador, os teores reduziram durante o tempo de armazenamento.

Palavras-Chaves: Jabuticaba. Antocianinas. Compostos fenólicos. Flavonoides. Antioxidante. Microencapsulação

ABSTRACT

FERRACINI, L. A. **Microencapsulação, avaliação da estabilidade do corante natural extraído da casca da jabuticaba (*myrciaria spp.*) para aplicação em alimentos.** 2015. 44f. Completion of course work. (Higher Education Food Engineering), Academic Department Foods, Federal Technological University of Paraná. Campo Mourão, 2015.

The jabuticaba is the fruit from the “jabuticabeira” tree, which belongs to the Myrtaceae Family. This species of fruit is widely spread throughout Brazil. The peel from the jabuticaba fruit (*Myrciaria spp.*) has several nutritional benefits due to the high levels of phenolic and other bioactive compounds found in it. Its antioxidant activity, also important for nutritional purposes, is due mainly to the presence of anthocyanins. Antioxidants are widely used in foods as natural deterrents of spoilage due to aging and oxidative processes. These compounds, that also naturally occur in all living organisms, are responsible for the reduction of oxidative effects produced by free radicals. The aim of the present work was to encapsulate and characterize the dye extracted from the jabuticaba peel, in order to use it as a natural and functional dye in foods. The jabuticaba peel extract was further encapsulated with maltodextrins and gum Arabic with the use of a *spray dryer*. The levels of anthocyanins, total phenolic compounds and antioxidants was monitored throughout the 7 days of storage. The liquid extract, without encapsulation, was used as a control. When compared to the wet extract, all levels of anthocyanins, phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activity dropped. This suggests that these compounds degraded after drying and also that the degradation was not reduced by the encapsulating agent.

Key-words: Jabuticaba. Anthocyanins. Phenolic Compounds. Flavonoids. Antioxidant. Microencapsulation.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1- Estrutura Química das Antocianinas e Suas Substituições..... | 15 |
| Figura 2- Estrutura Química da Maltodextrina | 17 |
| Figura 3- Diferença na coloração do pó encapsulado com MD com diferentes espécies de jabuticaba. | 26 |
| Figura 4- <i>Spray dryer</i> utilizado nos ensaios de secagem. | 27 |
| Figura 5- Extrato da casca de jabuticaba: (a) Extrato Líquido (b) Corante de jabuticaba encapsulado com MD e (c) Corante de jabuticaba encapsulado com GA. | 27 |
| Figura 6- Retenção de água dos corantes microencapsulados no decorrer do dia. A amostra na parte superior da figura se refere ao corante no início da manhã e a parte inferior da figura no final da noite. | 28 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1- Médias e desvios padrão das análises realizadas nos corantes de jabuticaba encapsulados com MD e GA. | 29 |
| Tabela 2- Médias e desvios padrão dos teores de antocianinas (mg de cianidina-3-glucosideo/100 g) no extrato líquido de jabuticaba e dos corantes encapsulados com MD e GA durante 7 dias de armazenamento. | 31 |
| Tabela 3- Antioxidantes (%) do extrato líquido de jabuticaba e encapsulada com GA e MD..... | 32 |
| Tabela 4- Médias e desvios padrão dos compostos fenólicos totais (mgEAG/100 g) do extrato líquido de jabuticaba e dos corantes encapsulados com MD e GA ao longo de 7 dias de armazenamento..... | 33 |
| Tabela 5- Flavonoides totais (mg equivalente quercetina/ 100 g) do extrato líquido de jabuticaba e encapsulada com GA e MD..... | 34 |
| Tabela 6- Alteração de cor sofrida no extrato, GA e MD e nos durante o tempo de 7 dias de armazenamento..... | 35 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| Ministério da Educação | 3 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2. OBJETIVOS..... | 13 |
| 2.1. OBJETIVO GERAL | 13 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS | 13 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 14 |
| 3.1. ALIMENTOS FUNCIONAIS | 14 |
| 3.2. Antocianinas..... | 14 |
| 3.3. ENCAPSULAÇÃO..... | 16 |
| 3.3.1. Maltodextrina | 17 |
| 3.3.2. Goma arábica | 17 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 18 |
| 4.1. PREPARO DOS EXTRATOS..... | 18 |
| 4.1.1. Secagem do bagaço e extração | 18 |
| 4.1.2. Encapsulação | 18 |
| 4.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO EXTRATO LÍQUIDO E DOS CORANTES ENCAPSULADOS COM MALTODEXTRINA E GOMA ARÁBICA | 19 |
| 4.2.1. Umidade (g /100g) | 19 |
| 4.2.2. Rendimento (%)..... | 19 |
| 4.2.4. Ruptura das cápsulas | 20 |
| 4.2.5. Eficiência da encapsulação (%)..... | 20 |
| 4.2.6. Antocianinas (mg de cianidina-3-glucosídeo/100g) | 21 |
| 4.2.7. Compostos fenólicos totais | 22 |
| 4.2.8 Atividade antioxidante..... | 23 |
| 4.2.9 Perda total dos teores de antocianinas, atividade antioxidante e compostos fenólicos no período de estocagem (%) | 23 |
| 4.2.10 Flavonóides totais | 24 |
| 4.3 ESTABILIDADE DA COR DOS EXTRATOS | 24 |
| 4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS | 25 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 26 |

| | |
|--|----|
| 5.1 CARACTERIZAÇÃO DO EXTRATO LÍQUIDO E DOS CORANTES DE JABUTICABA ENCAPSULADOS COM MALTODEXTRINA E GOMA ARÁBICA | 26 |
| 5.1.5 Antocianinas | 31 |
| 5.1.6. Atividade antioxidante | 32 |
| 5.1.5 Compostos fenólicos | 33 |
| 5.1.7 Flavonoides Totais..... | 34 |
| 5.2 ESTABILIDADE DA COR DAS POLPAS..... | 35 |
| 6 CONCLUSÃO..... | 37 |
| 7 REFERÊNCIAS..... | 38 |

1. INTRODUÇÃO

A jabuticaba é uma fruta encontrada em grande parte do território brasileiro. Seus frutos são tipo baga globosa de até 3 cm de diâmetro, com casca avermelhada, polpa esbranquiçada, podendo apresentar no seu interior até 4 sementes (LIMA *et al.*, 2008).

A casca da jabuticaba (*Myrciaria ssp.*) apresenta vários benefícios nutricionais devido a presença de alto teor de compostos fenólicos e compostos bioativos (TEIXEIRA, 2011). Além de apresentar alto teor de antocianinas as quais conferem características antioxidantes, responsáveis pelo combate do envelhecimento precoce, combatendo os radicais livres no organismo humano e vários tipos de câncer (BORGES *et al.*, 2011). A utilização de antioxidantes naturais, apresenta uma alternativa ao uso de antioxidantes sintéticos, estes são adicionados aos alimentos a fim de retardar a deterioração dos produtos (LIMA, 2009).

O processo respiratório e diversas reações oxidativas, que ocorrem nas células aeróbicas, levam à formação de radicais livres, que causam danos ao organismo e contribuem para o aparecimento de muitas doenças, tais como: inflamações, tumores malignos, mal de Alzheimer e doenças cardiovasculares, bem como aceleram o processo de envelhecimento (SILVA *et al.*, 2010).

Os radicais livres e compostos oxidantes, quando em excesso, causam estresse oxidativo, gerando alterações nos tecidos celulares, responsáveis por diversas patologias (SOARES, ANDREAZZA & SALVADOR, 2005). Um antioxidante quando presente em baixas concentrações quando comparada à concentração do substrato oxidável, atrasa ou inibe a oxidação desse substrato de maneira eficaz (HALLIWELL & GUTTERIDGE, 1995).

As substâncias antioxidantes são empregadas nos alimentos com o objetivo de retardar ou prevenir a deterioração provocada pela oxidação. Os antioxidantes são encontrados naturalmente em nosso organismo e em alimentos (CHORILLI; LEONARDI & SALGADO, 2007).

