

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

FLÁVIA JAMILLE DE FIGUEIREDO PAES BARRETTO

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ANTOCIANINAS DE RESÍDUO DE
SOLANUM MELONGENA L. ENCAPSULADA COMO CORANTE NATURAL EM
IOGURTES**

Recife

2019

FLÁVIA JAMILLE DE FIGUEIREDO PAES BARRETTO

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ANTOCIANINAS DE RESÍDUO DE
SOLANUM MELONGENA L. ENCAPSULADA COMO CORANTE NATURAL EM
IOGURTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em nutrição do Centro de Ciências da Saúde - Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Nutrição.

Área de concentração: em
Ciência dos Alimentos.

ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. Margarida Angélica da Silva Vasconcelos

COORIENTADORA: Prof^a. Dr^a Andréa Lopes Bandeira Delmiro Santana

Recife

2019

Catálogo na fonte:
Bibliotecária: Elaine Freitas, CRB4: 1790

B248a Barretto, Flávia Jamille de Figueiredo Paes
Avaliação do potencial de antocianinas de resíduo de solanum
melongena L. encapsulada como corante natural em iogurtes/ Flávia
Jamille de Figueiredo Paes Barretto. – 2019.
141 f.; il.

Orientadora: Margarida Angélica da Silva Vasconcelos.
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro
de Ciências da Saúde. Programa de pós-graduação em Nutrição.
Recife, 2019.
Inclui referências e apêndices.

1. Flavonoides. 2. Berinjela. 3. Produtos lácteos. 4. Pigmentos.
Encapsulação. I. Vasconcelos, Margarida Angélica da Silva
(orientador). II. Título.

612.3 CDD (23.ed.) UFPE (CCS 2019 - 241)

FLÁVIA JAMILLE DE FIGUEIREDO PAES BARRETTO

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ANTOCIANINAS DE RESÍDUO DE
SOLANUM MELONGENA L. ENCAPSULADA COMO CORANTE NATURAL EM
IOGURTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em nutrição do Centro de Ciências da Saúde - Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Nutrição.

Aprovada em 06/09/2019

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Thayza Christina Montenegro Stamford
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Tânia Lúcia Montenegro Stamford
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Marcos Antônio Barbosa de Lima
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr^a Andréa Lopes Bandeira Delmiro Santana
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Márcia Silva do Nascimento
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar forças para concluir essa etapa, sem ele nada disso seria possível;

A minha família e a do meu esposo por todo apoio, pelas horas dedicadas a cuidar de minha filha enquanto eu estava na Universidade;

A meu esposo pelo apoio, por ajudar na coleta e compra dos materiais, nas viagens que tivemos que fazer para concluir os experimentos e a minha filha por ser minha luz em todos os momentos;

A minha amiga Heleni, pela amizade construída nesses quatro anos e por toda ajuda na minha tese;

A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), em especial ao Departamento de Nutrição pela oportunidade da realização do curso.

As professoras do Departamento de Nutrição pela contribuição com seu conhecimento e experiência, em especial a professora Margarida Angélica pela paciência e compreensão.

Ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição, em especial a Cecília pelo excelente trabalho e disposição para ajudar sempre;

As professoras Márcia Nascimento e Andréa Santana do Departamento de Antibióticos pela disponibilidade em ajudar, pela orientação e ao seu aluno Peterson pela ajuda na identificação das antocianinas.

Ao Rafael do laboratório de Microscopia Eletrônica do LIKA por disponibilizar o liofilizador.

Aos demais colaboradores da UFPE que de alguma forma facilitaram o desenvolvimento do trabalho.

A UFRPE em especial o departamento de Economia Doméstica e de Tecnologia Animal, por permitir a utilização dos laboratórios.

A Embrapa- CE na pessoa de Socorro Bastos por permitir a utilização dos laboratórios.

A minha amiga Renata pelo companheirismo desde o mestrado e pela ajuda na estatística.

Aos meus colegas Elson, Dani, Luiz e Jackson que me auxiliaram na coleta do material.

A minha amiga Gleice e meu amigo Therlan que me acolheram em sua casa, meu enorme carinho e gratidão.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para realização desse trabalho.

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o potencial das antocianinas de resíduo de *Solanum melongena* L. encapsuladas e não encapsuladas como corante natural em iogurtes. A extração de antocianinas foi realizada utilizando álcool de cereais 70% acidificado com ácido cítrico até pH 2.0. O extrato foi submetido a secagem por atomização segundo delineamento experimental (2²) utilizando como agente carreador a goma arábica. A caracterização físico-química das antocianinas encapsuladas foi feita através da umidade, atividade de água, higroscopicidade, solubilidade, densidade aparente, rendimento e retenção de antocianinas. No extrato não encapsulado e no encapsulado, assim como nos iogurtes foram realizadas as análises de cor, antocianinas totais, fenólicos totais e determinação da atividade antioxidante (DPPH•). Para os iogurtes foram determinados o pH e acidez e calculadas a constante de degradação, o tempo de meia vida e a porcentagem de retenção de cor. Os valores obtidos para umidade, atividade de água, solubilidade, higroscopicidade e densidade aparente, rendimento e retenção de antocianinas foram respectivamente: 4,80; 0,1029; 95,06%; 15,01% e 0,4765 g/mL, 48,30% e 63,40%. Referente as antocianinas totais o valor encontrado no extrato não encapsulado foi de 67,21 mg 100 g⁻¹ de resíduo e nos extratos encapsulados, a concentração variou entre 5,81 e 42,61 mg / 100 g⁻¹ de matéria seca. Os fenólicos totais e a atividade antioxidante em extratos apresentaram resultados semelhantes antes e após a encapsulação. Foi adicionado aos iogurtes corante natural encapsulado e não encapsulado, nas concentrações de 1,0; 1,5 e 2g de antocianinas/100mL de iogurte. Foi verificado que os resultados médios para pH após a adição do extrato não encapsulado ao iogurte foram menores que nos iogurtes adicionados de extrato encapsulado. Quanto ao parâmetro de acidez para o tempo zero, no iogurte natural foi de 1,04% enquanto que as amostras 1%, 1,5% e 2% foram 1,4; 1,7 e 2,05% e 1,18; 1,29 e 1,47% para o iogurte adicionado do extrato não encapsulado e o iogurte adicionado do extrato encapsulado, respectivamente. A respeito de medições feitas no iogurte adicionado do extrato não encapsulado e adicionado de antocianinas encapsuladas, verificou-se maior redução no teor de antocianinas no iogurte adicionado do extrato não encapsulado durante o armazenamento enquanto que no iogurte adicionado das antocianinas encapsuladas o teor de antocianinas se

manteve constante. Considerando os dias 0 e 30 da avaliação da cor nas três formulações houve aumento da luminosidade (L^*). A atividade antioxidante diminuiu durante os 30 dias de armazenamento. A quantidade de compostos fenólicos variaram entre 155,01 e 239,91 mg EAG $100g^{-1}$ de iogurte, nos iogurtes adicionado do extrato não encapsulado e 214,08 e 292,00 mg EAG $100g^{-1}$ de iogurte, nos iogurtes adicionado do extrato encapsulado. A maior retenção de cor assim como o maior tempo de meia vida foi obtido para o iogurte adicionado de 1% de antocianina encapsulada. As respostas obtidas na estabilidade do iogurte foram superiores no iogurte incorporado de antocianina encapsuladas. Todas as formulações do extrato não encapsulado, apresentaram índice de degradação das antocianinas significativo durante o período de armazenamento e perda da ação antioxidante.

Palavras-chave: Flavonoides. Berinjela. Produtos lácteos. Pigmentos. Encapsulação.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the potential of encapsulated and unencapsulated *Solanum melongena* L. residue anthocyanins as a natural colorant in yoghurt. Anthocyanin extraction was performed using 70% citric acid acidified cereal alcohol to pH 2.0. The extract was subjected to spray drying according to experimental design (2²) using arabic gum as the carrier agent. The physicochemical characterization of the encapsulated anthocyanins was made by moisture, water activity, hygroscopicity, solubility, bulk density, yield and retention. anthocyanins. In the non-encapsulated and encapsulated extracts, as well as yoghurt, color analysis, total anthocyanins, total phenolics and antioxidant activity determination (DPPH •) were performed. For yoghurts the pH and acidity were determined and the degradation constant, the half-life time and the percentage of color retention were calculated. The values obtained for humidity, water activity, solubility, hygroscopicity and apparent density, yield and retention of anthocyanins were respectively: 4.80; 0.1029; 95.06%; 15.01% and 0.4765 g / mL, 48.30% and 63.40%. Regarding total anthocyanins the value found in the unencapsulated extract was 67.21 mg 100 g⁻¹ residue and in the encapsulated extracts the concentration ranged from 5.81 to 42.61 mg / 100 g⁻¹ dry matter. Total phenolics and antioxidant activity in extracts showed similar results before and after encapsulation. Encapsulated and unencapsulated natural colorant at the concentrations of 1,0; 1.5 and 2g of anthocyanins / 100mL of yogurt. It was found that the average results for pH after the addition of non-encapsulated extract to yogurt were lower than in the added yoghurt of encapsulated extract. As for the acidity parameter for time zero, in natural yogurt was 1.04% while samples 1%, 1.5% and 2% were 1.4; 1.7 and 2.05% and 1.18; 1.29 and 1.47% for yoghurt added from unencapsulated extract and yogurt added from encapsulated extract, respectively. Regarding measurements made on yoghurt added from unencapsulated extract and added encapsulated anthocyanins, there was a greater reduction in the anthocyanin content in yogurt added from the unencapsulated extract during storage whereas in the yoghurt added from encapsulated anthocyanins the anthocyanin content was reduced. kept it constant. Considering the days 0 and 30 of the color evaluation in the three formulations, there was increase of luminosity (L *). Antioxidant activity decreased during 30 days of storage. The amount of phenolic compounds ranged from 155.01 to 239.91 mg EAG 100g⁻¹ of

yogurt in yoghurt added from unencapsulated extract and 214.08 and 292.00 mg EAG 100g⁻¹ of yogurt in yogurt added from extract encapsulated. The highest color retention as well as the longest half-life was obtained for 1% encapsulated anthocyanin-added yogurt. The responses obtained in yogurt stability were higher in the encapsulated anthocyanin incorporated yogurt. All formulations of the unencapsulated extract showed significant anthocyanin degradation index during the storage period and loss of antioxidant action.

Key-words: Flavonoids. Eggplant. Dairy products. Pigments. Encapsulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Revisão de Literatura

Figura 1 - Esqueleto básico dos azo-Corantes.....	22
Figura 2 - Principais antocianinas em alimentos.....	25
Figura 3 - Estrutura química do corante orgânico sintético vermelho 40.....	28
Figura 4 - Cultura da berinjela (<i>Solanum melongena</i> L.).....	29
Figura 5 - Diferentes formas, cores e tamanhos de berinjela- coleção de germoplasma do Centro Vegetal Mundial.....	29
Figura 6 - Estrutura de flavonoides identificadas em casca de <i>Solanum melongena</i> L.....	32
Figura 7 - Esquema de secagem por spray dryer.....	34
Figura 8 - Morfologia de diferentes tipos de microcápsulas.....	36

Metodologia

Figura 9 - Spray dryer utilizado nos ensaios de secagem.....	41
Figura 10 - Formulação de extrato para secagem em spray dryer.....	42
Figura 11 - Corante em Pó do resíduo de <i>Solanum melongena</i> L obtido na secagem por spray dryer.....	43

Artigo 1

Figura 1- Diagrama de Pareto da secagem do extrato do resíduo de <i>Solanum melongena</i> L. em atomizador.....	55
Figura 2 - Distribuição média de DPPH (%) no extrato não encapsulado e encapsulado no decorrer de 60 minutos.....	62

Artigo 2

Figura 1 - Distribuição média de pH no extrato não encapsulado avaliados nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.	67
Figura 2 - Distribuição média de pH no extrato encapsulado avaliados nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.....	67
Figura 3 - Distribuição média de C* da cor no extrato não encapsulado avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.....	78
Figura 4 - Distribuição média de C* da cor no extrato encapsulado avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.....	78
Figura 5 - Distribuição média de h* da cor no extrato não encapsulado avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.....	79
Figura 6 - Distribuição média de h* da cor no extrato encapsulado avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.....	79

LISTA DE TABELAS

Revisão de Literatura

Tabela 1 - Antocianinas frequentes em alimentos e suas fontes.....27

Tabela 2 - Classificação de higroscopicidade para produtos lácteos em pó.....45

Artigo 1

Tabela 1 - Comparação do teor de antocianinas extraída por diferentes tipos de solventes.....53

Tabela 2 - Valores das respostas obtidos do delineamento experimental do extrato do resíduo de *Solanum melongena* L. em atomizador.....54

Tabela 3 - Caracterização do pó obtido na secagem do extrato do resíduo de *Solanum melongena* L. em atomizador.....56

Tabela 4 - Caracterização do extrato não encapsulado e do extrato antociânico encapsulado de resíduo de *solanum melongena* L.....60

Tabela 5 - Análise de variância para fenólicos totais no extrato não encapsulado e encapsulado.....61

Tabela 6 - Análise de variância de DPPH (%) no extrato puro e encapsulado, para os diferentes ensaios avaliados ao longo do tempo.....63

Tabela 7 - Avaliação da cor das antocianinas de resíduos de *Solanum melongena* L na forma de extrato não encapsuladas e encapsuladas.....64

Tabela 8 - Análise de variância o parâmetro a* no extrato não encapsulado e encapsulado.....64

Tabela 9 - Análise de variância para o parâmetro L* no extrato não encapsulado e encapsulado.....65

Artigo 2

Tabela 1 - Composição centesimal e valor calórico total (VCT) do iogurte natural elaborado para incorporação das antocianinas de *Solanum melongena* L.....66

Tabela 2 - Acidez do iogurte adicionado de antocianinas de resíduos <i>de Solanum melongena</i> L. na forma de extrato não encapsulado e encapsulados.....	69
Tabela 3 - Análise de variância de acidez no iogurte no tipo extrato não encapsulado e encapsulado, para os diferentes ensaios avaliados ao longo do tempo	70
Tabela 4 - Distribuição média de acidez medidas individualmente e considerando o extrato não encapsulado e encapsulado.....	70
Tabela 5 – Antocianinas de resíduos <i>de Solanum melongena</i> L. adicionadas em iogurte na forma de extrato não encapsulado e encapsulados.....	71
Tabela 6 - Análise de variância Antocianinas de resíduos <i>de Solanum melongena</i> L. adicionadas em iogurte na forma de extrato não encapsulado e encapsulados.....	73
Tabela 7 - Distribuição média de antocianinas medidas individualmente e considerando o extrato não encapsulado e encapsulado.....	74
Tabela 8 - Distribuição média de cor do parâmetro L* medidos individualmente e considerando o extrato não encapsulado e encapsulado.....	75
Tabela 9 - Distribuição média de cor do parâmetro a* medidos individualmente e considerando o extrato não encapsulado e encapsulado	76
Tabela 10 - Distribuição média de cor do parâmetro b* medidos individualmente e considerando o extrato não encapsulado e encapsulado.....	77
Tabela 11 - Capacidade de sequestro (%) do radical DPPH* em iogurte adicionado de extrato de antocianinas de resíduos <i>de Solanum melongena</i> L. na forma de extrato não encapsulado e encapsuladas.....	80
Tabela 12 - Análise de variância de DPPH (%) no iogurte no tipo extrato não encapsulado e encapsulado, para os diferentes ensaios avaliados ao longo do tempo.....	81
Tabela 13 - Distribuição média de DPPH (%) medidas individualmente e considerando o extrato não encapsulado e encapsulado.....	82
Tabela 14 - Teores de fenólicos totais em extratos obtidos do iogurte adicionado de resíduos <i>de Solanum melongena</i> L.....	83