Os compostos bioativos são encontrados principalmente em alimentos de origem vegetal, sendo em sua maioria, metabólitos secundários, com atividades biológicas pronunciadas. Estes compostos podem apresentar características com ação protetora na saúde humana quando presente em

quantidades significativas (HORST & LAJOLO, 2014). Os alimentos funcionais têm como objetivo melhorar, manter e reforçar a saúde do consumidor, reduzindo o risco de doenças através de dietas com agentes protetores contra os danos oxidativos, devendo ser seguro para o consumo sem supervisão médica (SALVADOR, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2002).

Os corantes naturais, possuem, em geral, características funcionais associadas às características estéticas. Apesar de seus benefícios como substâncias bioativas, os corantes extraídos de frutas apresentam grande instabilidade em relação à luz, temperatura, umidade (SOUZA, 2012). Essa instabilidade, dificulta o uso dessas substâncias no contexto industrial. Sendo assim, a indústria de alimentos necessita de tecnologias que protejam as propriedades do corante natural do meio ambiente (HORST, 2009).

Diversos fatores interferem na estabilidade das antocianinas. Essa estabilidade é maior sob condições ácidas, mas pode ocorrer por vários outros mecanismos. A degradação resultam perda da cor, seguida do surgimento de coloração amarelada e formação de produtos insolúveis. A estabilidade da cor de antocianinas é dependente da estrutura e da concentração dos pigmentos, além de fatores como o pH, a temperatura e a presença de oxigênio (LOPES *et al.*, 2007).

Com base nisto, as indústrias tem investido em pesquisas buscando o melhoramento da estabilidade à luz, calor e outros fatores que acarretam na redução da aplicabilidade dos corantes naturais, com o intuito de torná-los estáveis como os corantes artificiais (MARTINS, 2006).

A técnica de microencapsulação consiste em formar uma capa, ou microcápsula comestível, protegendo o material encapsulado de diferentes fatores ambientais com auxílio de um agente encapsulante (MOREIRA, 2007). Esta técnica pode ajudar a resolver alguns dos problemas associados com os corantes naturais, pois oferece solubilidade melhorada e produtos estáveis à oxidação (VALDUGA *et al.*, 2008).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi encapsular, caracterizar e analisar a estabilidade do corante de casca de jaboticaba em relação aos fatores ambientais.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Encapsular em *spray dryer* e caracterizar o pigmento vegetal natural extraído da casca de jabuticaba utilizando como materiais carreadores a maltodextrina e goma arábica.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Secar a casca de jabuticaba e extrair o pigmento;
- Encapsular em *spray dryer* o extrato usando como material de parede a maltodextrina (MD) e a goma arábica (GA);
- Determinar nos corantes encapsulados: umidade, rendimento, eficiência da encapsulação, estabilidade da cor, teores de antocianinas, compostos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante no decorrer do período de 7 dias;
- Comparar diferenças entre espécies diferentes da fruta de jabuticaba;
- Verificar a influência do material de parede nas amostras microencapsuladas com MD e GA.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. ALIMENTOS FUNCIONAIS

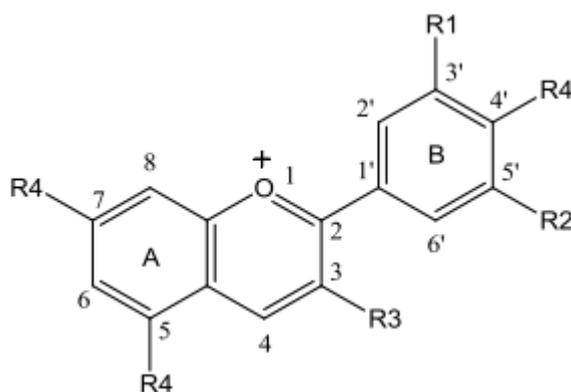
Tanto no Brasil como em todo o mundo, está cada vez mais evidente a preferência dos consumidores por produtos saudáveis e com o mínimo possível de adição de aditivos artificiais. A indústria alimentícia encontra-se gradativamente preocupada com este atendimento e por meio de pesquisas busca associar seus produtos a ingredientes naturais (INSUMOS, 2014).

O efeito prejudicial causado pelos corantes artificiais em relação à saúde gera preocupações aos consumidores. Estuda-se a substituição de corantes artificiais por corantes naturais com atividade antioxidante proporcionando benefícios à saúde humana. A expansão do uso dos corantes naturais passa pelo desenvolvimento de situações que garantam sua estabilidade durante o processamento (LIMA, 2009; OLIVEIRA, 2013).

3.2. Antocianinas

As antocianinas pertencem a família química dos flavonoides, são pigmentos naturais encontrados em diferentes tipos de vegetais e presentes nas seivas das plantas.

As antocianinas são moléculas polares que cujas estruturas apresentam grupos hidroxilas, carboxilas, metoxilas e glicosilas ligados a um núcleo de anéis aromáticos. A estrutura química das antocianinas é baseada em uma estrutura policíclica de quinze carbonos conforme mostrada na Figura 1 (XAVIER, 2004).



| Antocianinas | R1 | R2 |
|---------------|------------------|------------------|
| Cianidina | OH | H |
| Pelargonidina | H | H |
| Peonidina | OCH ₃ | H |
| Delfinidina | OH | OH |
| Petunidina | OCH ₃ | OH |
| Malvidina | OCH ₃ | OCH ₃ |

Figura 1- Estrutura Química das Antocianinas e Suas Substituições.

Fonte: SILVA, 2011.

A coloração de soluções contendo antocianinas varia entre um vermelho intenso, em pH próximo de 1, até praticamente incolor, em pH acima de 4,5. Devido às suas características polares, as antocianinas podem ser extraídas com solventes polares como o metanol e o etanol (CARDOSO; LEITE & PELUZIO, 2011).

Quando adicionadas em alimentos, além de conferir a coloração aos alimentos propiciam a prevenção contra auto oxidação e peroxidação de lipídios em sistemas biológicos (LOPES *et al.*, 2007).

A principal desvantagem das antocianinas em relação aos corantes naturais é em relação as reações químicas com os produtos alimentícios causando mudanças na sua coloração. Durante a estocagem, as antocianinas sofrem modificações devido os efeitos da temperatura, oxigênio, luz e ação enzimática (XAVIER, 2004).

A jabuticaba apresenta alto teor de antocianinas presentes em sua casca, as quais conferem uma ação antioxidante. As antocianinas da casca

são mais estáveis em meio ácido. Isso faz com que o corante da casca da jabuticaba seja facilmente empregado em produtos como iogurte (ALVES, 2011).

Estudos realizados por Alves (2011), comprovaram que as antocianinas provenientes da casca da jabuticaba são estáveis em meios ácidos podendo ser utilizadas como corantes naturais em iogurtes armazenados sob refrigeração, tornando-se viável para as indústrias alimentícias. Fatores como pH, temperatura, presença de ácidos, de açúcares, de íons metálicos ou de substâncias chamadas de copigmentos, podem influenciar sua estabilidade, limitando seu uso em produtos alimentícios (POMPEU & MOMESSO, 2010).

3.3. ENCAPSULAÇÃO

A encapsulação, no contexto da indústria de alimentos, é um processo onde pequenas partículas ou gotículas são cercadas por um revestimento comestível, com uma camada fina, onde por fim são obtidas pequenas cápsulas que oferecem uma barreira física entre o núcleo, substância encapsulada e outros componentes do produto. A encapsulação promove a proteção e aumento da estabilidade do corante contra condições adversas como: luz, umidade, oxigênio e interações com outros compostos, aumentando a vida útil (MENDES, 2012; HORST, 2009).

A técnica de microencapsular é uma maneira eficiente de conservar as características dos corantes. É um processo no qual ocorre à formação de micropartículas e o aprisionamento de uma substância envolta por um agente encapsulante, fornecendo proteção contra as condições adversas do meio aumentando a vida útil do produto e as cápsulas são projetadas para liberar lentamente o produto com o passar do tempo ou até que uma determinada condição físico-química seja alcançada (MENDES, 2012; SILVA, 2011).