Tabela 15 - Distribuição média de fenólicos medidos individualmente e considerando o extrato não encapsulado e encapsulado.....	84
Tabela 16 - Valores das constantes de degradação, do tempo de meia vida e retenção de cor em extratos obtidos do iogurte adicionado de resíduos de <i>Solanum melongena</i> L.....	85

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	QUIMICA VERDE	20
2.2	CORANTES EM ALIMENTOS.....	21
2.3	CORANTE NATURAL.....	23
2.4	ANTOCIANINAS.....	24
2.5	<i>SOLANUM MELOGENA L</i>	28
2.5.1	ANTOCIANINAS DE <i>SOLAMUN MELOGENA L</i>	31
2.6	SPRAY DRIED.....	33
2.7	ENCAPSULAÇÃO.....	35
3	HIPÓTESES	38
4	OBJETIVOS	39
4.1	GERAL.....	39
4.2	ESPECÍFICOS.....	39
5	MATERIAIS E MÉTODOS	40
5.1	MATERIAL.....	40
5.1.1	Fruto.....	40
5.1.2	Leite	40
5.1.3	Bactérias láticas	40
5.1.4	Goma Arábica.....	40
5.2	MÉTODOS.....	40
5.2.1	Obtenção do extrato antociânico de resíduo de <i>solanum melongena L</i>	41
5.3	ENCAPSULAÇÃO.....	41
5.3.1	Secagem por atomização.....	41
5.3.2	Delineamento experimental.....	42
5.3.4	Antocianinas totais.....	43
5.4	CARACTERIZAÇÃO DO PÓ OBTIDO NO PONTO ÓTIMO DE SECAGEM...	43
5.4.1	Umidade.....	44
5.4.2	Atividade de água.....	44
5.4.3	Rendimento.....	44
5.4.4	Solubilidade.....	44
5.4.5	Higroscopicidade.....	44

5.4.6 Densidade Aparente.....	45
5.4.7 Retenção de Antocianinas.....	45
5.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO EXTRATO E DO PÓ.....	46
5.5.1 Analise colorimétrica.....	46
5.5.2 Antocianinas totais.....	46
5.5.3 Determinação de atividade antioxidante.....	46
5.5.4 Determinação de fenólicos totais.....	47
5.6 APLICAÇÃO DO CORANTE NO IOGURTE.....	47
5.6.1 Preparação do iogurte.....	47
5.6.2 Caracterização físico-química do iogurte.....	48
5.7 Valor Energético Total.....	48
5.8 ESTABILIDADE DO IOGURTE.....	49
5.8.1 Armazenamento.....	49
5.8.2 Analise colorimétrica.....	49
5.8.3 Acidez Titulável.....	49
5.8.4 pH.....	49
5.8.5 Extração de antocianinas do iogurte.....	50
5.8.6 Antocianinas totais.....	50
5.8.7 Determinação de atividade antioxidante- Método DPPH.....	50
5.8.9 Determinação de fenólicos totais.....	51
5.9 CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DAS ANTOCIANINAS.....	51
5.9.1 Tratamento estatístico.....	51
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
6.1 ARTIGO1- EXTRAÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E ENCAPSULAÇÃO DE ANTOCIANINAS OBTIDAS DO RESÍDUO DE <i>SOLANUM MELONGENA</i> L.;.....	52
6.2 ARTIGO 2- AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DAS ANTOCIANINAS EM IOGURTE ELABORADO A PARTIR DE CORANTE NATURAL OBTIDO DO RESÍDUO DE <i>SOLANUM MELONGENA</i> L.....	65
7 CONCLUSÕES.....	86
REFERÊNCIAS.....	87
APÊNDICE A- ARTIGO ENVIADO PARA REVISTA CIÊNCIA E AGROTECNOLOGIA.....	99

APÊNDICE B- ENVIADO PARA REVISTA BRASILEIRA DE FRUTICULTURA.....	120
---	------------

1 INTRODUÇÃO

A substituição de corantes artificiais por corantes naturais é uma das preocupações da indústria de alimentos, uma vez que os pigmentos naturais ganharam a atenção de pesquisadores e consumidores devido à sua segurança e suas propriedades nutricionais e atividade biológica. A maioria destes pigmentos naturais são ingredientes promotores da saúde porque têm mostrado efeitos preventivos contra várias doenças, como câncer, aterosclerose, artrite, cataratas, doenças neuro-degenerativas e cardiovasculares, entre outras, justificando a prospecção de novas fontes naturais desses compostos (PIRES et al., 2018; OTÁROLA et al 2019).

Os consumidores estão cada vez mais preocupados com a saúde e em consumir alimentos cuja produção seja baseada em um sistema alimentar sustentável, dessa forma, estão começando a adquirir produtos que são utilizados corantes naturais derivados de fontes biológicas. A fabricação de produtos produzidos com corantes naturais ajuda a minimizar as questões de impacto ambiental e segurança da saúde (MARTINS et al., 2016). Com a crescente conscientização do impacto ambiental e dos efeitos negativos para a saúde de corantes sintéticos, o uso de pigmentos naturais aumentou rapidamente nos últimos anos (RODRIGUEZ-AMAYA, 2016).

Por algumas décadas, as antocianinas têm sido usada como um corante natural para alimentos e bebidas. No entanto, é uma classe de compostos instáveis, que é uma barreira para a utilização como corante natural. A estrutura química das antocianinas é o fator que influencia a estabilidade dos alimentos. Alguns fatores de processamento e armazenamento que influenciam estabilidade de antocianinas incluem pH, temperatura, luz, oxigênio, enzimas, açúcar, ácido ascórbico e copigmentos. A perda de antocianinas durante o processamento e armazenamento agem como principal impedimento para a indústria de alimentos. Todos esses fatores causam uma limitação para o uso de antocianinas como corantes alimentares (MUHAMAD et al., 2018). No entanto, a estabilidade destes compostos bioativos poderia ser marcadamente melhorada com o encapsulamento, possibilitando que suas propriedades permaneçam sem alteração por períodos de tempo mais longos (OTÁLORA et al, 2019).

O papel das antocianinas como corantes alimentares está se tornando cada vez mais importante porque não só contribuem para os atributos mais importantes dos alimentos, quanto para o valor estético e para o julgamento de qualidade. Mas também tendem a produzir potenciais efeitos positivos para a saúde, uma vez que elas têm sido observadas por possuir potentes propriedades antioxidantes (MUHAMAD et al., 2018).

As antocianinas da casca de *Solanum melongena* L. podem potencialmente ser usadas como um aditivo, não apenas em termos de cor, mas também por causa das propriedades antioxidantes e sua estabilidade sob condições ácidas. Assim, o uso das antocianinas como aditivo para iogurte, que é ácido e armazenado sob refrigeração, pode ser viável além agregar mais valor ao iogurte bem como para o fruto de berijela.

Neste contexto, o desenvolvimento de derivados lácteos adicionados de antocianinas é uma alternativa viável para indústria alimentícia, sendo necessárias pesquisas que venham contribuir para seu desenvolvimento, a fim de difundir seu potencial no mercado. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar a estabilidade das antocianinas de resíduo de *Solanum melongena* L. encapsuladas pelo processo de secagem em spray dryer e não encapsuladas como corante natural em iogurtes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 QUÍMICA VERDE

Uma definição geral de química verde é a invenção, projeto e aplicação de produtos e processos químicos com intuito de reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas. Em relação à extração verde de produtos naturais, esta definição pode ser modificada da seguinte forma: “A Extração Verde baseia-se na descoberta e projeto de processos de extração que reduzirão o consumo de energia, permite o uso de solventes alternativos e produtos naturais renováveis, e asseguram um extrato / produto de alta qualidade” (CHEMAT et al., 2012).

Desta forma, pensando no desenvolvimento sustentável a química analítica verde tem como principais características a eliminação ou redução de reagentes (particularmente solventes orgânicos), redução de emissão de resíduos, eliminação de reagentes altamente tóxicos e redução do consumo de energia (TOBISZEWSKI, MECHLINSKA e NAMIESNIK, 2010).

O uso de corantes sintéticos nos alimentos são uma das principais fontes de intoxicação alimentar e levam a graves problemas de saúde, como baixa concentração de hemoglobina, reações alérgicas, mutações, cânceres, irritabilidade, inquietação, distúrbios do sono, efeitos no fígado, rim e intestino, efeitos hiperativos em crianças, infecções de ouvido, asma e eczemas. Diante a esses riscos, uma alternativa seria a substituição por corantes naturais, estes são mais seguros porque são atóxicos, não carcinogênicos e biodegradáveis. Como a tendência em todo mundo está se direcionando no sentido da utilização ecologicamente amigáveis e biodegradáveis, a demanda por corantes naturais está aumentando (DILRUKSHI et al., 2019).

A crescente preocupação com os problemas ambientais tem levado a um aumento do interesse sobre a destinação dos resíduos agroindustriais. Com o constante crescimento populacional, as agroindústrias têm investido cada vez mais no aumento da capacidade de processamento para produzir a quantidade demandada de alimentos aos cidadãos. No entanto, ao mesmo passo que a produção aumenta, a geração de subprodutos, ou ainda resíduos, também cresce de forma linear. Vale salientar que esses resíduos apresentam-se ricos em

compostos bioativos contribuindo para o aporte antioxidante na alimentação (FILHO; FRANCO, 2015).

Os processos de extração de compostos bioativos dependem de vários fatores, como a técnica que é utilizada, a matéria-prima e tipo de solvente (TIWARI, 2015). Os efeitos de solventes prejudiciais sobre o meio ambiente e a saúde humana não podem ser ignorados no processo de extração de compostos bioativos como as antocianinas.

A maioria dos solventes orgânicos é inflamável, volátil e muitas vezes tóxica e responsável pela poluição ambiental e pelo efeito estufa. Aspectos de segurança, ambientais e econômicos estão forçando a indústria a se voltar para solventes mais verdes (CHEMAT et al., 2012). O etanol é o bio-solvente mais comum, embora seja inflamável e potencialmente explosivo, é usado em larga escala porque é facilmente disponível em alta pureza, tem um preço baixo e é completamente biodegradável (CHEMAT et al., 2012).

Como um solvente ambientalmente amigável, o álcool de cereais, utilizado nessa pesquisa, pode ser promissor para substituição de metanol e acetona muito utilizados nas extrações de antocianinas. O álcool de cereais é utilizado em fabricação de bebidas alcoólicas como licores, whisky, podendo dessa forma ser consumido. Assim, tendo em vista a utilização de antocianinas do resíduo *Solanum melongena* L. na indústria de alimentos seria indicado o uso de solventes não tóxicos como o álcool de cereais.

2.2 CORANTE EM ALIMENTOS

A aceitação do produto alimentício pelo consumidor está diretamente relacionada à sua cor. Esta característica sensorial, embora subjetiva, é fundamental na indução da sensação global resultante de outras características, como o aroma, o sabor e a textura dos alimentos. Por essa razão, o setor alimentício preocupa-se tanto com a aplicação de cores e obtenção de alimentos que agradem aos olhos do consumidor, pois além de necessária para sobrevivência, a alimentação também é fonte de prazer e satisfação (CONSTANT, STRINGHETA, SANDI, 2002).

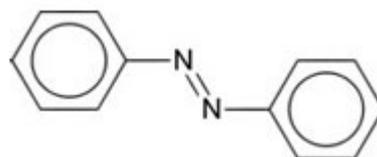
Os corantes podem ser adicionados aos alimentos como conservantes ou simplesmente para atrair consumidores. Processos de fabricação de alimentos podem causar degradação ou perda dos pigmentos naturais nos alimentos crus e a

produção de muitos alimentos processados requer a adição de cor. As matérias-primas muitas vezes variam em intensidade de cor, no entanto os corantes podem ser adicionados para garantir que o alimento processado seja de cor uniforme (DUMANCAS et al., 2018; ABBEY ET AL, 2014; AMCHOVA, 2015).

Duas classes de corantes estão disponíveis para uso em alimentos, ou seja, os sintéticos e os naturais. Os corantes sintéticos são atrativos para a indústria alimentícia pois, são superiores aos corantes naturais no poder tintorial, estabilidade, bem como maior facilidade de aplicação. Eles também fornecem um amplo espectro de cores e são mais baixos em preços com maior disponibilidade do que os pigmentos naturais. Porém o número de aditivos sintéticos permitidos nos países desenvolvidos está diminuindo, a cada ano, em favor dos pigmentos naturais (VANKAR, 2016; BENTO, LIMA, e PAIM, 2015; GHOREISHI, BEHPOUR e GOLESTANEH, 2012). No Brasil, o uso e limite máximo de corantes em alimentos é controlado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), com base em uma resolução legislativa (ANVISA, 1999).

Os corantes sintéticos são obtidos a partir de derivados do petróleo, e consistem nos seguintes grupos: azo-corantes (Figura 1), xantanos, chinilina e antracinos. Recentemente, tem sido dada crescente atenção à toxicidade de aditivos utilizados nos alimentos, nomeadamente aos azo-corantes. Este grupo de corantes normalmente consiste em cores brilhantes. No entanto, a principal preocupação muitas vezes limitando o seu uso é a potencial carcinogenicidade que ocorre após sua azorredução a metabólitos carcinogênicos por bactérias intestinais e nas células do fígado (AMCHOVA, 2015).

Figura 1 - Esqueleto básico dos azo-corantes.



Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/4-\(Fenilazo\)fenol](https://pt.wikipedia.org/wiki/4-(Fenilazo)fenol)

Além de estarem associados à toxicidade, os corantes alimentares sintéticos foram previamente conectados a alergias, distúrbios comportamentais,

especialmente hiperatividade e déficit de atenção em crianças (DUMANCAS et al., 2018; ABBEY et al, 2014).

A substituição por corantes naturais tem sido intensificada, uma vez que estes podem ser os isolados de plantas, fungos ou insetos adequados, e são utilizados há anos sem evidências de danos à saúde (VANKAR, 2016).

Os corantes naturais podem ser divididos em três grupos principais. Os compostos heterocíclicos com estrutura tetrapirrólica, que compreendem as clorofilas presentes em vegetais, o heme e as bilinas encontradas em animais. Os compostos de estrutura isoprenoide, representados pelos carotenoides, são encontrados em animais e principalmente em vegetais, e os compostos heterocíclicos contendo oxigênio como os flavonoides, são encontrados exclusivamente em vegetais. Além desses existem outros dois grupos de corantes presentes unicamente em vegetais: as betalaínas que são compostos nitrogenados e os taninos, que agrupam diversos compostos de estruturas altamente variáveis (BOBBIO, 1992). Comercialmente os tipos de corantes naturais mais largamente empregados pelas indústrias alimentícias têm sido os extratos de urucum, carmim de cochonilha, curcumina, antocianinas e as betalaínas. (CONSTANT, STRINGHETA e SANDI, 2002).