Em relação ao agente encapsulante, ele deve possuir baixa viscosidade, higroscopicidade, de fácil manipulação, deve proporcionar máxima proteção ao ingrediente encapsulado contra condições adversas como pH, temperatura e ingredientes ativos, possuir as propriedades desejadas de liberação do ingrediente encapsulado, não possuir sabor desagradável e ser econômico (HORST, 2009).

3.3.1. Maltodextrina

Os carboidratos são os materiais mais utilizados para encapsulação, graças à sua capacidade de se ligar aos compostos aromáticos, além de sua diversidade e baixo custo. Consiste de unidades de D-glicose ligadas por ligações glicosídicas do tipo α -1,4. São utilizadas em processos de microencapsulação por proporcionarem proteção aos materiais encapsulados contra oxidação e também por apresentarem baixa viscosidade em concentrações altas, alta solubilidade em água e por não apresentarem sabor doce quando adicionados aos alimentos (MÜLLER, 2011; COSTA, 2013).

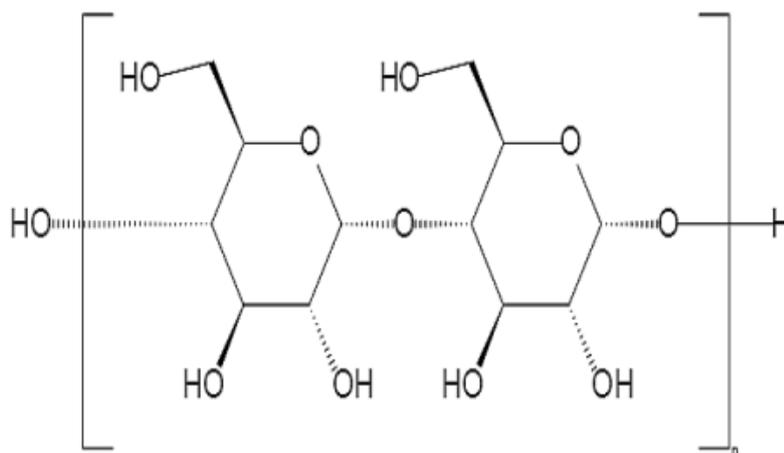


Figura 2- Estrutura Química da Maltodextrina

Fonte: Nunes, 2014.

3.3.2. Goma arábica

A goma arábica é uma mistura polimérica constituída principalmente por ácido D-glicurônico, L-ramnose, D-galactose e L-arabinose, com aproximadamente 5% de proteína. Apresenta alta solubilidade em água, baixa viscosidade, apresentando características geleificantes e é estável em diferentes valores de pH (SILVA, 2011).

Suas características têm facilitado seu grande uso como matriz encapsulante para retenção e proteção, por outro lado tem alto custo e problemas de disponibilidade (MENDES, 2012).

4. MATERIAL E MÉTODOS

A jabuticaba foi adquirida de modo comercial na cidade de Campo Mourão e em área residencial na cidade de Naviraí- MS entre junho e setembro de 2015. As amostras foram armazenadas em freezer a -18 °C até o período de utilização. Realizou-se o descongelamento, despulpamento manual e secagem em estufa da casca.

Dos agentes carreadores, utilizou-se MD e GA pura (Vetec). Os demais reagentes e meios de cultura foram cedidos pelo laboratório de pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão para realização das análises físico químicas.

4.1. PREPARO DOS EXTRATOS

4.1.1. Secagem do bagaço e extração

A secagem do bagaço foi realizada em estufa de circulação de ar a 40 °C por 48 horas, e em seguida, triturado em moinho de facas, embalado e armazenado em freezer horizontal. A extração foi conduzida pelo método de extração com etanol acidulado a 0,25% com ácido clorídrico, seguindo a metodologia descrita por Asolini e colaboradores (2006), com modificações no solvente utilizado, onde foi substituído o metanol por etanol.

4.1.2. Encapsulação

Foram desenvolvidos dois experimentos, sendo um usando a MD como agente encapsulante e a outra utilizando a GA. Cada agente encapsulante foi disperso em 50 g de água a 80 °C por cinco minutos com agitação mecânica a 4000 rpm. A dispersão foi resfriada até 30 °C, o extrato foi adicionado na proporção 1:3, (m/m) e a mistura agitada por mais três minutos (TOSONI; RODRIGUES, 2013). A secagem por pulverização ocorreu em *spray dryer* com fluxo de ar de 50 L /min, ar quente de 3,6 m³/min, alimentação de líquido de

550 mL/h e temperatura de 150 °C. Os corantes foram acondicionados em frasco de vidro âmbar em freezer à -18 °C.

4.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO EXTRATO LÍQUIDO E DOS CORANTES ENCAPSULADOS COM MALTODEXTRINA E GOMA ARÁBICA

4.2.1. Umidade (g /100g)

A umidade dos corantes foi determinada segundo metodologia desenvolvida pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) com as modificações sugeridas por Oliveira (2014). Pesaram-se aproximadamente 2,000 g das amostras, em cadinhos de porcelana previamente secos e de massa conhecida e as mesmas foram levadas para estufa com circulação de ar a 70 °C por 24 horas. Ao final, o percentual (%) de umidade (U) foi determinado por meio da Equação 1, em que P_i é o peso inicial da amostra e P_f é o peso final da amostra.

$$U = \frac{P_i - P_f}{P_i} \cdot 100 \quad (1)$$

4.2.2. Rendimento (%)

O rendimento no processo de encapsulação foi calculado conforme Souza (2013), pela relação entre a massa seca de pó obtida ($ms_{pó}$) e a massa líquida da mistura alimentada no *spray dryer* ($ml_{mistura}$), expresso em porcentagem (%), de acordo com a Equação 2.

$$Rendimento = \frac{ms_{pó}}{ml_{mistura}} \cdot 100 \quad (2)$$

4.2.4. Ruptura das cápsulas

Para a realização das análises antocianinas, flavonoides, compostos fenólicos e antioxidantes, foi utilizado a metodologia descrita por Souza (2013), onde, em tubos falcon, 0,5 g de corantes foram diluídas com 20 mL de solução de metanol 80% acidificado com ácido clorídrico 0,2%, facilitando a separação dos agentes carreadores e extração dos compostos. Posteriormente os tubos foram depositados em sonificador ultrassônico por 15 minutos seguido de centrifugação a 3000 rpm por cinco minutos. O sobrenadante resultante foi utilizado na execução das análises de antocianinas, compostos fenólicos, atividade antioxidante e flavonóides.

4.2.5. Eficiência da encapsulação (%)

Foi considerada como eficiência da encapsulação a relação da quantidade de antocianinas contidas no interior e exterior das cápsulas. Para avaliar o conteúdo de antocianinas no exterior das cápsulas utilizou-se a metodologia descrita por Tosoni e Rodrigues (2013), em que 0,5 g do corante foi dissolvidos em 20 mL de etanol absoluto P.A. em tubos falcon. Posteriormente, os tubos foram colocados em sonificador ultrassônico por 15 minutos seguido de centrifugação a 3000 rpm por 5 minutos. O interior da cápsula foi rompido, seguindo a metodologia descrita no item 4.2.4. A eficiência da encapsulação (EF) foi calculada e expressa em porcentagem (%) aplicando a Equação 3, em que FT é a quantidade total (mg de cianidina-3-glucosídeo/100g) no interior e exterior de antocianinas da cápsula e FS do exterior.

$$EF = \frac{FT - FS}{FT} \cdot 100 \quad (3)$$

4.2.6. Antocianinas (mg de cianidina-3-glucosídeo/100g)

O conteúdo de antocianinas foi medido, em 1 e 7 dias, pelo método do pH diferencial conforme Giusti e Wrolstad (2003). Uma alíquota de 0,1 mL do extrato líquido foi diluído em 9,9 mL de solução tampão cloreto de potássio (pH 1,0) e solução tampão acetato de sódio (pH 4,5). Para os corantes a proporção utilizada foi 1 mL para 9 mL de tampão pH 1,0 e 4,5. O fator de diluição (FD) foi calculado de acordo com a Equação 4, em que VT é o volume do tampão (mL) e VE é o volume do extrato (mL).

$$FD = \frac{VT}{VE} + 1 \quad (4)$$

Após o preparo das amostras, foram feitas as leituras das absorvâncias em espectrofotômetro UV-VIS em dois comprimentos de onda: 510 e 700 nm, a fim de eliminar os interferentes da reação. A absorvância (A) foi calculada segundo a Equação 5.

$$A = (A_{510} - A_{700})_{pH1} - (A_{510} - A_{700})_{pH4,5} \quad (5)$$

Onde:

A_{510} : Absorvância no comprimento de onda de 510 nm;

A_{700} : Absorvância no comprimento de onda de 700 nm.

A concentração de antocianinas monoméricas (MA) final foi determinada de acordo com a Equação 6 e expressa em mg de cianidina-3-glucosídeo/100 g.

$$A = \frac{A * M * FD * 100}{e * L} \quad (6)$$

Onde:

A: Absorvância calculada pela Equação 5;

FD: Fator de diluição;

M: Massa molar da cianidina-3-glucosídeo (449 g/mol);

ϵ : Coeficiente de extinção molar (26900 L/mol.cm);

L: Caminho óptico da cubeta (1 cm).

4.2.7. Compostos fenólicos totais

Os teores de compostos fenólicos totais dos corantes e do extrato líquido foram avaliados em 1 e 7 dias, pelo método de Folin-Ciocalteu e segundo metodologia proposta por Amerine e Ough (1976) com modificações sugeridas por Tosoni e Rodrigues (2013).

Para o extrato líquido, uma alíquota de 0,1 mL da solução diluída contendo 0,5 mL do extrato líquido e 49,5 mL de água destilada foi transferida para um tubo de ensaio protegido da luz. Para os corantes, transferiu-se para tubos de ensaio protegidos da luz, uma alíquota de 0,1 mL da solução diluída contendo 1 mL dos corantes com a cápsula rompida e 9 mL de água destilada. Em seguida, adicionou-se 3 mL de água destilada e 0,25 mL do reagente Folin-Ciocalteu. Após três minutos de repouso, pipetou-se 2 mL de solução de carbonato de sódio (Na_2CO_3) 7,5% e os tubos foram incubados em banho maria a 37 °C por 30 minutos.

As absorvâncias das amostras foram obtidas em espectrofotômetro UV-VIS a 765 nm, contra o branco, cuja solução continha 0,25 mL de Folin-Ciocalteu, 2 mL de solução de Na_2CO_3 7,5% e 3,1 mL de água destilada. O teor de compostos fenólicos totais foi determinado utilizando a equação da reta (Equação 7), com $R^2 = 0,992$, obtida na curva de calibração construída empregando ácido gálico como padrão nas concentrações 100, 200, 700 e 1000 mg/L. Utilizou-se y para determinar a concentração de compostos fenólicos totais expressos em mg equivalente de ácido gálico/100 g e x a absorvância.

$$Y = 0,0029619x - 0,0275 \quad (7)$$

4.2.8 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi determinada através do radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) aos 1 e 7 segundo método descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995).

A amostra foi preparada pela adição de 3 mL de etanol absoluto P.A., 0,3 mL de solução de DPPH 0,3 mM e 0,5 mL da amostra. O branco foi obtido pela mistura de 3,3 mL de etanol absoluto P.A. e 0,5 mL da amostra. O controle foi preparado com 3,5 mL de etanol absoluto P.A. e 0,3 mL de solução de DPPH 0,3 mM. Os tubos preparados, em triplicata, foram incubados na ausência de luz por 45 minutos a temperatura ambiente. As absorvâncias foram medidas no comprimento de onda de 517 nm e o percentual (%) de atividade antioxidante (AA) foi obtido pela fórmula de Mensor *et al.* (2001), apresentada na Equação 8.

$$AA = 100 - \frac{ABS_{amostra} - ABS_{branco}}{ABS_{controle}} * 100 \quad (8)$$

4.2.9 Perda total dos teores de antocianinas, atividade antioxidante e compostos fenólicos no período de estocagem (%)

Foi calculada pela metodologia descrita por Souza (2013) o percentual (%) de perda total de antocianinas, flavonoides, compostos fenólicos e antioxidante no período de estocagem através da relação entre a quantidade no último dia de armazenamento (C_7), pela quantidade inicial (C_1) conforme a Equação 8.

$$\text{Perda total} = 1 - \frac{C_7}{C_1} * 100 \quad (9)$$

4.2.10 Flavonoides totais

O teor de flavonoides totais foi avaliado no primeiro dia segundo método proposto por Marques *et al.* (2012), em que 0,5 mL do extrato líquido/corantes com a cápsula rompida foram pipetados para balões volumétricos de 10 mL. Em seguida, transferiu-se 0,4 mL de solução metanólica de cloreto de alumínio (AlCl_3) 5 % e o volume foi completado com solução metanólica de ácido acético 2,5 %. Os balões permaneceram em repouso por 30 minutos a temperatura ambiente e na ausência da luz.

A leitura das absorvâncias foi realizada em espectrofotômetro UV-VIS no comprimento de onda de 408 nm contra um branco, preparado da mesma forma que a amostra, porém, sem a adição de solução metanólica de (AlCl_3). O resultado de flavonóides totais (FT) foi calculado como quercetina segundo a Equação 10 e expresso em mg equivalente quercetina/100g.

$$FT = \frac{Abs * FD}{m * E\%} \quad (10)$$

Onde:

Abs: Absorvância da amostra;

FD: Fator de diluição;

M = massa seca (g);

E%: Absorção específica do complexo quercetina - cloreto de alumínio (0,560 nm).

4.3 ESTABILIDADE DA COR DOS EXTRATOS

A estabilidade da cor foi obtida por meio de colorímetro portátil utilizando o sistema CieLab (Konika Minolta Inseng, modelo CR 400), aos 1 e 7 dias.

Os corantes foram colocadas em placas de Petri, em quantidade suficiente para cobrir a base da placa, sendo avaliadas as coordenadas L^* , a^* e b^* , em triplicata, onde L^* representa a luminosidade na escala de 0 a 100, indicando preto e branco, respectivamente, a^* representa a variação das cores

verde e vermelho, onde valores negativos correspondem à intensidade da cor verde e os positivos da cor vermelha e b^* representa a variação das cores azul e amarelo, onde valores negativos correspondem à intensidade da cor azul e os positivos da cor amarela (ALVES *et al.*, 2008).

Os valores das coordenadas L^* , a^* e b^* da avaliação inicial e os valores obtidos na avaliação final foram utilizados para calcular a alteração total da cor (ΔE) sofrida durante o período de armazenamento, conforme apresenta a Equação 12.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (12)$$

4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A análise estatística foi realizada utilizando o software STATISTICA 10.0 (Statsoft Inc. 2325 East 13th Street, Tulsa, OK, 74104, USA). Os dados foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste T ao nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO EXTRATO LÍQUIDO E DOS CORANTES DE JABUTICABA ENCAPSULADOS COM MALTODEXTRINA E GOMA ARÁBICA

Na etapa de secagem em estufa utilizou-se 4,42 kg de bagaço úmido, que resultaram em 1,3 kg de matéria seca. Na extração com etanol, foram obtidos 6,5 L de extrato líquido, que após roto evaporação resultou em 3,30 L de extrato líquido.

Para a elaboração deste trabalho foram usados 4,5 kg de jabuticaba obtidas comercialmente e 9 kg de jabuticaba colhidas na cidade de Naviraí-MS. Foi realizado um teste em *spray dryer* com apenas 100 g de extrato líquido a fim de obter parâmetros prévios para a utilização do aparelho. O corante encapsulado obtido a partir do extrato da jabuticaba comprado apresentou coloração diferente ao corante encapsulado com as jabuticabas de Naviraí, o qual apresentou coloração mais intensa. Isso se deve as diferentes espécies de jabuticaba encontradas em todo o Brasil. O conteúdo de antocianinas pode variar entre espécies vegetais diferentes, estações do ano, clima, solo entre outros fatores impactando na quantidade de antocianinas, flavonoides, compostos fenólicos, atividade antioxidante e outros. A diferença da coloração pode ser vista na figura 3.