2.3 CORANTE NATURAL

Alimentos, especialmente frutas e vegetais, são naturalmente coloridos principalmente por quatro grupos de pigmentos: as clorofilas verdes, os carotenoides amarelo-laranja-vermelho, as antocianinas vermelho-púrpura e a betacianina vermelha. Estes pigmentos também são incorporados em produtos alimentícios por adição direta ou indiretamente através da alimentação dos animais (RODRIGUEZ-AMAYA , 2016). Hoje em dia, os consumidores preferem principalmente alimentos que contenham corantes naturais quando comparado com os corantes sintéticos devido aos seus efeitos colaterais prejudiciais após o consumo, e, por isso, os fabricantes de alimentos estão agora se concentrando no uso de corantes naturais em alimentos (MATHIYALAGAN et al., 2019). Porém essa substituição é desafiadora porque os corantes naturais são geralmente menos estáveis, mais caros, não são tão facilmente utilizados como as cores artificiais, exigem mais material para

alcançar uma intensidade de cor equivalente e tem alcance limitado tonalidade (RODRIGUEZ-AMAYA, 2016).

O conhecimento da estrutura e das propriedades dos pigmentos naturais é essencial para o dimensionamento adequado de um processo, de forma a preservar a cor natural do alimento e evitar mudanças indesejáveis de cor, e é muito importante, também, para o desenvolvimento e aplicações de corantes. A utilização de corantes naturais depende principalmente da sua extração econômica a partir de fontes naturais. Durante a extração, os corantes são passíveis de sofrerem oxidação, isomerização, fotooxidação ou formação de complexos metálicos. Os métodos para estabilização dos pigmentos incluem o uso alternativo de aditivos como o ácido ascórbico, íons metálicos e vários ácidos orgânicos, ou então o encapsulamento dos pigmentos ou adsorção em gelatinas, alginatos ou silicatos (MORITZ, 2005).

As medições qualitativas e quantitativas dos corantes alimentares são muito importantes na ciência dos alimentos. É importante avaliar e estudar esses corantes alimentares porque pigmentos geralmente se originam de materiais biológicos que possuem funções específicas na fonte original. Essas propriedades podem incluir efeitos antioxidantes, sequestradores de radicais, ou são raros transmissores de sinais. Por exemplo, antocianinas são fortes pigmentos responsáveis pelos tons compreendidos desde a coloração vermelha até a coloração azul, mas também são antioxidantes (DUMANCAS et al., 2018).

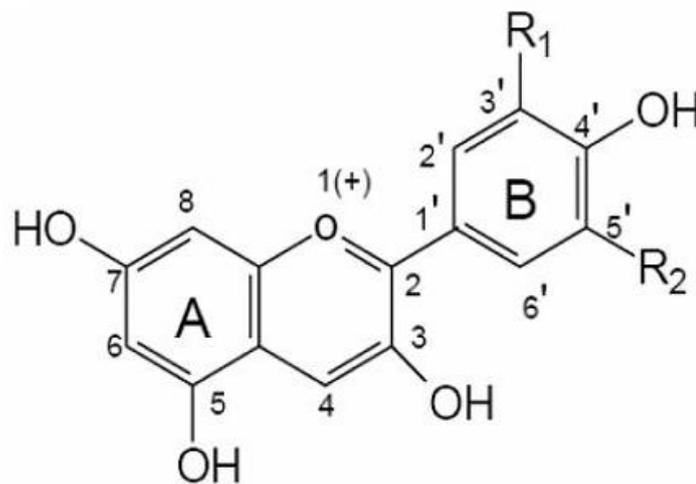
Motivado por potenciais efeitos na saúde, os relatos na literatura sobre pigmentos naturais, com destaque para as antocianinas, são volumosos. Sua ocorrência e níveis nos alimentos, junto com os fatores que influenciam a composição, têm sido amplamente investigados, bem como os efeitos de processamento e a busca para melhorar estabilidade (PIRES et al., 2018; VINHA et al., 2018).

2.4 ANTOCIANINAS

As antocianinas são pigmentos solúveis em água, isolados de plantas, sendo responsáveis pelo azul, roxo e vermelho de muitos tecidos vegetais. Estes compostos fenólicos são amplamente encontrados em frutas (especialmente bagas),

bem como em flores e folhas, principalmente ligadas a unidades de açúcar. Suas agliconas (antocianidinas) são baseadas no cátion flavílio, que pode apresentar diferentes padrões de substituição, originando a diversidade de antocianinas encontradas na natureza. Entre as 19 antocianidinas, a cianidina, delphinidina, petunidina, peonidina, pelargonidina e malvidina, são as principais formas encontradas na maioria das plantas comestíveis (Figura 2) (HIDALGO E ALMAJANO, 2017; MUHAMAD et al., 2018).

Figura 2 - Principais antocianinas em alimentos



Aglicona	Substitución		λ_{max} (nm) espectro visible
	R1	R2	
Pelargonidina	H	H	494 (naranja)
Cianidina	OH	H	506 (naranja-rojo)
Delfinidina	OH	OH	508 (azul-rojo)
Peonidina	OCH3	H	506 (naranja-rojo)
Petunidina	OCH3	OH	508 (azul-rojo)
Malvidina	OCH3	OCH3	510 (azul-rojo)

Fonte- GARZÓN, 2008.

As funções desempenhadas pelas antocianinas nas plantas são variadas: antioxidantes, proteção à ação da luz, mecanismo de defesa e função biológica. As cores vivas e intensas que elas produzem têm um papel importante em vários mecanismos reprodutores das plantas, tais como a polinização e a dispersão de sementes (MUHAMAD et al., 2018).

A intensidade e estabilidade das antocianinas quando usadas como aditivos alimentares são influenciadas pelo pH, estrutura, concentração, copigmentação e complexação de metais, bem como temperatura, luz, oxigênio, acetaldeído, ácido ascórbico, açúcares e seus produtos de degradação, enxofre dióxido de carbono, aminoácidos e catequinas. Ainda assim, quando as condições de pH baixo são mantidas, as antocianinas são relativamente estáveis (PIRES et al., 2018). A velocidade de degradação varia entre as antocianinas em razão de sua diversidade de estrutura. Geralmente, o aumento da hidroxilação diminui a estabilidade, enquanto o aumento de metilação aumenta a estabilidade (DAMODARAN; PARKIN; FENEMMA, 2010).

As antocianinas são um dos mais conhecidos pigmentos naturais, capazes de agregar valor à qualidade alimentar de vegetais e alimentos industrializados que podem conter esses pigmentos naturalmente ou adicionados na forma de corantes naturais (TEIXEIRA; STRINGHETA; OLIVEIRA, 2008).

A cor desempenha um papel importante no desenvolvimento das preferências alimentares e percepção sensorial. No entanto, a cor não é importante apenas no que diz respeito à aparência do produto. De fato, alguns agentes corantes podem ter funções importantes além de seu efeito primário. As antocianinas, por exemplo, podem ter efeitos benéficos à saúde devido às suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, anticancerígenas e antidiabéticas, sendo, portanto, de grande interesse para a indústria de alimentos (RODRIGUEZ-AMAYA, 2016). Por isso, são largamente utilizadas para a produção de compostos nutracêuticos e novos alimentos funcionais (Tabela 1).

Verifica-se aumento significativo da adição de algumas frutas, que apresentam compostos com propriedades funcionais comprovadas, como ingredientes em bebidas lácteas, além, da tendência de aumento do consumo desse tipo de alimento (GALLINA, 2010; SAAD et al., 2011; COSTA et al, 2012). As propriedades funcionais de frutas estão relacionadas com a presença de compostos bioativos, como pigmentos naturais e compostos fenólicos (antocianinas, flavonoides, ácidos fenólicos), ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados (ácido α -linolênico, ácido linoleico conjugado e ácido oleico), além de fibras dietéticas (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2004 NASCIMENTO, COURI e FREITAS, 2008; ESPÍRITO SANTO et al., 2010).

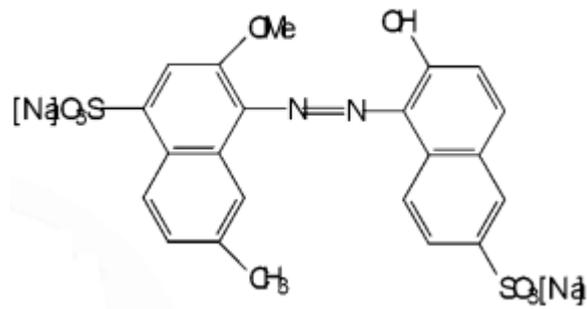
Tabela 1 - Antocianinas frequente em alimentos e suas fontes.

Antocianinas	Fonte
Cianidina-3-glicosídeo	Uva, vinho, cereja, jambolão, morango, amora, maçã, azeitona
Cianidina-3,5-diglicosídeo	Uva, vinho, cereja, figo, marmelo
Peonidina-3-glicosídeo	Uva, vinho, cereja, jaboticaba
Malvidina-3-glicosídeo	Uva, vinho
Malvidina-3,5-diglicosídeo	Uva, vinho, feijão, inhame
Cianidina-3-galactosídeo	Maçã, cacau
Cianidina-3 β -cumarilsoforosídeo-5-glicosídeo	Repolho roxo
Pelargonidina-3-soforosídeo-5-glicosídeo	Rabanete
Pelargonidina-3-glicosídeo	Morango, tamarindo
Delfinidina-3,5-diglicosídeo	Berinjela, feijão, uva, romã
Delfinidina-3-cafeoilglicosídeo-5-glicosídeo	Berinjela
Petunidina-3-glicosídeo	Uva, vinho, feijão, mirtilo, laranja

Fonte: Malacrida e Motta (2006).

Pesquisas têm sido realizadas utilizando antocianinas extraídas de diferentes fontes vegetais e aplicadas em vários tipos de alimentos, dentre eles o iogurte. Alves et al. (2013) ao estudarem a aplicação do extrato de antocianinas de casca de jabotica em iogurtes verificaram uma alta retenção de cor de 74,81 a 80,95%, assim como alta taxa de meia vida de 108 a 153 dias, além de uma boa aceitação nos testes de análise sensorial, com destaque para os iogurtes enriquecidos com 0,5 e 1,0% do extrato de antocianinas. Outros autores também apresentaram resultados positivos ao estudarem a utilização de antocianinas neste produto. Wallace e Giust (2008) encontraram resultados similares ao comparar a estabilidade da cor de iogurtes adicionadas de antocianinas de frutos de *Berberis boliviana* L. e iogurtes contendo corante sintético vermelho nr40 (Figura 3). No trabalho desenvolvido por Daniel et al. (2013) com resíduo de roselle adicionadas ao iogurte e armazenados sob refrigeração por um período de 36 dias, obtiveram preservados 78,8% de antocianinas e 84,5% de compostos fenólicos totais.

Figura 3 - Estrutura química do corante orgânico sintético vermelho 40.



Fonte: http://www.unirio.br/ccbs/nutricao/ppgan_pt/alimentacao-e-saude/palestras/2014/corantes-alimenticios

2.5 *Solanum melongena* L.

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é originária do leste e o do sudeste da Ásia e se difundiu pelo mundo a partir da Índia. Pertence à família das solanáceas, cultivada principalmente em regiões tropicais e subtropicais do mundo (temperatura média diurna de 25-35 ° C e noturna de 20-27 ° C), essa hortaliça não tolera geadas. Nessas condições, pode ser cultivada durante todo o ano (TAHER et al., 2017; EMBRAPA, 2007). Cultivada por pequenos produtores em praticamente todo o território brasileiro, a produção de berinjela sofre grandes perdas no período da safra devido ao excesso de oferta (FINCO et al., 2009). Os cinco principais países produtores são China, Índia, Egito, Turquia e Irã (TAHER et al., 2017).

No último censo agropecuário foi divulgado que 7.933 estabelecimentos cultivavam berinjela no Brasil, onde a produção foi de 78.217 toneladas, de forma que a distribuição de produção entre as regiões, destacam-se como maiores produtores o Sudeste e Sul, com 79,22 e 11,86% da produção, respectivamente. O Nordeste aparece como a terceira maior região produtora de berinjela, sendo esta produção de 3.292 toneladas, correspondendo a 4,22% da produção total (IBGE, 2012). O consumo de berinjela no Brasil de forma geral é baixo e quando preparado o alimento cozido há perda das antocianinas presentes na casca do fruto através da lixiviação já que a mesma é solúvel em água e pela temperatura empregada na preparação, assim esta pesquisa visa o aproveitamento do resíduo da berinjela na forma natural.

Quanto às características botânicas, a planta apresenta porte arbustivo (Figura 4), com caule do tipo semi-lenhoso, podendo atingir 0,5 a 1,8 m de altura.

Figura 4 - Cultura da berinjela (*Solanum melongena* L.).



Fonte: Marouelli et al., 2014.

Os frutos são grandes, pendentes, do tipo baga, de formato variável (oval, oblongo, redondo, oblongo-alongado, alongado etc.), normalmente brilhantes, de coloração branca, rosada, zebrina, amarela, púrpura ou preta (Figura 5). No Brasil, as berinjelas mais conhecidas são as de frutos escuros, com coloração roxa, com pequenas variações de tonalidades (cor de vinho escura, preta brilhante), com frutos de formato alongados (cilíndricos, oblongos) e peso médio variando entre 180-250 g. (EMBRAPA, 2007; UTHUMPORN et al., 2016).

Figura 5 - Diferentes formas, cores e tamanhos de berinjela- coleção de germoplasma do Centro Vegetal Mundial.



Fonte: Taher et al, 2017.

A berinjela é representada pelas espécies cultivadas, *Solanum macrocarpon* L. e *S. aethiopicum* L., cultivadas principalmente na África, e nos demais países é cultivada a espécie *S. melongena* L., que foi domesticada em múltiplas localizações do continente asiático (KNAPP et al., 2013).

O período do plantio da berinjela corresponde aos meses de setembro a dezembro no planalto e de março a julho em regiões litorâneas. O ciclo vegetativo varia de 100 a 125 dias, dependendo da variedade e da época de cultivo, necessitando de temperaturas elevadas ao longo do ciclo (CARVALHO et. al, 2004). A colheita é realizada entre quatro e cinco meses após o plantio e dura em média noventa dias (EMBRAPA, 1998). Dependendo da cultivar, da época de cultivo e da região, a colheita pode ser iniciada a partir de 80 a 90 dias após a semeadura, ou de 10 a 40 dias após a floração, prolongando-se por três meses ou mais, com uma ou duas colheitas semanais. O ponto ideal de colheita é determinado visualmente e depende do tipo de fruto e coloração das diferentes cultivares de berinjela. De uma maneira geral, os frutos devem apresentar coloração brilhante, polpa macia e firme, cálice verde e sementes ainda tenras, características típicas de frutos que não completaram seu ciclo de maturação (EMBRAPA, 2007).

O fruto de berinjela é uma boa fonte de sais minerais e vitaminas e seu peso fresco dos frutos apresenta a seguinte composição: 96,3% de água, 1,9% de fibras e 19% de calorias (EMBRAPA, 2007). Seu consumo fornece minerais, como ferro, zinco, cálcio e potássio, e possui uma composição vitamínica pobre em vitaminas C, A, B1 e B2 (GONZÁLEZ-LAVAUT et al., 2007).

Em 2014, a produção global de berinjela foi aproximadamente de 50 milhões de toneladas, com um valor líquido de mais de US \$ 10 bilhões, o que a torna a quinta colheita solanácea economicamente mais importante depois da batata, tomate, pimenta e tabaco (FAO, 2014).

A cor externa do fruto, é devido à presença de flavonoides do tipo antocianinas. Sudheesh et al., (1999) relacionam a presença das antocianinas em berinjelas ao poder antioxidante dessa hortaliça.

2.5.1 ANTOCIANINAS DE *SOLANUM MELONGENA* L.

A berinjela é caracterizada por apresentar alto conteúdo de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes e está entre os principais vegetais com maior atividade antioxidante. Além disso destaca-se pelo conteúdo de flavonoides em sua casca com altas quantidades de antocianinas (NIÑO-MEDINA et al. 2017).

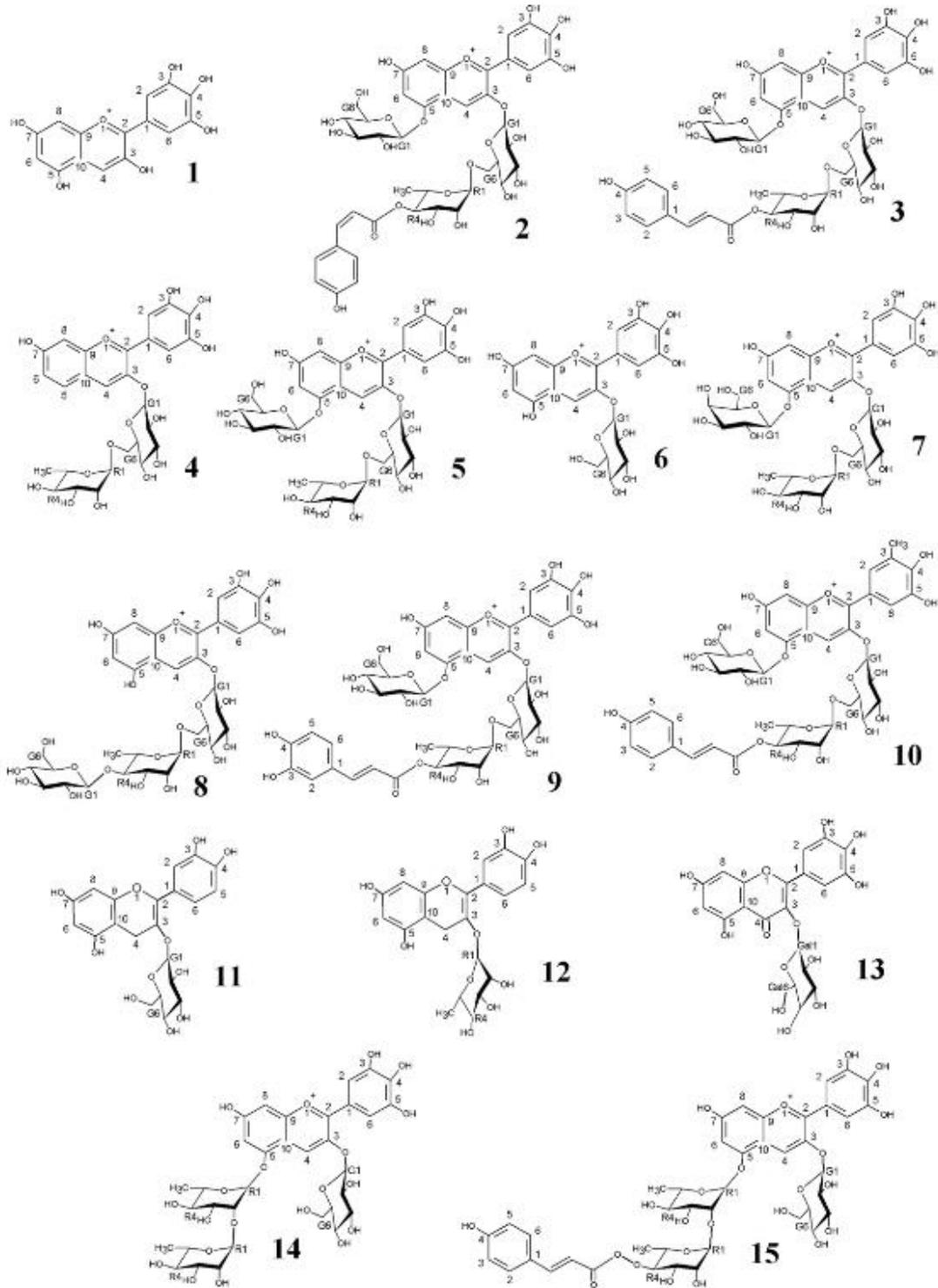
Segundo Noda e colaboradores (2000) a nasunina (Figura 6-2) é o principal flavonoide da berinjela. Trata-se de um heterosídeo flavonoídico do tipo antocianina, derivado da delphinidina (1) (aglicona), que foi identificado por SAKAMURA et al. (1963) como delphinidina-3-(*p*-cumaroil rutinosídeo)-5-glicosídeo (Figura 6-4). A nasunina confere a cor púrpura intensa à casca da berinjela (NODA et al., 2000)

Ichianagi et al. (2005) relataram que a nasunina ocorre como estereoisômeros *cis* (2) e *trans* (3), sendo a forma *cis* mais estável e por isso está presente principalmente em maior quantidade.

Azuma et al. (2008), analisaram cascas em 123 acessos de berinjela e espécies relacionadas e relataram a presença dos compostos (2), (3), (4), (9) e (10) (Figura 2).

Recentemente dois novos derivados de delphinidina foram reportados na cultivar da berinjela roxa chinesa (Zi Chang) usando HPLC-ESI-MS / MS. Estas duas prováveis novas antocianinas foram identificadas como delphinidina-3-glucosídeo-5-diramósido (14) e delphinidina-3-glucosídeo-5- (coumaroil) diramósido (15) e são diferentes de todos os derivados de delphinidina identificados anteriormente em outras cultivares (ZHANG et al., 2014).

Figura 6 - Estrutura de flavonoides identificadas em casca de *Solanum melongena* L.



- 1- Delphinidina
- 2- Nasunina cis
- 3- Nasunina trans

- 4- delphinidina-3-rutinosídeo
- 5- delphinidina-3-rutinosídeo-5-glicosídeo
- 6- delphinidina-3-glicosídeo
- 7- rutinosídeo-5-galactosídeo
- 8- delphinidina-3-rutinosil-glicosídeo
- 9- delphinidina-3 - (cafeó-rutinosídeo) -5-glicosídeo
- 10- petunidina-3- (p-coumaroil rutinosídeo) -5-glicosídeo
- 11- quercetina-3-glicosídeo
- 12- quercetina-3-ramnosídeo
- 13- miricetina-3-galactosídeo
- 14- delphinidina-3-glicosídeo-5-diramnosídeo
- 15- delphinidina-3-glicosídeo-5- (coumaroil) diramnosídeo

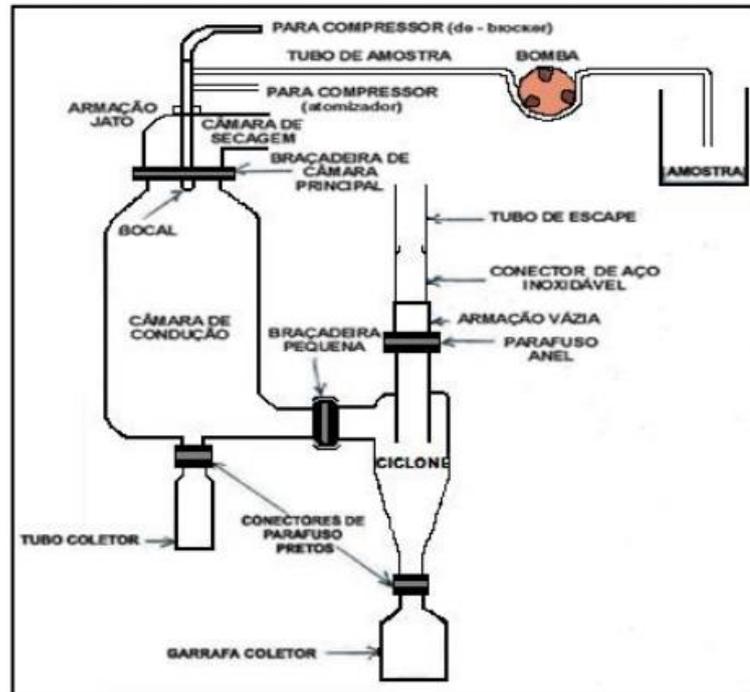
Fonte: Niño-Medina et al. (2017).

2.6 SPRAY DRIED

A secagem por aspersão em *spray dryer* é um processo contínuo, que se caracteriza pela transformação de um líquido em um produto seco, na forma de pó, por meio de um tempo de secagem muito curto. Nesse processo, o líquido é aspergido, utilizando-se um sistema de alta pressão, pelo qual as gotículas entram em contato com um fluxo de ar quente (Figura 7). Assim, há uma rápida evaporação, que permite manter baixa a temperatura do produto final. O processo é amplamente utilizado na indústria de alimentos e, em condições ideais, tem se mostrado eficaz para a obtenção de diversos produtos (FERRARI et al., 2012; ROCHA et al., 2014).

A técnica de *spray-drying* é uma das mais utilizadas na secagem de alimentos sensíveis ao calor, devido à rápida evaporação do solvente das gotículas. Atualmente, a secagem por pulverização é amplamente utilizada no processo de encapsulamento, ele retém materiais bioativos dentro de uma matriz protetora, essencialmente inerte ao material que está sendo encapsulado. Várias vantagens da secagem por pulverização como técnica de encapsulamento incluem custo, alta qualidade, solubilidade rápida e alta das cápsulas, tamanho pequeno, e operação contínua (MAHDAVI et al., 2014).

Figura 7 - Esquema de secagem por spray dryer.



Fonte: Valduga et al.(2003).

O produto final, por se apresentar em pó, confere a vantagem de redução do volume, o que facilita operações de embalagem, armazenamento, transporte e medição de ingredientes em formulações alimentícias (CALISKAN; DIRIM, 2013). Além disso, permite o desenvolvimento de produtos inovadores, por meio da incorporação de componentes funcionais ao produto, em uma forma mais estável (MURUGESAN; ORSAT, 2012)

Os produtos em pó resultantes da secagem podem ser utilizados tanto como corantes naturais em alimentos e cosméticos, quanto na produção de cápsulas ou ainda como suplemento alimentar para crianças e atletas (TONON, BRABET E HUBINGER, 2013).

Estudos mostraram que as propriedades dos pós secos por pulverização são principalmente afetadas pelas condições do processo, tais como temperaturas de entrada e saída de ar, taxas de fluxo de ar, tipo de atomizador e propriedades de pressão e alimentação e taxas de fluxo. Temperaturas muito elevadas podem levar à formação de partículas com imperfeições na superfície e, conseqüentemente, perda de compostos ativos (JAFARI et al., 2008). Outro fator que a temperatura de entrada do ar pode influenciar é na higroscopicidade do material, uma vez que maiores

temperaturas favorecem obtenção de pós com menor umidade e, com isso, o gradiente de umidade é maior entre a partícula e o ambiente ao redor (. (FAZAELI et al., 2012; JAFARI et al., 2008; SINGH; DIXIT, 2014).

Em geral, a temperatura de saída do ar varia de acordo com a temperatura de entrada, visto que quanto maior a primeira, maior a segunda e maior, também, a temperatura do produto ao final do processo, mantendo constante o fluxo de alimentação do fluido (SILVA et al., 2013).

2.7 ENCAPSULAÇÃO

Atualmente, o encapsulamento é bem desenvolvido e estendido para a indústria de alimentos, especialmente para controlar a liberação de aromas e na produção de alimentos contendo ingredientes funcionais, tais como probióticos e ingredientes bioativos. Na indústria alimentícia, essas técnicas de encapsulamento são altamente focadas na produção de sabor, especiarias e corantes (MUHAMAD et al., 2018).

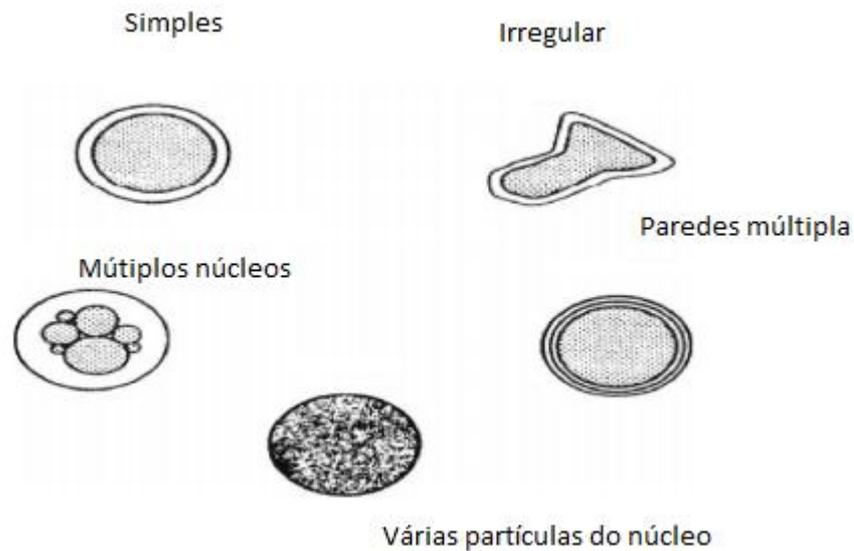
O encapsulamento pode ser definido como a tecnologia para embalar substâncias ou materiais ativos como compostos bioativos com um agente encapsulante, sob a forma de micro e nanopartículas (KHAZAEI et al., 2014). Essa técnica é usada para armazenar sólidos, líquidos e gases em microcápsulas, onde as cápsulas seladas são capazes de liberar seu conteúdo na presença de condição específica ou gatilhos (DESAI e PARK, 2005).

O encapsulamento desempenha um papel fundamental na manutenção da estabilidade de muitos pigmentos, como as antocianinas, melhorando sua vida útil e seus efeitos. A eficiência de encapsulação e estabilidade das cápsulas dependem principalmente da formulação do agente encapsulante. O agente de encapsulamento pode operar como um obstáculo e proteger o núcleo contra oxigênio, água e luz ou evitar contato com outros ingredientes (MAHDAVI et al., 2014).

Segundo Gharsallaoui et al.(2007), as propriedades físico-químicas do núcleo, a composição da parede e a técnica de microencapsulação usada permitem obter diferentes tipos de partículas, como: uma simples esfera rodeada por um revestimento de espessura uniforme; uma partícula contendo um núcleo de forma irregular; várias partículas de núcleo incorporadas em uma matriz contínua de

material de parede, vários núcleos distintos dentro da mesma cápsula e microcápsula de multicamadas (Figura 8).