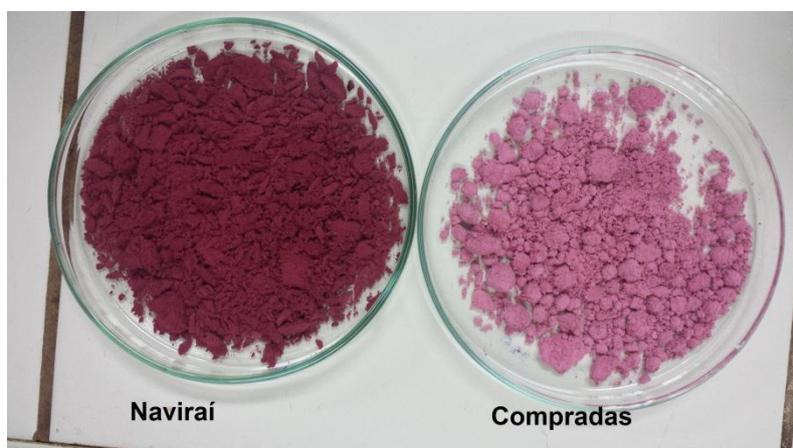


Figura 3- Diferença na coloração do pó encapsulado com MD com diferentes espécies de jabuticaba.

A figura 4 apresenta o equipamento utilizado nos ensaios de secagem do extrato líquido. Utilizou-se a mesma proporção (1:3) tanto para a MD como para a GA e 50 g de água para cada 100 g de extrato líquido. Para a primeira formulação foram utilizados 400 g de extrato líquido, 139,2 g de GA e 200 mL de água para diluição. Para a segunda formulação utilizou-se 585 g de extrato líquido em 203,6 g de MD e diluídos em 292,5 mL de água.



Figura 4- *Spray dryer* utilizado nos ensaios de secagem.

A figura 5 apresenta extrato da casca de jabuticaba e os corantes encapsulados com MD e GA, respectivamente.



Figura 5- Extrato da casca de jabuticaba: (a) Extrato líquido (b) Corante de jabuticaba encapsulado com MD e (c) Corante de jabuticaba encapsulado com GA.

Devido à alta higroscopicidade do corante encapsulado, a caracterização da estabilidade foi feita no decorrer dos sete primeiros dias após a secagem. Devido à jabuticaba ser um fruto rico em açúcares e ácidos orgânicos, fatores como a temperatura ambiente e umidade relativa do ar elevadas podem ter influenciado na característica dos corantes.

A figura 6 apresenta a diferença dos corantes no decorrer do dia.

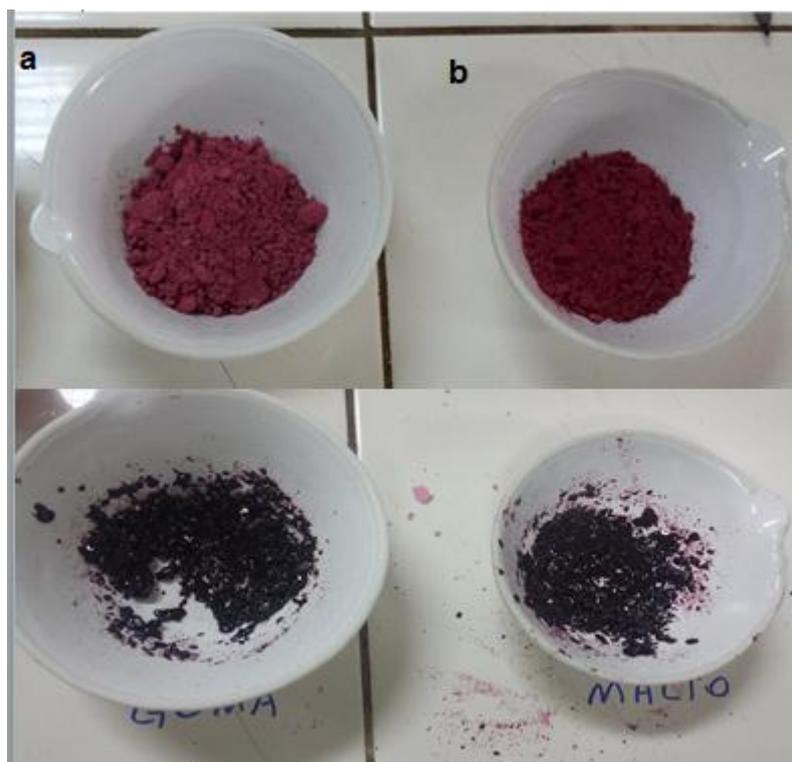


Figura 6- Retenção de água dos corantes microencapsulados no decorrer do dia. A amostra na parte superior da figura se refere ao corante no início da manhã e a parte inferior da figura no final da noite.

Nota: (a) corante microencapsulado com GA; (b) corante microencapsulado com MD.

Segundo Silva (2011), existe uma relação inversa entre a umidade e higroscopicidade, ou seja, quanto mais secas as amostras, maior a tendência em absorver umidade do ambiente.

A presença de carboidratos de baixo peso molecular, bem como ácidos orgânicos, normalmente dificulta a secagem por *spray dryer*. Estes compostos são responsáveis por temperaturas de transição vítreas baixas, o que pode provocar a adesão das partículas às paredes do *spray dryer*, bem como a

dificuldade de manipulação do pó, devido à higroscopicidade alta (SILVA, 2012).

A Temperatura de transição vítrea (T_g) é um estado amorfo de transição entre a fase sólida e a fase líquida definida como a temperatura na qual um sistema amorfo passa de um estado vítreo para um estado de borracha. No caso de pós amorfos, as pontes interpartículas começam a aparecer e a crescer quando o produto está exposto a uma temperatura acima da T_g do material. Para os pós amorfos solúveis em água, o amolecimento do produto pode ser obtido tanto pelo aumento da temperatura quanto pelo aumento do conteúdo de umidade, que resulta numa diminuição da T_g . A água atua como um plasticizante, aumentando a mobilidade molecular do material (VISSOTTO, 2014).

A Tabela 1 apresenta as médias e o desvio padrão das análises dos corantes de jabuticaba encapsulados com MD e GA.

Tabela 1- Médias e desvios padrão das análises realizadas nos corantes de jabuticaba encapsulados com MD e GA.

| Extrato | Umidade (%) | Rendimento (%) | Eficiência (%) |
|--------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| Extrato + MD | 14,44 ^a ± 0,66 | 86,2 | 59,64 ^a ± 0,07 |
| Extrato + GA | 20,02 ^b ± 0,88 | 83,96 | 62,02 ^b ± 0,15 |

Letras iguais na mesma coluna indicam que as médias não diferem ao nível de 5 % na mesma coluna.

O teor de umidade dos corantes da casca de jabuticaba encapsulado com MD e GA (Tabela 1) apresentaram diferença significativa nos dois tratamentos estudados ($p < 0,05$). Porém, o teor de umidade analisado com os dois agentes encapsulantes obtiveram valores elevados de umidade, tendo a GA o maior valor. Fatores como a temperatura de secagem podem ter influenciado na umidade no período de secagem no *spray dryer*. Uma resolução para o problema seria aumentar a entrada de ar quente no equipamento. Silva (2011), em seu trabalho de extração, secagem por *spray dryer* do corante da jabuticaba observa que quanto maior a temperatura de entrada, maior o gradiente de temperatura formado entre o líquido e o ar de secagem, o que resulta em pós com menor teor de umidade, sem ocorrer efeitos danosos na retenção de antocianinas. Em seu trabalho, o autor indica

que a temperatura ótima para a obtenção de pós com elevada retenção de pigmentos, com menor diferença de cor, menor umidade e menor higroscopicidade foi de 180 °C. Sendo que a temperatura utilizada para a microencapsulação neste trabalho de microencapsulação do extrato de jabuticaba foi de 150 °C, a qual apresentando baixa eficiência no processo.