Figura 8 - Morfologia de diferentes tipos de microcápsulas.



Fonte: Gharsallaoui et al., 2007.

No entanto, a utilização de diferentes agentes de encapsulação na produção de microcápsulas pode resultar em diferentes propriedades físicas, dependendo da estrutura e das características de cada agente e pode também modificar as propriedades funcional das microcápsulas (CHEN et al., 2005).

A escolha do agente carreador, por sua vez, depende da presença de algumas características desejáveis como, boa capacidade emulsificante, capacidade de formação de filme, baixa higroscopicidade, baixa viscosidade, ser de fácil manipulação durante o processo, não ser reativo com o composto a ser encapsulado, além de boa estabilidade e ausência de sabores desagradáveis e, principalmente, proteger o ativo quanto às condições adversas (luz, pH, oxigênio, calor e outros compostos presentes) (CHAMPAGNE et al., 2011). Os materiais mais empregados são proteínas animais como, por exemplo, proteínas do leite e gelatina, e os polissacarídeos originados de plantas (amidos e goma-arábica), ou de bactérias

(goma xantana) e de algas marinhas (k-carragena e alginato) (ROKKA; RANTAMAKI, 2010).

A goma arábica é um dos mais importantes agentes encapsulantes usados para encapsular o sabor e corante e é geralmente preferido devido à sua excelente propriedades de emulsificação. Obtida de exsudados gomosos secos dos caules e ramos de Planta de acácia e é inodoro, incolor e insípido e possui alta solubilidade na água (MUHAMAD et al., 2018).

A goma arábica é uma fibra solúvel contendo propriedades nutricionais que traz ótimos benefícios à saúde devido ao seu efeito prebiótico, sua alta tolerância digestiva e seu impacto benéfico glicêmico do produto final. Tem baixo valor calórico e é considerado adequado para várias formulações de alimentos porque não é cariogênico (BERNSTEIN E NOREÑA, 2015).

Além disso, a goma arábica é considerada uma dos melhores material encapsulante. Pesquisas apresentaram a goma arábica como melhor material de parede para encapsulação de antocianinas (VALDUGA et al., 2008; BERNSTEIN e NOREÑA, 2015; KALUSEVIC et al, 2017). Apesar da eficiência da goma arábica como material de parede, sua maior limitação é o preço (MADENE et al, 2006).

3 HIPÓTESES

- As antocianinas de resíduo de *Solanum melongena* L. podem ser utilizadas como corante natural com ação antioxidante em alimentos.
- A atomização por utilizar uma elevada temperatura por um curto período de tempo pode ser utilizada para aumentar a estabilidade dos pigmentos antociânicos de resíduos de *Solanum melongena* L., protegendo-os da degradação por meio do agente encapsulante.

4 OBJETIVOS

4.1 GERAL

Avaliar o potencial das antocianinas de resíduo de *Solanum melongena* L. encapsuladas e não encapsuladas como corante natural em iogurtes.

4.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Extrair, secar e caracterizar as antocianinas de resíduo de *Solanum melongena* L.;
- ✓ Avaliar o impacto do processo de secagem sobre a cor e os compostos bioativos presentes no extrato do resíduo da *Solanum melongena* L.;
- ✓ Avaliar a estabilidade das antocianinas encapsuladas e não encapsuladas adicionadas ao iogurte;
- ✓ Determinar a capacidade antioxidante e variações de cor dos iogurtes durante o período de armazenamento.
- ✓ Verificar a qualidade físico-química de iogurtes contendo corante natural encapsulado e não encapsulado durante o período de armazenamento;

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 MATERIAL

5.1.1 Fruto

Os frutos *Solanum melongena* L. foram adquiridos no comércio local da cidade de Recife-PE, no estágio de maturação maduro, definidos pela coloração de sua casca apresentando a cor roxa e transportados para o Laboratório de Análise Físico-Química de Alimentos do departamento de Ciências Domésticas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, onde os experimentos foram realizados.

5.1.2 Leite

O leite UHT e o leite em pó foram adquiridos no comércio local da cidade de Recife-PE e transportados para o Laboratório de Análise Físico-química de Alimentos do departamento de Ciências Domésticas da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

5.1.3 Bactérias Lácticas

Foram adquiridas na cidade de Natal-RN as culturas lácticas liofilizadas Yolac Y70A5U, contendo *Lactobacillus delbrueckii* ssp. bulgaricus e *Streptococcus salivarius* ssp. Thermophilus.

5.1.4 Goma Arábica

A goma arábica foi adquirida no comércio local da cidade do Recife-PE

5.2 MÉTODOS

Para as análises físico-químicas os frutos foram sanitizados com hipoclorito de sódio conforme recomendação do fabricante, por 15 minutos, deixados secar a temperatura ambiente e descascados com faca de aço inoxidável e em seguida submetidos a extração das antocianinas.

5.2.1 Obtenção do extrato antociânico de resíduo de *Solanum melongena* L.

A obtenção do extrato antociânico foi realizada utilizando álcool etílico hidratado de cereais 70% (milho, arroz) acidificado com ácido cítrico a pH 2, durante 48 horas, a uma temperatura de 5 ° C e ausência de luz (SILVA et al, 2010). Os extratos foram concentrados sob vácuo, à temperatura de 38 ° C até 15% do volume inicial. As antocianinas foram acondicionadas em frascos escuros e armazenadas (-18 ° C) para posterior análise.

5.3 Encapsulação:

5.3.1 Secagem por atomização

Uma parte do extrato foi submetida à secagem por atomização utilizando como agente encapsulante a goma arábica em concentrações variando de 10 a 20% de acordo com o Delineamento experimental (5.3.2). Para a secagem em escala laboratorial foi utilizado um mini spray dryer – Lab Maq, modelo MSDi 1.0 (Figura 9), que opera com vazão de líquido de 0,2 – 1,0 L/h, com bico injetor de 1,2 mm de diâmetro, fluxo de ar de 30 m³ /h e pressão do ar de 0,6 bar. Foi utilizada uma vazão mássica média de 0,84 L/h.

Figura 9 - Spray dryer utilizado nos ensaios de secagem.



Fonte: a autora

100 mL do extrato foi colocado no béquer protegido de luz, adicionado a mesma quantidade de água destilada e em seguida a goma arábica nas concentrações de 10, 15 e 20%, seguida de agitação em agitador magnético até completa dissolução da goma e aplicada a mistura no spray dryer (Figura 10). Após secagem as cápsulas foram acondicionadas em frascos escuros e armazenados (-18 ° C) até o momento da realização das análises.

Figura 10 - Formulação de extrato para secagem em spray dryer.



Fonte: a autora

5.3.2 Delineamento experimental

Foi realizado o delineamento experimental (2^2) tendo como variáveis independentes temperatura de secagem (° C) e a concentração de goma arábica e como variável resposta o teor de antocianinas totais. Baseado nos resultados a melhor condição foi aplicada no iogurte, onde foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC).

Ensaio	Temperatura(°C)	Goma arábica (%)
1	130	10
2	180	10
3	130	20
4	180	20
5	150	15
6	150	15
7	150	15
8	150	15

Ao término do processo de secagem o produto obtido (Figura 11) foi avaliado quanto ao teor de antocianinas totais.

5.3.4 Antocianinas totais

O conteúdo de antocianinas foi determinado pelo método de pH diferencial conforme descrito por Giust; Wrolstad (2001), utilizando espectrofotômetro Shimadzu UV 1650 PV.

5.4 Caracterização do pó obtido no ponto ótimo de secagem:

Figura 11 - Corante em Pó do resíduo de *Solanum melongena* L obtido na secagem por spray dryer.



Fonte: a autora

5.4.1 Umidade:

A umidade foi quantificada por meio do determinador de umidade por infravermelho (Marca Marte: Modelo- ID 50) (IAL, 2008).

5.4.2 Atividade de água:

As amostras foram transferidas para cápsulas de polietileno, para a determinação de atividade de água em medidor do tipo AQUALAB (SERIE 4TE, Brasil).

5.4.3 Rendimento

O rendimento de secagem por pulverização foi calculado como uma porcentagem pela razão entre o peso total do produto recuperado (pó recolhido) e o peso do agente encapsulante inicialmente introduzidos no sistema (ALVAEZ-HELENAO et al., 2018). O rendimento do encapsulamento foi expresso como:

$$\% \text{ Rendimento} = \frac{\text{Peso (g) de pó coletado}}{\text{Peso (g) do agente encapsulante}} \times 100$$

..

5.4.4 Solubilidade:

A solubilidade foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Cano-Chauca et al (2005). 1g da amostra foi dissolvida em 100mL de água destilada, seguida de agitação em agitador magnético durante 5 minutos, formando uma solução aquosa, que em seguida foi centrifugada a 3000 rpm por 5 minutos em centrífuga (Cientec modelo CT-6000R). Uma alíquota de 25mL do sobrenadante foi colocada em placa de Petri, esterilizada e previamente pesada e levada para estufa com circulação e renovação de ar (Marconi, modelo MA-035) a 105° C por 5 horas. Ao término do processo a placa foi pesada em balança e a solubilidade obtida através de diferença de peso.

5.4.5 Higroscopicidade

A higroscopicidade foi avaliada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000), com algumas modificações. Colocou-se cerca de 1 g de cada amostra em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl

(umidade relativa de 75,29%) a 25 °C e, após uma semana, as amostras foram pesadas. A higroscopicidade foi expressa em quantidade de água absorvida por 100g de amostra (%) e classificada segundo a tabela 2 da Gea Niro.

Tabela 2 - Classificação de higroscopicidade para produtos lácteos em pó.

Classificação do produto em pó	Valor de higroscopicidade (%)
Não higroscópico	< 10
Ligeiramente higroscópico	10,1- 15
Higroscópico	15,1-20
Muito higroscópico	20,1-25
Extremamente higroscópico	> 25

Fonte: Gea Niro (revisado 2005).

5.4.6 Densidade Aparente

A densidade aparente foi realizada de acordo com procedimento descrito por Barbosa-Canovas et al. (2005) e Caparino et al., (2012) com modificações. Foram transferidas 2g de amostra para uma proveta graduada de 10mL, compactou-se o pó batendo a proveta 50 vezes sobre a bancada.

A densidade foi calculada de acordo com a Equação (1) e o resultado expresso em g/mL:

$$\rho_{ap} = m/v$$

Onde: m- é a massa da amostra (g); v- é o volume total que o pó ocupou na proveta em (mL).

5.4.7 Retenção de Antocianinas

Para determinação da retenção de antocianina, o teor total de antocianina foi calculado em mg / 100 g de matéria seca, na mistura antes da entrada no secador por atomização, bem como no pó resultante (TONON et al., 2008).

5.5 Análises físico-químicas do extrato e do pó:

A cor, o teor de antocianinas totais, fenólicos totais e atividade antioxidante foram verificados no extrato não encapsulado e nas antocianinas encapsuladas.

5.5.1 Análise colorimétrica

A avaliação objetiva da cor foi efetuada por meio da colorimetria de triestímulos, no sistema CIELAB ($L^*a^*b^*$), utilizando um colorímetro (Konica Minolta). Para esta finalidade o extrato não encapsulado e encapsulado foram transferidos a uma placa de vidro e efetuada a leitura em triplicata no eixo L^* (luminosidade), que varia do preto (0) ao branco (100); no eixo a^* , do verde (-a) ao vermelho (+a) e no eixo b^* , do azul (-b) ao amarelo (+b). Os valores a^* e b^* foram usados para calcular o ângulo Hue ($^{\circ}h^* = \text{tang } b^* \cdot a^*$). O croma (C^*) expressa a saturação ou intensidade da cor, enquanto o ângulo de matiz (h°) indica a cor observável e é definido como iniciando no eixo $+a^*$, em graus, em que 0° é $+a^*$ (vermelho), 90° é $+b^*$ (amarelo), 180° é $-a^*$ (verde), e 270° é $-b^*$ (azul).

5.5.2 Antocianinas totais

O conteúdo de antocianinas foi determinado pelo método de pH diferencial, considerando as transformações estruturais sofridas pelas ACYS em diferentes pHs. As medidas são realizadas em pH 1,0 e 4,5 e em 510 nm e em 700 nm, conforme descrito por Giust; Wrolstad (2001).

As amostras de extratos foram dissolvidas em água acidificada em balões volumétricos de 100 mL e diluídas com soluções pH 1,0 e pH 4,5 em balões volumétricos de 25 mL e as leituras de absorvância foram realizadas em 510 nm e 700 nm (FC), utilizando espectrofotômetro Shimadzu UV 1650 PV.

5.5.3 Determinação de atividade antioxidante

Os extratos obtidos foram utilizados para avaliar a capacidade de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH $^{\bullet}$), de acordo com o método descrito por Brand-Williams, Cuvelier, Berset (1995). Após leve agitação, os tubos foram deixados ao abrigo da luz à temperatura ambiente ($25 \pm 1^{\circ}\text{C}$) e ao final de 60 minutos a absorvância foi registrada a 515nm em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC).

Os resultados foram calculados pela Equação 2 e expressos como percentual de sequestro de radical livre (MILIAUSKAS; VENSKUTONIS; VAN BEEK, 2004):

Equação 2:

$$\% \text{ de sequestro de radical livre} = [(A_B - A_A)/A_B] \times 100$$

onde:

A_B = absorção do branco (t = 0 min);

A_A = absorção dos extratos

(t = diferentes intervalos de tempo)

5.5.4 Determinação de fenólicos totais

O teor de fenólicos totais dos extratos foi determinado, por método espectrofotométrico, utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (Merk) tendo o ácido gálico como padrão de referência (WETTASINGHE; SHAHIDI, 1999). Este método envolve a redução do reagente pelos compostos fenólicos com formação de um complexo azul e a absorbância foi determinada a 725nm. Os resultados foram expressos em mg de fenólicos totais em equivalente de ácido gálico (EAG) por 100g de polpa.

5.6 Aplicação do corante no iogurte

5.6.1 Preparação do iogurte

Ao leite UHT foi adicionado açúcar cristal referente a 10% do volume do leite e 5% de leite em pó para aumentar a quantidade de sólidos. Foi aquecido até 42° C e em seguida adicionado 2% de fermento láctico, onde foi utilizada uma cultura comercial de *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* e *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*; após esta etapa foi realizada a incubação até pH de 4,5 a 4,7 (43-45 ° C) por 4 horas em estufa. Posteriormente, o iogurte foi resfriado a 4 ° C (± 1 ° C) e em seguida, homogeneizado e adicionado de corante natural extraído do resíduo de *Solanum melongena* L., na forma de extrato não encapsulado e encapsulado, nas concentrações de 1,0; 1,5 e 2 g de antocianinas/100mL de iogurte.

5.6.2 Caracterização físico-química do iogurte

5.6.3 Composição centesimal

5.6.4 Cinzas

Para determinação de cinzas foi utilizado o método gravimétrico através de carbonização prévia da amostra, seguido de incineração em mufla a 550°C, segundo metodologia de IAL (2008).

5.6.5 Umidade

A umidade foi quantificada por meio do determinador de umidade por infravermelho (Marca Marte: Modelo- ID 50) (IAL, 2008).

5.6.6 Lipídeos

A fração de lipídeos foi determinada pelo método de Soxhlet (IAL, 2008).

5.6.7 Proteínas

O conteúdo proteico foi quantificado pelo método Kjeldahl (IAL, 2008)

5.6.8 Carboidratos

O teor de carboidratos totais foi obtido através do cálculo por diferença: % carboidratos total= 100 – (% umidade + % cinzas + % lipídeos+ % proteínas)

5.7 Valor Energético Total

O valor energético total (V.E.T.) foi calculado utilizando os seguintes fatores de conversão: 9kcal por g de lipídios, 4kcal por g de proteínas e 4kcal por g de carboidratos e expresso em Kcal 100g⁻¹da amostra (GALISA; ESPERANÇA; SÁ, 2008).

5.8. Estabilidade do iogurte:

5.8.1 Armazenamento

Os produtos foram acondicionados em frascos de vidro protegidos da luminosidade e estocados por um período de 30 dias a 4 ° C em ausência de luz. Durante esse período as formulações foram avaliadas no primeiro dia e a cada 10 dias, sendo retiradas três amostras de cada tratamento para verificar a cor, a concentração de antocianinas totais, atividade antioxidante, fenólicos totais, pH e acidez.

5.8.2 Análise colorimétrica

A avaliação objetiva da cor dos iogurtes foi efetuada por meio da colorimetria de triestímulos, no sistema CIELAB ($L^*a^*b^*$), utilizando um colorímetro (Konica Minolta). Para esta finalidade aproximadamente 20mL de iogurte foi transferido a uma placa de vidro e efetuada a leitura em triplicata no eixo L^* (luminosidade), que varia do preto (0) ao branco (100); no eixo a^* , do verde (-a) ao vermelho (+a) e no eixo b^* , do azul (-b) ao amarelo (+b). Os valores a^* e b^* foram usados para calcular o ângulo Hue ($^{\circ}h^* = \text{tang } b^* / a^*$). O croma (C^*) expressa a saturação ou intensidade da cor, enquanto o ângulo de matiz (h°) indica a cor observável e é definido como iniciando no eixo $+a^*$, em graus, em que 0° é $+a^*$ (vermelho), 90° é $+b^*$ (amarelo), 180° é $-a^*$ (verde), e 270° é $-b^*$ (azul) (Figura 9).

5.8.3 Acidez Titulável (AT)

A acidez titulável foi determinada em 10g de iogurte diluído em 10 mL de água destilada e titulado com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 M. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido láctico segundo metodologia descrita pela AOAC (2005).

5.8.4 pH

O pH foi determinado diretamente no iogurte homogeneizado, utilizando um potenciômetro (Tec-3MP, Tecnal), previamente calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e 4,0, segundo método da AOAC (2005).

5.8.5 Extração de antocianinas do iogurte

Para a extração das antocianinas do iogurte, foi misturado 20g das amostras de iogurtes com 20mL de ácido tricloroacético a 20% em água. Após agitação por 30 segundos as amostras foram incubadas em banho de aquecimento a 42°C por 10 minutos e, em seguida, centrifugadas a 3500rpm por 15 minutos e o sobrenadante filtrado e utilizado diretamente nas análises (ZULUETA et al., 2009). Os extratos filtrados foram utilizados para determinação das antocianinas totais, atividade antioxidante e fenólicos totais.

5.8.6 Antocianinas totais

O conteúdo de antocianinas foi determinado pelo método de pH diferencial descrito por Giust; Wrolstad (2001), utilizando espectrofotômetro Shimadzu UV 1650 PV.

5.8.7 Determinação de atividade antioxidante

Método DPPH^{*} (1,1-difenil-2-picrilhidrazil)

Os extratos obtidos foram utilizados para avaliar a capacidade de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH^{*}), de acordo com o método descrito por Brand-Williams, Cuvelier, Berset (1995), com modificações. Alíquotas de 0,2 mL de cada extrato foram transferidas para tubos de ensaio contendo 3,8 mL de solução de DPPH^{*} em metanol (0,1 mM). Após leve agitação, os tubos foram deixados ao abrigo da luz à temperatura ambiente (25 ± 1°C) e ao final de 60 minutos a absorbância foi registrada a 515nm em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC). Metanol foi utilizado para zerar o espectrofotômetro e uma solução, contendo 0,2 mL de metanol e 3,8 mL de DPPH^{*}, foi utilizada como branco.

Os resultados foram calculados pela Equação 2 e expressos como percentual de sequestro de radical livre (MILIAUSKAS; VENSKUTONIS; van BEEK, 2004):

Equação 2:

$$\% \text{ de sequestro de radical livre} = [(A_B - A_A)/A_B] \times 100$$

onde:

A_B = absorção do branco (t = 0 min);

A_A = absorção dos extratos

(t = diferentes intervalos de tempo)

5.8.8 Determinação de fenólicos totais

O teor de fenólicos totais dos extratos foi determinado, por método espectrofotométrico, utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (Merk) tendo o ácido gálico como padrão de referência (WETTASINGHE; SHAHIDI, 1999). Este método envolve a redução do reagente pelos compostos fenólicos com formação de um complexo azul e a absorbância foi determinada a 725nm. Os resultados foram expressos em mg de fenólicos totais em equivalente de ácido gálico (EAG) por 100g de polpa.

5.9 Cinética de degradação das antocianinas

A constante de degradação (K) (equação 3), o tempo de meia vida ($t_{1/2}$), definindo como o tempo em que metade do teor de antocianinas decai (equação 4) e a porcentagem de retenção (equação 5) de cor foram determinados de acordo com a metodologia descrita por Wallace e Giusti, (2008); Katsaboxakis et al. (1998).

$$A_t = A_0 \times \exp(-k \times t) \quad (3)$$

$$t_{1/2} = \ln(2)/k \quad (4)$$

$$\% \text{ Retenção} = A_t / A_0 \times 100 \quad (5,)$$

Onde k = constante de reação, t = tempo (h) , A_t = antocianinas final A_0 = antocianinas inicial, $t_{1/2}$ = tempo de meia vida.

5.9.1 Tratamento estatístico

Todas as determinações foram realizadas em triplicata e as médias dos valores encontrados foram submetidas à Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico "Statistica" (Statsoft inc 7.0).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Artigo 1: **ENCAPSULAÇÃO DE ANTOCIANINAS OBTIDAS DO RESÍDUO DE *SOLANUM MELONGENA* L. POR SECAGEM POR SPRAY DRYER**

Extração e quantificação das antocianinas do extrato do resíduo de *Solanum melongena* L

O teor de antocianinas totais determinado no extrato de *Solanum melongena* L. foi de 67,21 mg 100g¹ de resíduo (tabela 1). Mallmann (2011) relatou valores de antocianinas total variando de 23,96 a 36,71 mg 100g¹ de casca de berinjela, utilizando como solvente extrator etanol acidificado com 1% de ácido cítrico e o mesmo método de extração utilizado nesse trabalho. Esta discrepância entre o teor encontrado nesse estudo e o relatado pelo autor acima citado pode ser decorrente de diferente modo de preparo da amostra, e das condições de cultivo do fruto, a composição dos frutos pode variar conforme o tipo de plantio e a região de produção. Modificações podem ser observadas em função das características de cada solo, condições climáticas durante o desenvolvimento da planta e técnicas de manejo (Ribeiro et al., 2016). Uma possível razão para variações nos resultados pode decorrer de diferenças entre os métodos, assim a Tabela 1 traz o comparativo entre os diferentes métodos de extração de antocianinas por diferentes tipos de solventes.

Teixeira, Stringheta e Oliveira (2008) ao compararem o método para quantificação de antocianinas pH único e pH diferencial encontraram para berinjela 64,06 e 56,75 mg 100g¹ de amostra respectivamente, utilizando como solvente etanol-água (70:30) acidificado com HCL até pH 2. A extração realizada nesse trabalho também utilizou como solvente etanol 70% acidifica até pH 2, o resultado obtido por esses autores para pH único foi semelhante ao encontrado no presente estudo utilizando pH diferencial. A utilização do pH único é um método mais rápido porém pode dar um falso resultado se houver presença de interferentes como açúcares, dessa forma optou-se por realizar o presente estudo em pH diferencial. O resultado encontrado confirma o aproveitamento do resíduo de *Solanum melongena* L., como fonte potencial de antocianinas.

Tabela 1 - Comparação do teor de antocianinas extraída por diferentes tipos de solventes.

Autor	Tempo de extração	Solvente	Método	Antocianinas (mg/100g)
Nisha et al., 2009	6h	Metanol (base úmida)	pH diferencial	0,530 - 0,756
Jung et al., 2011	24h	Metanol HCL 1% (base seca)	pH único	138,05
Mallmann, 2011	20-65min	Etanol 1% ácido cítrico (base úmida)	pH diferencial	23,96 - 36,7
Teixeira et al., 2008	24h	Etanol 70% HCL até pH 2 (base úmida)	pH único e diferencial	64,06 e 56,75
Tadoro et al., 2009	3h	Ácido málico e tartárico (pH 2,3-2,9), etanol 70% 1%HCL (base úmida)	pH único	65,79; 69,40 e 76,44
Presente Estudo (Barretto, 2019)	48h	Álcool de cereais 70% acidificado ácido cítrico pH 2 (base úmida)	pH diferencial	67,21

Tadoro et al. (2009) ao determinarem o teor de antocianinas total de casca de berinjela extraída com diferentes solventes extratores encontraram valores próximos ao desse estudo, 65,79 mg 100¹g de casca, utilizando ácido málico e 69,40 mg 100¹g de casca, com ácido tartárico; e superior com extração em etanol 70% acidificado 1% HCL 76,44 67,21 mg 100¹g de casca.

As antocianinas estão localizadas nas células próximas à superfície das plantas e são facilmente extraídas de materiais vegetais por solventes orgânicos. Tradicionalmente, soluções acidificadas de metanol, etanol, acetona, água e misturas de acetona/metanol/água têm sido usadas para a extração de antocianinas (ROCKENBACH et al., 2008).

Encapsulação do extrato de resíduo de *solanum melongena* L.

Os resultados obtidos para secagem do extrato do resíduo de *Solanum melongena* L. (Tabela 2) foram satisfatórios, tendo como melhor condição para preservação das antocianinas a secagem na temperatura de 150° C e 15% de goma arábica (condição observada no ponto central do planejamento). De acordo com o diagrama de Pareto (Figura 1), correspondente aos efeitos das variáveis independentes no processo de secagem evidenciou-se que a concentração e temperatura tiveram influência no teor de antocianinas, tanto individualmente quanto combinados. Foi observado que os valores intermediários para os parâmetros analisados são os mais indicados, pois em temperaturas superiores ocorreu maior degradação de antocianinas (180 °C) e maior concentração de goma arábica.

Tabela 2 - Valores das respostas obtidos do delineamento experimental do extrato do resíduo de *Solanum melongena* L. em atomizador.

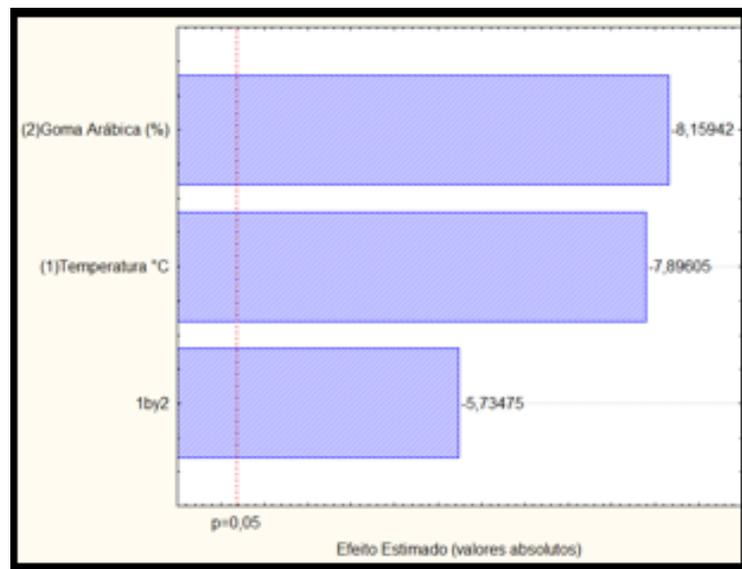
Ensaio	Temperatura (°C)	Goma arábica	Antocianinas (mg/100g de resíduo <i>Solanum melongena</i> L.)
1	(-1) 130	(-1) 10	18,43
2	(+1) 180	(-1) 10	21,11
3	(-1) 130	(+1) 20	15,76
4	(+1) 180	(+1) 20	5,81
5	(0) 150	(0) 15	40,48
6	(0) 150	(0) 15	42,61
7	(0) 150	(0) 15	40,14
8	(0) 150	(0) 15	39,81

Bernstein e Noreña (2015) também obtiveram melhor resposta utilizando 15% do agente carreado a uma temperatura de 140°C ao encapsularem antocianinas de repolho vermelho.

Os valores obtidos para as antocianinas encapsuladas com diferentes concentrações de agente carreador e diferentes temperaturas variou entre 5,81 e

42,61 mg / 100 g¹ de matéria seca, ocorrendo assim degradação das antocianinas em relação a quantificação no extrato. Embora o processo de secagem usando spray dryer expôs o produto a um alta temperatura por um curto período de tempo, resultou na perda de compostos termossensíveis, a temperatura de saída do produto foi um importante fator a ser considerado em relação à retenção de esses compostos (TONON, 2009). Santana et al., 2016; Bernstein e Noreña, 2015; Silva et al., 2013 e Tonon et al., 2008 relataram perda de antocianina após secagem por spray dryer.

Figura 1 - Diagrama de Pareto da secagem do extrato do resíduo de *Solanum melongena* L. em atomizador.



Antocianinas são muito instáveis para os fatores como temperatura, luz, pH e oxigênio, e o objetivo do encapsulamento é proteger o material essencial desses fatores adversos por meio da escolha correta do material de barreira, que precisa ser compatível com o alimento, ter resistência mecânica, promover a adequada dissolução e produzir o tamanho de partícula desejada. A secagem por spray dryer leva à formação de um sistema matricial em que o polímero forma uma rede tridimensional em torno do encapsulado material, a fim de protegê-lo contra fatores adversos (TONON et al. 2010).

O ensaio 6 apresentou melhor resposta quanto ao teor de antocianinas (42,61 mg/100g de resíduo), sendo o escolhido para ser utilizado no teste de estabilidade no iogurte e para realização da caracterização do pó.

A tabela 3 mostra os valores obtidos para o teor de umidade, atividade de água, solubilidade, higroscopicidade, densidade aparente, rendimento e retenção de antocianinas do ensaio 6.

Tabela 3 - Caracterização do pó obtido na secagem do extrato do resíduo de *Solanum melongena* L. em atomizador.

Parâmetros	Valores médios
Umidade (%)	4,80
Atividade de água	0,1029
Solubilidade (%)	95,06
Higroscopicidade	15,01
Densidade aparente (g/mL)	0,4765
Rendimento (%)	48,30
Retenção de antocianinas (%)	63,40

A umidade para as partículas obtidas no ensaio 6 foi de 4,80%. O uso de temperaturas mais baixas implica em uma menor diferença de temperaturas entre o produto atomizado e o ar de secagem, acarretando uma menor transferência de calor e, conseqüentemente, uma menor evaporação de água do produto, resultando em umidades mais alta. A umidade interfere sobre a estabilidade dos pós alimentícios, pois a estabilidade do produto final depende do teor de água presente.