O rendimento de encapsulação foi acima do esperado com valores para a MD de 86,2% e 83,96% para GA.

As frutas, por possuírem altas concentrações de açúcares de baixo peso molecular, como a sacarose, glicose e a frutose tem maiores tendências a se aderirem nas paredes do equipamento, comprometendo o rendimento do processo de secagem por conta da sua alta higroscopicidade. O uso de agentes encapsulantes como as gomas e a MD são empregados na secagem por *spray dryer* em função do seu peso molecular superior e da sua higroscopicidade baixa, solubilidade alta em água fria e custo baixo (SANTOS *et al.*, 2014).

A determinação da eficiência do processo de microencapsulação envolveu a análise do teor de antocianinas presentes no complexo formado. A eficiência de encapsulação entre os agentes encapsulantes diferiu significativamente ao nível de variância de 5% (Tabela 1). Os valores de eficiências de encapsulação variaram de 59,64 a 62,02 aproximadamente. O melhor resultado foi obtido pela encapsulação com GA.

Em estudos realizados por Silva (2011), a avaliação da eficiência do encapsulamento é feita normalmente verificando a estabilidade do produto em determinadas condições de armazenamento, o grau de proteção provido pelo material de parede. Em seu trabalho, o autor adquiriu 74,79 % de retenção de antocianinas no pó encapsulado com MD, valores relativamente próximos aos obtidos neste presente trabalho em relação aos pós encapsulados com MD e GA.

5.1.5 Antocianinas

A Tabela 2 apresenta as médias e desvios padrão dos teores de antocianinas (mg de cianidina-3-glucosídeo/100 g de extrato) no extrato líquido de jabuticaba e dos corantes encapsulados com MD e GA durante 7 dias de observação.

Tabela 2 - Médias e desvios padrão dos teores de antocianinas (mg de cianidina-3-glucosídeo/100 g) no extrato líquido de jabuticaba e dos corantes encapsulados com MD e GA durante 7 dias de armazenamento.

| Dia | Extrato líquido | MD | GA |
|----------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0 | 197,72 ^{aA} ± 4,12 | 4,71 ^{bA} ± 0,15 | 5,492 ^{bA} ± 0,80 |
| 7 | 169,22 ^{aB} ± 2,1 | 4,32 ^{bB} ± 0,7 | 5,16 ^{bB} ± 0,79 |
| % Perda | 14,41 ^a ± 0,78 | 8,31 ^b ± 1,09 | 6,18 ^b ± 1,48 |

Letras minúsculas diferentes numa mesma linha indicam que as medias diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Letras maiúsculas diferentes numa mesma coluna indicam que as médias diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Os dados da Tabela 2 mostram que, apesar do efeito retardante na degradação de antocianinas pelos agentes encapsulantes, a eficiência do processo de captação de antocianinas a partir do extrato líquido foi extremamente baixa. Este presente trabalho apresentou valores menores do que o relatado por Silva e colaboradores (2010), onde obtiveram-se 11,82 mg/100g pó de antocianinas totais, quando estes autores atomizaram extrato da casca da jabuticaba com 30% de maltodextrina.

O teor de antocianinas medido no extrato líquido foi maior do que em relação ao encapsulado, porém também apresentou maior porcentagem de perda.

Em estudos realizados por Teixeira (2011), foram encontrados concentrações de antocianinas de 1922,4 mg/100 g, presentes em sucos de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*).

Silva (2011), em seu trabalho de retenção de antocianinas por secagem em *spray dryer* obteve valores entre 54 a 60 mg.100g⁻¹. O presente trabalho apresentou valores mais baixos de antocianinas já no final do processo.

Para Silva (2012) os valores para o teor de antocianinas da jabuticaba variaram em relação a quantidade do agente encapsulante. Quanto maior a

concentração de MD na solução para encapsulação, menor a concentração de antocianina nas partículas encapsuladas.

Segundo Silva e colaboradores (2010) em seu estudo sobre estabilidade de corantes de antocianinas da casca de jabuticaba, quando avaliados ao longo do seu período de armazenamento, os concentrações de antocianinas nos corantes de jabuticaba armazenados sob incidência de luz a 25°C apresentaram diferenças significativas entre as amostras em função do tempo de armazenamento.

Comparando-se os teores de antocianinas totais, dos corantes formulados com o extrato antes da secagem, observam-se reduções em seus teores, indicando que os mesmos sofreram degradações após a secagem.

Neste trabalho, os corantes não foram extraídos imediatamente após a obtenção da fruta, o que possivelmente influenciou na redução da concentração de antocianinas no extrato líquido obtido. Segundo Malacrida & Mota (2006), as antocianinas são sensíveis ao aumento de temperatura, tanto na etapa de processamento como na estocagem de alimentos. A degradação das antocianinas afeta diretamente as medidas de compostos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante

5.1.6. Atividade antioxidante

Os resultados obtidos para atividade antioxidante do extrato líquido e encapsulados no período de 7 dias estão descritos na Tabela 3

Tabela 3- Antioxidantes (%) do extrato líquido de jabuticaba e encapsulada com GA e MD.

| Dia | Extrato líquido | MD | GA |
|----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 0 | 95,98 ^{aa} ± 0,44 | 93,22 ^{aa} ± 2,61 | 90,70 ^{ba} ± 1,57 |
| 7 | 95,41 ^{aa} ± 0,19 | 90,81 ^{ba} ± 0,33 | 90,04 ^{ba} ± 1,34 |
| % Perda | 0,60 ^a ± 0,30 | 2,54 ^a ± 2,34 | 0,72 ^a ± 0,29 |

Letras minúsculas diferentes numa mesma linha indicam que as medias diferem significativamente entre si (p < 0,05).

Letras maiúsculas diferentes numa mesma coluna indicam que as médias diferem significativamente entre si (p < 0,05).

A medida da concentração de antioxidante no extrato líquido apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) da formulação com GA nos dois dias de leitura. A comparação da concentração na formulação com MD mostra que a concentração de antioxidante é estatisticamente igual no primeiro dia, mas decai na formulação com encapsulante no sétimo dia.

Nas 3 formulações (extrato líquido e formas encapsuladas) não houve queda significativa ($p > 0,05$) nas concentrações de atividade antioxidante longo do período estudado. As formulações com GA e MD apresentaram diferença ($p < 0,05$) na primeira semana de caracterização. Mas no sétimo dia os valores encontrados entre os dois encapsulantes não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$).

Em estudo realizado por Melo e colaboradores (2006) com hortaliças, os extratos que apresentaram atividade de sequestro do radical DPPH superior a 70% foram considerados eficazes, os extratos que exibiram atividade entre 60-70% apresentaram ação moderada, e aqueles que apresentaram atividade inferior a 60% foram considerados com fraca ação antioxidante.

O presente trabalho atingiu teores de atividade antioxidante acima de 70%, assim como no trabalho executado por Rezende (2010), onde os extratos da polpa e da casca da jabuticaba, nas concentrações de 100 mg/mL, apresentaram atividade superior a 70%.

5.1.5 Compostos fenólicos

A Tabela 4 apresenta as médias e desvios padrão dos compostos fenólicos totais (mgEAG/100 g) do extrato líquido de jabuticaba e dos corantes encapsulados com MD e GA ao longo de 07 dias de observação.

Tabela 4- Médias e desvios padrão dos compostos fenólicos totais (mgEAG/100 g) do extrato líquido de jabuticaba e dos corantes encapsulados com MD e GA ao longo de 7 dias de armazenamento.

| Dia | Extrato líquido | MD | GA |
|---------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 0 | 63484,85 ^{aA} ± 1033,86 | 1717,27 ^{cA} ± 45,56 | 1263,33 ^{bA} ± 28,42 |
| 7 | 56333,33 ^{aB} ± 638,52 | 1465,15 ^{cB} ± 15,46 | 1084,55 ^{bB} ± 30,04 |
| % Perda | 11,24 ^a ± 2,21 | 14,63 ^a ± 3,06 | 14,63 ^a ± 0,60 |

Letras minúsculas diferentes numa mesma linha indicam que as medias diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Letras maiúsculas diferentes numa mesma coluna indicam que as médias diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Através da Tabela 4 é analisado que o extrato líquido, encapsulado com GA e encapsulado com MD diferiram-se significativamente ($p < 0,05$). Os valores mais baixos nas concentrações de compostos fenólicos após a encapsulação é indicativo de que a eficiência da retenção desses compostos foi baixa, tanto com o uso de MD quanto com a GA.