Silva et al. (2013) ao encapsular as antocianinas de jabuticaba por spray dryer utilizando goma arábica como material de parede a uma temperatura de 140° C e 160° C obtiveram umidade de 5,45 e 6,76 respectivamente, maior que o valor encontrado para o pó do resíduo de *Solanum melongena* L. Já Pieczykolan e Kurek (2019) em estudo com encapsulação de antocianinas de chokeberry relataram valor de umidade menor (2,73%), também utilizando a goma arábica como agente carreador. No entanto, a temperatura e a taxa de fluxo foram diferentes, que influenciam significativamente o grau de desidratação das cápsulas.

A RDC nº272 de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), determina que os produtos de frutas secas ou desidratadas devem apresentar no máximo 25% de umidade (BRASIL, 2005). No entanto, esse valor não deve ser levado em consideração quando se trata de produtos de frutas

em pó, visto que os mesmos não devem apresentar elevado valor de umidade para evitar problemas em suas características que comprometem a estabilidade e utilização para os fins a que se destina.

Em relação à atividade de água o valor obtido foi de 0,1029 o que é bastante favorável à estabilidade dos alimentos, uma vez que não permite a multiplicação de microrganismos, pois alimentos com $a_w < 0,5$ são considerados microbiologicamente estáveis (TONON et al., 2013).

A atividade da água é um índice muito essencial para pós atomizados, uma vez que determina o prazo de validade do produto. A atividade da água é definida como a razão entre a pressão de vapor da água em um sistema alimentar e a pressão de vapor da água pura na mesma temperatura. A atividade da água varia com o teor de umidade, pois mede a disponibilidade de água em um sistema alimentar que é responsável por quaisquer reações bioquímicas, enquanto o teor de umidade representa a composição da água em um sistema alimentar (NAWI et al., 2015).

Bernstein e Noreña (2015) relataram ao utilizarem diferentes agentes carreadores como material de parede para secagem de antocianinas em spray dryer, que os menores valores de atividade de água ocorreram com o uso de goma arábica. No entanto, todos os pós apresentaram atividade de água abaixo de 0,2, indicando que todos eles tinham alta estabilidade.

As partículas produzidas com goma arábica se mostraram bastante solúveis, o que era esperado, uma vez que este material apresenta alta solubilidade. Em um estudo com antocianinas de repolho vermelho Bernstein e Noreña (2015) usaram goma arábica como material de parede na secagem por atomização resultando em produtos altamente solúveis e ainda relataram valores de solubilidade superiores a 98,85%.

A solubilidade é um critério importante para avaliar o comportamento do produto na fase aquosa, uma vez que alimentos em pó devem ter uma boa solubilidade para serem úteis e funcionais. Solubilidade é a etapa final de dissolução do pó e é considerada como fator determinante da qualidade geral da reconstituição (CHEN; PATEL, 2008; FANG; SELOMULYA; CHEN, 2008).

Em relação ao parâmetro higroscopicidade, o pó proveniente da secagem do extrato do resíduo de *Solanum melongena* L. em spray dryer, apresentou valor de 15,01%. GEA Niro (revisado 2005) estabeleceu uma classificação para produtos

lácteos em pó relacionando a absorção de umidade do produto ao ser submetido a um ambiente de umidade relativa de 79,5%.

Levando-se em consideração os critérios de GEA Niro (2005) o pó obtido no ensaio 6 é classificado como ligeiramente higroscópico por apresentar valor de higroscopicidade entre 10,1 e 15%. Dessa forma, esse produto em pó pode ser considerado estável, com baixa probabilidade de apresentar problemas relacionados às suas propriedades funcionais (reidratação, solubilidade) e armazenamento no que diz respeito à aglomeração.

Higroscopicidade é um dos fatores de maior importância na escolha de um pó de boa estabilidade, e que assegura suas características durante o armazenamento e indica a sua capacidade para atrair moléculas de água quando em contato com o ar circundante (COSTA, ROCHA e COSTA, 2014).

Em estudo com antocianinas extraídas de batatas *Ipomoea*, a amostra produzida com goma arábica apresentou higroscopicidade de 18,736% (NAWI et al., 2015). Silva et al (2013), relataram higroscopicidade de 17,75; 17,55 e 17,96% para antocianinas de jabuticaba encapsuladas com goma arábica em diferentes temperaturas. Os valores foram acima dos nossos resultados utilizando o mesmo material encapsulante. O número de grupos hidrofílicos presentes na estrutura de cada material da parede contribuiu para a variação da adsorção de água (NAWI et al., 2015). A higroscopicidade de um alimento está ligada à sua estabilidade física, química e microbiológica por isso, torna-se imprescindível o conhecimento do comportamento higroscópico desses produtos (CAVALCANTE et al., 2018).

A densidade aparente está apresentada na Tabela 4, é um importante parâmetro que determina a adequação de pó para a facilidade de embalagem e transporte. A densidade aparente do pó seco por pulverização de amaranto vermelho foi encontrado na faixa de 0,3-0,5 g / cm³ (NARAYANAN et al, 2018). Quanto mais pesado o material, mais facilmente esse se acomoda nos espaços entre as partículas, ocupando menor volume e resultando, assim, em maior densidade (TONON, 2013).

De acordo com a Tabela 4, o rendimento do processo de secagem do resíduo de *Solanum melongena* L. usando goma arábica foi de 48,30%. Segundo Santana et al. (2016) a utilização de agentes carreadores isoladamente pode aumentar a viscosidade da alimentação e elevar o teor de sólidos para aderir na parede da

câmara de secagem, reduzindo assim o rendimento do processo.

O rendimento do processo corresponde à recuperação do produto e é principalmente determinado pela eficiência da coleta de pós atomizado. A perda de material no sistema de secagem por aspersão deve-se principalmente à fixação de gotículas pulverizadas e pó na parede do aparelho e a ciclones com pouca eficiência na coleta de partículas finas (WANG e LANGRISH,2009). A retenção do produto na parede da câmara é indesejável. Em primeiro lugar, não é rentável devido às paradas mais frequentes do secador para limpeza, e em segundo lugar, afeta a qualidade do produto, porque depósitos podem queimar e, quando desalojado, misturar e contaminar todo o produto. O produto acumulado que recebe tratamento térmico mais intenso pode ter propriedades diferentes, como teor de umidade, cor e solubilidade, e não pode ser considerado produto. Além disso, os depósitos influenciam o volume de secagem e os processos de transferência de calor entre as câmaras e os fluidos móveis (SANTANA et al., 2016).

Santana et al., (2016) ao estudarem a secagem de polpa de juçara utilizando como agente carreado a goma arábica pura e misturada com amido modificado e proteína do soro do leite ou de soja, encontraram melhores rendimentos para mistura de material de parede do que eles isolados, entre 33,88 e 76,55%. Os altos rendimentos de processo foram obtidos usando a mistura com goma arábica, mostrando assim a eficiência desse agente carreador.

A retenção de antocianinas é importante em termos de produção industrial do pigmento dado que o extrato prova ser uma fonte estável de antocianinas. No presente trabalho obteve-se retenção de antocianinas de 63,40%. Resultados semelhantes foram encontrados por Norkaewa et al. (2019) ao avaliarem a retenção de antocianinas de arroz preto encapsuladas com goma arábica relataram valor próximo a 60%.

Em estudo com encapsulação de antocianinas de jabuticaba utilizando diferentes temperaturas (140;160 e 180 ° C) a retenção de antocianinas foi alta nas diferentes condições experimentais 95,32; 100,23 e 83,04% para as respectivas temperaturas (SILVA, et al., 2013). Resultados semelhantes foram encontrados por Tonon et al. (2008), que obtiveram rendimento de antocianinas de aproximadamente 77-86% do suco de açaí submetido a secagem por pulverização. Estes resultados apresentaram-se superiores ao relatado no presente trabalho no

qual pode ter sido influenciado pelas diferentes temperaturas utilizadas pelos autores acima citados.

Resultado da caracterização do extrato não encapsulado e do extrato antociânico encapsulado de resíduo de *Solanum melongena* L.

Os dados sobre concentrações iniciais de fenólicos e atividade antioxidante no extrato livre do resíduo de *Solanum melongena* L. e após a secagem em spray dryer são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Caracterização do extrato não encapsulado e do extrato antociânico encapsulado de resíduo de *Solanum melongena* L.

Análises	Extrato não encapsulado	Extrato encapsulado
Fenólicos totais (mg EAG 100g ⁻¹)	487,50 ^a	460,87 ^a
Atividade antioxidante DPPH (%) aos 60 minutos	91,68 ^a	91,25 ^a

Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

Fenólicos em berinjela foram identificados como os principais compostos bioativos responsáveis por seus efeitos antioxidantes (KAUR et al., 2014). Os fenólicos totais em extrato não encapsulado de *Solanum melongena* L. foram avaliados pelo método de Folin ciocalteau e o resultado apresentado foi de 487,50 mg EAG 100g⁻¹ (Equivalente em ácido gálico) e 460,87 mg EAG 100g⁻¹ (Equivalente em ácido gálico) para o extrato encapsulado, apresentando resultados semelhantes antes e após a secagem. Rezende et al (2018) ao avaliarem o teor de fenólicos no extrato e após a encapsulação do extrato de acerola também encontraram valores similares antes e após a secagem.

O resultado no extrato foi superior aos relatados por Nisha e colaboradores (2009) cujos valores variaram de 49,02 a 106,98 mg GAE/100 g no extrato metanólico em quatro diferentes variedades de berinjela e inferiores ao encontrados por Jung et al. (2011) em extrato etanólico 70% e extrato aquoso 55,19 mg GAE / g e 54,94 mg GAE / g casca de berinjela fresca respectivamente.

As condições ambientais e os fatores fisiológicos podem modificar as

quantidades de fitoquímicos presentes nos vegetais. Os compostos fenólicos da berinjela são significativamente influenciados pelo genótipo, tipo de ambiente e solo e crescimento, bem como pelos sistemas de cultivo e enxerto (NIÑO-MEDIDA et al 2017).

Diferentes sistemas de solventes têm sido utilizados para a extração de polifenóis de material vegetal e há grande variação na composição do extrato em função do sistema solvente utilizado. O teor de fenólicos e a atividade antioxidante de extratos naturais é dependente do solvente usado para extração.

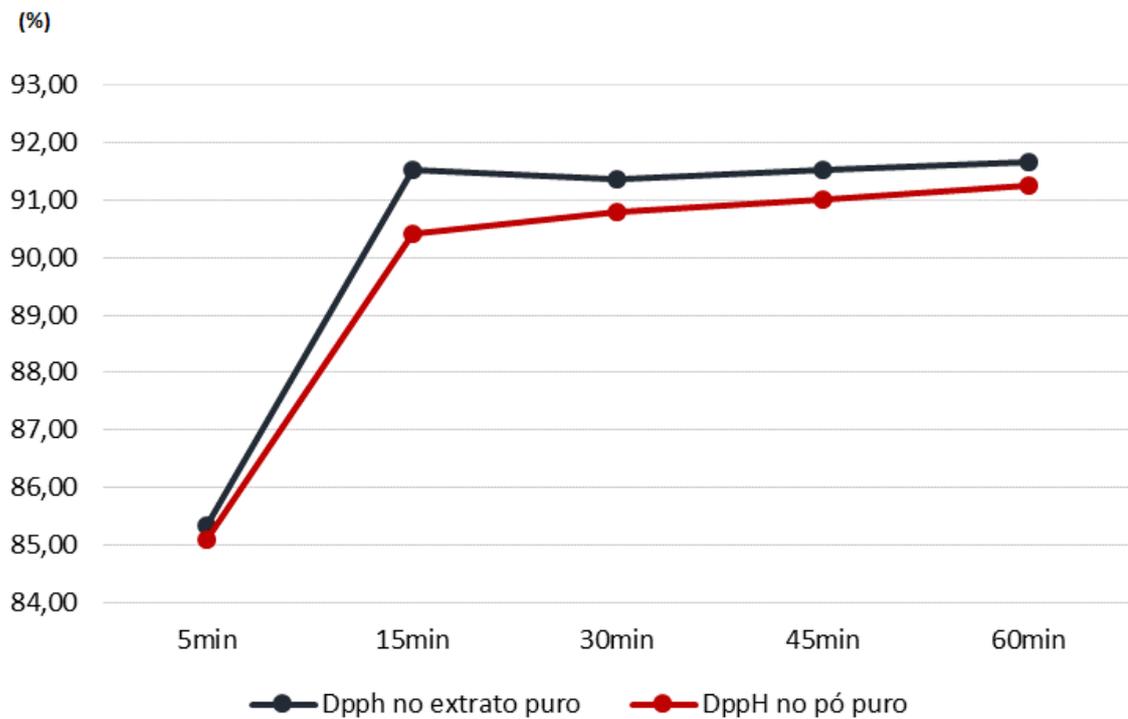
Na análise de variância (Tabela 5) para a variável fenólicos totais, o valor p não foi significativo, portanto, não houve diferença entre o extrato não encapsulado e o encapsulado para os fenólicos.

Tabela 5 - Análise de variância para fenólicos totais no extrato não encapsulado e encapsulado.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	de Quadrado médio	Estatística F	Valor p
Tipo	1	1798,50	1798,51	4,67	0,10
Resíduos	4	1541,70	385,43		
Total	5	3340,20			

O interesse em avaliar a capacidade antioxidante é resultado de vários estudos sobre a importância dos antioxidantes em sistemas biológicos. A capacidade de sequestrar o radical DPPH^{*} do extrato não encapsulado e do encapsulado obtidos de resíduo de *Solanum melongena* L encontra-se apresentada na Figura 2. Variando de 85,10 a 91,68% para o extrato não encapsulado, os maiores valores foram quantificados aos 60 minutos. Mesmo ocorrendo degradação de antocianinas durante a atomização do extrato não ocorreu diminuição da atividade antioxidante.

Figura 2 - Distribuição média de DPPH (%) no extrato não encapsulado e encapsulado no decorrer de 60 minutos.



De acordo com a ANOVA (Tabela 6), o tipo e a interação entre tempo e tipo não foram significativos, ou seja, não houve diferença na variável DPPH entre ser extrato não encapsulado ou encapsulado, e também não houve diferença do tipo de tratamento no decorrer do tempo analisado. A diferença apresentada ocorreu no tempo visto individualmente, ou seja, pelo menos um período de tempo apresentou valores diferente dos demais, os valores sofreram modificações ao longo do tempo.

De acordo com o teste de Tukey, apenas o tempo de 5 minutos diferiu dos demais, os restantes permaneceram com médias iguais estatisticamente.