Quando avaliados ao longo do seu período de armazenamento, os teores de compostos fenólicos nos corantes de jabuticaba armazenados sob incidência de luz a temperatura ambiente apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as amostras em função do tempo de armazenamento.

Os compostos fenólicos encontrados no extrato líquido foram superiores a estudos realizados por Souza (2013), avaliando a atividade antioxidante e compostos fenólicos de vários extratos vegetais, apresentou que a quantidade de compostos fenólicos (mg AG/100 g) realizados com extração com 80% de etanol acidulado com 0,5 % (v/v) de HCl concentrado em base seca presentes na jabuticaba, foram de $17828,0 \pm 632,72$ (mg EAG/ 100 g).

Os valores das amostras encapsuladas foram próximos aos observados por Soares e colaboradores (2008) avaliando o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante de uva Niágara e Isabel encontrou valores de $219,56 \pm 6,10$ à $1026,59 \pm 88,59$ mgEAG/100 g. Sales e colaboradores (2012), avaliando capacidade antioxidante de extratos hidro alcoólicos do bagaço de uva tinta encontraram teor de 473,85 mgEAG/100 g.

5.1.7 Flavonoides Totais

Tabela 5- Flavonoides totais (mg equivalente quercetina/ 100 g) do extrato líquido de jabuticaba e encapsulada com GA e MD.

| | Extrato líquido | MD | GA |
|--------------------|------------------------|-------------------|--------------------|
| Flavonoides | $6,31^a \pm 0,55$ | $0,10^c \pm 0,06$ | $0,23^b \pm 0,007$ |

Letras minúsculas diferentes numa mesma linha indicam que as medias diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

O teor de flavonoides totais apresentou diferença significativa entre o extrato líquido e as formulações com encapsulante ($p < 0,05$).

As concentrações de flavonoides obtidos do extrato de jabuticaba nas condições desse trabalho são relativamente baixas quando comparadas com valores obtidos para extratos de uva e mirtilo (Soares *et. al.*, 2008; Oliveira, 2014).

Em estudos realizados por Souza (2013), os valores de flavonoides totais das amostras obtidas da secagem por *spray dryer* (150 °C/ 10% MD) do extrato da uva Bordô foram de 15.019 (mg eq de quercetina/ 100 g de extrato seco).

5.2 ESTABILIDADE DA COR DAS POLPAS

A alteração de cor (ΔE) sofrida durante o período de armazenamento para o extrato líquido e amostras encapsuladas está descrita na Tabela 6.

Tabela 6- Alteração de cor sofrida no extrato, GA e MD e nos durante o tempo de 7 dias de armazenamento.

| | Extrato líquido | MD | GA |
|------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| ΔE | 6,31 ^a ± 0,55 | 0,10 ^c ± 0,06 | 0,23 ^b ± 0,007 |

Letras minúsculas diferentes numa mesma linha indicam que as medias diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Através da análise colorimétrica, foram observadas diferenças significativas entre o extrato líquido e as formulações com encapsulante.

A diferença total de cor nas amostras encapsuladas tanto com MD como com GA foram inferiores as amostras de Souza (2013), em seu estudo sobre o extrato de uva Bordô, o valor encontrado pelo autor durante o período de armazenagem de 120 dias a 25 °C para amostras microencapsuladas a 150 °C e 10% de MD foi de 3,88 (ΔE^*). E para amostras com extrato etanólico o autor obteve valores de variância de cor de 2,74. O presente trabalho encontrou valores para variação de cor do extrato líquido de jabuticaba de 6,31, demonstrando instabilidade maior em relação ao trabalho de Souza (2013).

Os valores deste trabalho apresentaram-se fora dos resultados obtidos por Silva e colaboradores (2010), cujos valores variaram entre 3,61 e 18,96 (ΔE^*) em formulações com diferentes encapsulantes.

6 CONCLUSÃO

Comparando-se os teores de antocianinas totais, compostos fenólicos totais, flavonoides e atividade antioxidante das formulações encapsuladas com o extrato líquido, foram observadas reduções nas concentrações da maior parte dos compostos, sugerindo que os mesmos sofreram degradações após a secagem. O único parâmetro que não mostrou mudança por degradação foi a de atividade antioxidante.

Nas condições estudadas, o processo de encapsulação indica uma baixa efetividade na proteção dos compostos bioativos. Independente do tipo de agente carreador, os teores reduziram durante o tempo de armazenamento.

Apesar do percentual de perda por degradação, após o processo de encapsulação, ter sido menor para as antocianinas, o percentual de incorporação desses compostos nas formas particuladas foi relativamente baixo. Isso se deve, provavelmente, às condições experimentais de secagem, uma vez que dados obtidos da literatura mostram um rendimento maior para o processo.

O extrato da casca de jabuticaba encapsulado apresenta grande potencial de aplicação como corante natural devido aos compostos quantificados, porém, novos estudos são necessários para definir técnicas de extração, obtenção e armazenamento deste tipo de resíduo a fim de evitar perdas de pigmentos bem como possibilitar um melhor aproveitamento deste resíduo como corante.

7 REFERÊNCIAS

ALVES, A. P. C. **Casca de jaboticaba (*Plinia jaboticaba* (Vell.) Berg): Processo de secagem e uso como aditivo em iogurte.** Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

ALVES, C. C. O.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; PRADO, M. E. T. **Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenoides de pós-obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*) liofilizada.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 28, p.830-839, jan. 2008.

AMERINE, M. A.; OUGH, C. S. **Análisis de vinos y mostos.** Zaragoza, 1976.

ASOLINI, F. C.; TEDESCO, A. M.; CARPES S. T. Atividade antioxidante e antibacteriana dos compostos fenólicos dos extratos de plantas usadas como chás. **Brazilian Journal of food technology.** v. 9, n. 3, p. 209-215, jun. 2006.

BORGES, E.; MONTE, L. G. C.; ROCHA, R. S.; JÚNIOR, O. M.; MODESTO, T. F. **Vinho de jaboticaba.** UNISALESIANO- Educação e pesquisa: a produção do conhecimento e a formação de pesquisadores, Lins, 2011.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. **Use of free radical method to evaluate antioxidant activity.** Lebensmittel Wissenschaft Und-Technologie, v. 28, p. 25-30, 1995.

CARDOSO, L. M.; LEITE, J. P. V.; PELUZIO, M. C. G. **Efeitos biológicos das antocianinas no processo aterosclerótico.** Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, Programa de Pós-Graduação em Bioquímica Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm., Vol. 40 (1), 116-138, 2011.

CHORILLI, M.; LEONARDI, G. R.; SALGADO, H. R. N. **Radicais livres e antioxidantes: conceitos fundamentais para aplicação em formulações**

farmacêuticas e cosméticas. Universidade Metodista de Piracicaba. Rev. Bras. Farm., 88(3): 113 -118, 2007.

COSTA, J.M.G. **Eficiência de diferentes encapsulante em condições operacionais de secagem por atomização na produção e aplicação de micropartículas de bio aroma de queijo suíço.** Dissertação (Mestrado em ciência dos alimentos) - Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, 2013.

COUTINHO, M. R. **Obtenção de antocianinas presentes no repolho roxo (*brassica oleracea*).** Florianópolis 2002, 90 p. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. **Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems.** Biochemical Engineering Journal, v. 14, n. 3, p. 217-225, 2003.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **A definição e medição de antioxidantes em sistemas biológicos.** Radicais Livres Biologia e Medicina, Nova Iorque, 1995.

HORST, B. L. **Microencapsulação do corante natural antocianina em matriz polimérica de quitosana e quitosana/ alginato através das técnicas de impregnação, coacervação e *spray drying*.** Universidade Federal de Santa Catarina- Programa de Pós Graduação em Química, Florianópolis, 2009.

HORST, M. A.; LAJOLO, F. M. **Biodisponibilidade de compostos bioativos de alimentos.** 2014.

INSUMOS, ADITIVOS E INGREDIENTES. Os corantes alimentícios. **Editora Insumos.** Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materiais/119.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2015.

LIMA, ANNETE DE JESUS BOARI. **Caracterização e atividade antioxidante da jabuticaba [*Myrciaria cauliflora* (Mart.) O. Berg]**. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

LIMA, A. J. B.; CORRÊA, A. D.; ALVES, A. P. C.; ABREU, C. M. P.; BARROS, A. M. D. **Caracterização química do fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e de suas funções**. Departamento de Química- Universidade Federal de Lavras. Faculdade de Farmácia- Universidade Federal de Minas Gerais. 2008.

LOPES, T. J.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B. **Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade**. R. Bras. Agrociência, Pelotas, v.13, n.3, p. 291-297, jul-set, 2007.

LUTZ, A. - Normas Analíticas; métodos químicos e físicos para a análise de alimentos. 4 ed. São Paulo: Instituto **Adolfo Lutz**, 2008.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. **Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade**. B. CEPPA, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 59-82, 2006.

MARTINS, ALESSANDRA D. **Microencapsulação e estudo de liberação do corante natural carmim de cochonilha**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

MARQUES, G. S.; MONTEIRO, R. P. M.; LEÃO, W. F.; LYRA, M. A. M.; PEIXOTO, M. S.; ROLIM-NETO, P. J.; XAVIER, H. S.; SOARES, L. A. L. **Avaliação de procedimentos para quantificação espectrofotométrica de flavonoides totais em folhas de *Bauhinia forficata***. Química Nova, v. 35, n. 3, p. 517-522, 2012.

MELO *et al.* **Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 26, n. 3, p. 639-644, 2006.

MENDES, L. G. **Microencapsulação do corante natural de urucum: uma análise da eficiência da goma do cajueiro como material de parede.** Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

MENSOR, L. L.; MENEZES, F. S.; LEITÃO, G. G.; REIS, A. S.; SANTOS, T. C.; COUBE, C. S.; LEITÃO, S. G. **Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method.** *Phytother Research*, v. 15, p. 127-130, 2001.

MOREIRA, G. E.G. **Obtenção e caracterização de extrato micro encapsulado de resíduo agroindustrial de acerola.** (Dissertação (Mestrado em tecnologia de alimentos) - Departamento de Engenharia Química, Universidade estadual do Rio Grande do Norte), Natal, 2007.

MÜLLER, P. S. **Microencapsulação do óleo essencial de laranja.** Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

NUNES, G. L. **Microencapsulação por *spray drying* do extrato crioconcentrado de erva mate (*ilex paraguariensis* A. St. Hill) empregando a maltodextrina como agente encapsulante.** Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, SC, 2014.

OLIVEIRA, R. R. **Desenvolvimento de frozen yogurt funcionais linha clean label adicionados de corantes naturais de betalaína e bixina.** 2013. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

OLIVEIRA, M. N.; SIVIERI, K.; ALEGRO, J. H. A.; SAAD, S. M. I. **Aspectos tecnológicos de alimentos funcionais contendo probióticos.** Departamento de Tecnologia Bioquímico- Farmacêutica, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, vol. 38, n.1, jan./mar., 2002.

OLIVEIRA, T. P. **Mirtilo: caracterização e aplicação da polpa e da fruta em pó em frozen yogurt funcional linha *clean label***. 2014. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

PASSOS, A. P. S. **Antocianina obtida de fruto de palmeira juçara (*Euterpe edulis* Mart.): estabilização com maltodextrina e aplicação em alimentos**. Universidade Estadual de Maringá- Centro de Ciências Agrárias, Maringá, PR, 2011.

POMPEU, D. F. S.; MOMESSO, L. S. **Utilização de antocianina como pigmento natural para preparo de xampu neutralizante**. Faculdade Integrada de Ourinhos. 2010.

RESENDE, L. C. **Avaliação da atividade antioxidante e composição química de seis frutas tropicais consumidas na Bahia**. Universidade Federal da Bahia. Programa de pós-graduação em química. Salvador, 2010.

SALES, N. F. F.; CRUZ, A. P. G.; CABRAL, L. M. C.; TORRES, A. G.. **Capacidade antioxidante de extratos hidro alcóolicos do bagaço de uva tinta**. Xix Congresso Brasileiro de Engenharia química. Búzios, 2012.

SALVADOR, ISABELA. **Atividade antioxidante e teor de resveratrol em cacau, chocolates, achocolatados em pó e bebidas lácteas achocolatadas**. Universidade de São Paulo- Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2011.

SANTOS, L. M. L.; MUNIZ, J. L.; PIRES, A. P. M.; ARAÚJO, R. S. **Microencapsulação de ácido ascórbico em pó de acerola verde obtido por *spray drying***. Instituto Federal do Ceará. COBEQ- Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Florianópolis, SC, 2014.

SILVA, G. J. F.; CONSTANT, P. B. L.; FIGUEIREDO, R. W.; MOURA, S. M. **Formulação e estabilidade de corantes de antocianinas extraídas das cascas de jabuticaba (*Myrciaria ssp.*)**. Universidade Federal do Ceará- Departamento de Tecnologia de Alimentos. Alim. Nutr, Araraquara. V. 21, n. 3, p 429-436, jul./set. 2010.

SILVA, M. C. **Aproveitamento do resíduo do despulpamento da jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) para obtenção de pigmento com propriedades funcionais**. Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

SILVA, P.I. **Otimização da extração e microencapsulamento de polifenóis e antocianinas de jabuticaba (*Myrciaria jaboticaba*)**. 2011. 159 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimento, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S.; KOBLITZ, M. G. B. **Compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante em produtos vegetais**. Universidade Federal de Santana. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, jul./set. 2010.

SOARES ,D. G., ANDREAZZA, A. C., SALVADOR, M. **Avaliação de compostos com atividade antioxidante em células da levedura *Saccharomyces cerevisiae***. Rev. Bras. de Ciências Farmacêuticas, vol. 41, n. 1, jan./mar., 2005.

SOARES, M., WELTER, L., KUSKOSKI, E. M., GONZAGA, L., FETT, R. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.30 n.1 Jaboticabal Mar. 2008.

SOUZA, R. M. **Corantes naturais alimentícios e seus benefícios à saúde**. Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, Rio de Janeiro, 2012.

SOUZA, V. B. **Aproveitamento dos subprodutos de vinificação de uva Bordô (*Vitis labrusca*) para obtenção de pigmentos com propriedades**

funcionais. Dissertação (Mestrado Ciências da Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013.

TEIXEIRA, NATÁLIA DE CARVALHO. **Desenvolvimento, caracterização físico-química e avaliação sensorial de suco de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell) Berg).** Faculdade de Farmácia- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

TOSONI, S. F.; RODRIGUES, V. C. **Características físico-químicas e antioxidantes de própolis micro encapsulada com diferentes tipos de materiais de parede.** 2013. 37 f. Trabalho de Curso (Graduação) - Departamento de Engenharia e tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

VALDUGA, E. **Extração, secagem por atomização e micro encapsulamento de antocianinas do bagaço de uva “Isabel” (*Vitis labrusca*).** Ciência e Agro tecnologia, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1568-1574, 2008.

VISSOTTO, F. Z. **Estudo do processo de aglomeração com vapor e perda de qualidade por caking de achocolatados em pó.** Universidade Estadual de Campinas- Campinas, SP: [s.n.], 2014.

XAVIER, M .F. **Estudo da extração de antocianinas em colunas recheadas.** Universidade Federal de Santa Catarina- Departamento de Engenharia Bioquímica, Florianópolis, 2004.