Tabela 6 - Análise de variância de DPPH (%) no extrato não encapsulado e encapsulado, para os diferentes ensaios avaliados ao longo do tempo.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Estatística F	Valor p
Tipo	1	1,71	1,71	1,92	0,18
Tempo	4	170,18	42,55	47,92	<0,01
Tipo:Tempo	4	0,16	0,04	0,04	1,00
Resíduos	20	17,76	0,89		
Total	29	189,80			

O modelo de captura do radical estável DPPH* é um método amplamente usado para avaliar a atividade antioxidante de compostos naturais em um tempo relativamente curto quando comparado a outros métodos. O efeito antioxidante sobre o radical DPPH* capturado deve-se a sua capacidade de doar hidrogênio para tornar-se molécula estável (OLIVEIRA, 2015).

A utilização do álcool de cereais, considerado um solvente verde é indicada para resíduo de *Solanum melongena* L., visto que os resultados obtidos com a extração foram positivos para antocianinas, fenólicos totais e atividade antioxidante.

Resultados da medição de cor para o extrato encapsulado e para o extrato não encapsulado são mostrados na Tabela 7. Para determinação da cor considerou-se que: os valores de L* expressam a luminosidade ou claridade da amostra e varia de 0 a 100; assim sendo, quanto mais próximo de 100, mais clara é a amostra e quanto mais distante, mais escura. Valores de a* positivos indicam tendência à coloração vermelha e negativos, coloração verde. Valores de b* positivos expressam maior intensidade de amarelo e mais negativos, maior intensidade de azul.

Tabela 7 - Avaliação da cor das antocianinas de resíduos de *Solanum melongena* L na forma de extrato não encapsuladas e encapsuladas.

Cor	Não encapsulado	Encapsulado
L *	25,35 ^a	80,84 ^b
a*	13,88 ^a	13,78 ^a
b*	13,74 ^a	6,08 ^b
c*	17,28 ^a	15,07 ^b
h*	45,76 ^a	23,86 ^b

. L*-Luminosidade; a*- Intensidade de vermelho; b*- intensidade de amarelo; C*- Cromo: h- ângulo de tonalidade. Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

Pode-se observar de acordo com os resultados obtidos que o parâmetro a* apresentou cor avermelhada tanto para o extrato não encapsulado quanto para o encapsulado, mesmo ocorrendo degradação das antocianinas durante o processo de atomização esses valores apresentaram-se semelhantes, não apresentando diferença significativa (Tabela 8).

Tabela 8 - Análise de variância para o parâmetro a* no extrato não encapsulado e encapsulado.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Estatística F	Valor p
Tipo	1	0,01	0,01	0,01	0,94
Resíduos	4	8,43	2,11		
Total	5	8,44			

a*- Intensidade de vermelho.

Na ANOVA (tabela 9), a fonte de variação foi significativa, logo houve diferença significativa entre o extrato não encapsulado e o encapsulado para o parâmetro L* da cor. A diferença entre o parâmetro L* do extrato não encapsulado e do encapsulado é referente a adição do agente encapsulante (cor branca) levando ao aumento do L* no extrato encapsulado. A medição de cor é um importante indicador de qualidade, pois reflete atratividade e qualidade dos pós produzidos durante o processo de secagem (NAWI et al., 2015).

Tabela 9 - Análise de variância para o parâmetro L* no extrato não encapsulado e encapsulado.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	de Quadrado médio	Estatística F	Valor p
Tipo	1	4618,70	4618,70	41995,00	<0,01
Resíduos	4	0,40	0,10		
Total	5	4619,10			

L*-Luminosidade.

6.2 Artigo 2: AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DAS ANTOCIANINAS EM IOGURTE ELABORADO A PARTIR DE CORANTE NATURAL OBTIDO DO RESÍDUO DE *SOLANUM MELONGENA* L.

Caracterização do iogurte natural

Após a preparação do iogurte foi adicionado o corante natural na forma não encapsulada e encapsulada nas concentrações de 1,0; 1,5 e 2 g de antocianinas/100mL de iogurte e realizado o teste de estabilidade durante 30 dias.

A caracterização do iogurte natural elaborado está descrita na tabela 1. O valor médio apresentado para proteínas foi de 3,42 g/100g, para os leites fermentados com agregados, açucarados e/ou saborizados, estes podem apresentar conteúdo de proteínas inferiores a 2,9% (BRASIL, 2000), portanto, os valores médios encontrados são considerados satisfatórios para o produto.

O conteúdo de lipídeos foi de 3,10 g/100g, segundo a resolução nº5 de 13 de novembro de 2000 (BRASIL, 2000), para os teores de lipídeos encontrados, podemos considerá-lo como integral (conteúdo de matéria gorda mínimo de 3,0g/100g.)

Tabela 1 - Composição centesimal e valor calórico total (VCT) do iogurte natural elaborado para incorporação das antocianinas de *Solanum melongena* L.

Parâmetros	Valores médios
Umidade (g/100g)	77,40
Proteínas (g/100g)	3,42
Lipídeos (g/100g)	3,10
Minerais (g/100g)	0,95
Carboidratos (g/100g)	15,13
VCT (Kcal)	123,45

O VCT da formulação demonstrou valor superior ao encontrado em iogurtes tradicionais 70 Kcal (TACO, 2011).

Qualidade físico-química de iogurtes contendo corante natural durante o período de armazenamento

Os resultados para pH após a adição do extrato de antocianinas não encapsuladas no iogurte, exibidos nas Figuras 1 e 2, apresentaram diferenças significativas entre as três formulações, demonstrando a interferência da inclusão do extrato de antociânico no pH dos iogurtes. Em relação ao tempo no extrato não encapsulado foi semelhante 0 dias e 10 dias, também foi semelhante 0 dias e 20 dias, no entanto o tempo 10 dias e 20 dias foram diferentes. No extrato encapsulado todos diferiram em relação ao tempo. Houve diferença entre o extrato não encapsulado e o encapsulado.

Figura 1 - Distribuição média de pH no extrato não encapsulado avaliados nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.

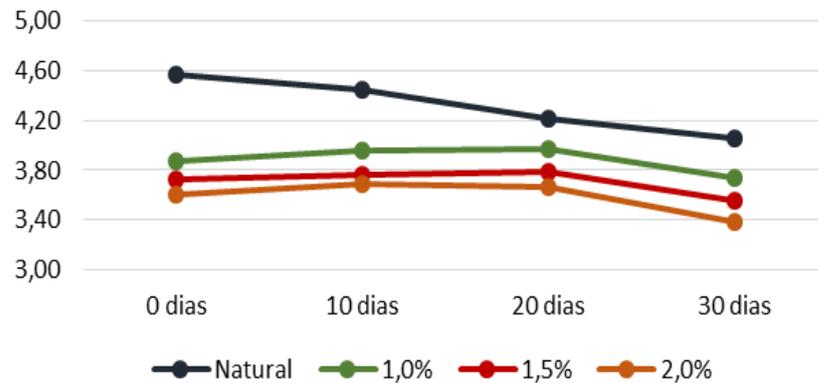
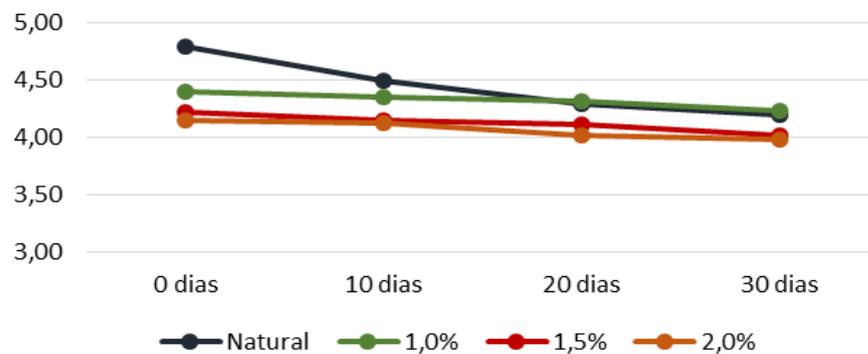


Figura 2 - Distribuição média de pH no extrato encapsulado avaliados nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.



Foi observado que ao adicionar o extrato encapsulado ao iogurte os valores obtidos de pH tiveram menor decréscimo em relação ao iogurte contendo extrato não encapsulado. Isso pode ser decorrente da presença de algum resíduo do solvente extrator no extrato não encapsulado e também pelo fato das antocianinas estarem protegidas pelo material de parede, sendo liberada aos poucos e dessa forma não ocorrendo grande interferência nos iogurtes adicionados de antocianinas encapsuladas.

Alves et al (2013) ao estudarem a estabilidade das antocianinas de casca de jabuticaba adicionadas em iogurte também obtiveram valores de pH decrescente com o aumento da quantidade de extrato, cujos os resultados obtidos foram: para amostras de iogurte sem nenhum extrato, pH 4,55; com extrato a 0,5%, pH 3,98; com 1,0% de extrato, pH 3,28; com extrato a 1,5%, pH 2,95, com 2,0% de extrato, pH 2,30; e com 2,5% de extrato, pH 2,03. Esse fato é decorrente do pH ácido das frutas que interferem no pH final do iogurte. Campos et al. (2017) constataram o decaimento do pH durante os 28 dias de armazenamento do iogurte adicionado de

polpa de açaí e o decréscimo do pH conforme o aumento de polpa. Durante armazenamento as bactérias continuam produzindo ácido láctico, levando ao decaimento do pH, conforme os resultados obtidos.

Vale ressaltar também que com exceção da Formulação 2% adicionado de antocianinas não encapsuladas aos 30 dias de armazenamento, todas as formulações enquadram-se na faixa recomendada pela Instrução Normativa nº 46 de 24 de outubro de 2007 do MAPA, que estabelece o pH ideal para identidade e qualidade do iogurte entre 3,6 e 4,5 (BRASIL, 2007).

O pH é importante, uma vez que o iogurte com baixa acidez ($\text{pH} > 4,6$) favorece a separação do soro, porque o gel não foi suficientemente formado, por outro lado, em $\text{pH} < 4,0$ ocorre a contração do coágulo devido à redução da hidratação das proteínas, ocasionando também o dessoramento do produto (SILVA et al., 2014).

Quanto ao parâmetro de acidez (Tabela 2) para o tempo zero e no iogurte natural a acidez apresentada foi de 1,04% e 0,98%, respectivamente, enquanto que as amostras adicionadas de 1%, 1,5% e 2% do extrato foram respectivamente 1,4; 1,7 e 2,05% (não encapsulado) e 1,18; 1,29 e 1,47% (encapsulado), ocorrendo menor variação da acidez no iogurte adicionado de antocianinas encapsuladas. Foi observado que tanto no tempo zero quanto ao final do período experimental de 30 dias o iogurte natural bem como os iogurtes adicionados de antocianinas encapsuladas enquadraram-se nos requisitos físico-químicos exigidos pela legislação, que estabelece a acidez ideal em ácido láctico para iogurte de 0,6% a 1,5%. Já amostras adicionadas do extrato, apenas a formulação com 1% do extrato no tempo zero até 20 dias de armazenamento encontram-se de acordo com o estabelecido pela legislação brasileira em vigor (BRASIL, 2007).

Tabela 2 - Acidez do iogurte adicionado de antocianinas de resíduos de *Solanum melongena* L. na forma de extrato não encapsulado e encapsulados.

Tipo	Ensaio	Tempo			
		0 dias	10 dias	20 dias	30 dias
Não encapsulado	Natural	1,04 a	1,04 a	1,10 a	1,11 a
	1,0%	1,49 a	1,54 ab	1,52 a	1,61 b
	1,5%	1,70 a	1,79 b	1,84 b	1,82 b
	2,0%	2,05 a	2,06 a	2,05 a	2,05 a
Encapsulado	Natural	0,98 a	0,99 a	1,03 a	1,07 a
	1,0%	1,18 a	1,19 a	1,41 b	1,21 a
	1,5%	1,29 a	1,28 a	1,30 a	1,33 a
	2,0%	1,47 a	1,48 a	1,48 a	1,49 a

* Formulação 1%- Adição de 1% do extrato ** Formulação 1,5%- Adição de 1,5% do extrato
 ***Formulação 2%- Adição de 2% do extrato. Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

Os resultados de acidez titulável para todos os iogurtes aumentaram à medida que o teor de extrato aumentou, assim como durante o período de armazenamento. Estes resultados concordam com Campos et al. (2017), que estudaram diferentes porcentagens de polpa de açaí em produtos fermentados e encontraram acidez titulável crescente à medida que aumentaram o teor de polpa e durante os 28 dias de estocagem.

A ANOVA (tabela .3) indicou que houve diferença somente entre o extrato encapsulado e o não encapsulado, e entre pelo menos um ensaio, para o tempo e para interação entre o tipo e o ensaio. Não houve diferença na interação entre o tipo e tempo, tempo e ensaio, e nem a interação entre os três: tipo x ensaio x tempo.

Tabela 3 - Análise de variância de acidez no iogurte no tipo extrato não encapsulado e encapsulado, para os diferentes ensaios avaliados ao longo do tempo.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Estatística F	Valor p
Tipo	1	2,96	2,96	610,13	<0,01
Ensaio	3	6,59	2,20	452,52	<0,01
Tempo	3	0,07	0,02	4,75	<0,01
Tipo:Ensaio	3	0,95	0,32	65,08	<0,01
Tipo:Tempo	3	0,01	0,00	0,70	0,56
Ensaio:Tempo	9	0,04	0,00	0,84	0,59
Tipo:Ensaio:Tempo	9	0,08	0,01	1,82	0,08
Resíduos	64	0,31	0,00		
Total	95	11,00			

De acordo com o teste de Tukey (Tabela 4), houve diferença entre o extrato encapsulado e o extrato não encapsulado. Além disso, todos os ensaios foram diferentes. Os tempos 0 e 10 foram iguais, e os tempos 10, 20 e 30 dias foram iguais, porém os tempos 20 e 30 foram diferentes do tempo 0. Considerando somente a acidez no extrato não encapsulado, todos os ensaios foram diferentes e os tempos foram iguais em 0 e 10, e os tempo 10, 20 e 30 foram iguais. Para o extrato encapsulado, os ensaios 1,0% e 1,5% foram iguais, e todos os tempos foram iguais.

Tabela 4 - Distribuição média de acidez medidas individualmente e considerando o extrato não encapsulado e encapsulado.

Variáveis	Acidez		Acidez no Extrato não encapsulado	Acidez no Extrato encapsulado
	Não encapsulado	Encapsulado		
Tipo	Não encapsulado	1,26 a		
	Encapsulado	1,61 b		
Ensaio	Natural	1,05 d	1,07 d	1,02 c
	1,0%	1,39 c	1,54 c	1,25 b
	1,5%	1,54 b	1,79 b	1,30 b
	2,0%	1,77 a	2,05 a	1,48 a
	0	1,40 b	1,57 b	1,23 a
Tempo	10	1,42 ab	1,61 ab	1,24 a
	20	1,47 a	1,63 a	1,31 a
	30	1,46 a	1,64 a	1,28 a

Estabilidade das antocianinas adicionadas ao iogurte

Os valores médios obtidos para antocianinas encontram-se na tabela 5. Ocorreu o decaimento das antocianinas durante o período de estocagem. A estabilidade de compostos como as antocianinas pode ser afetada pela presença de oxigênio, luz e pH e, conseqüentemente, elas podem ser degradadas, nas condições de processamento e armazenamento dos alimentos (PIRES et al., 2018). Aos 30 dias de experimento não foi identificado mais teor de antocianinas no extrato livre.

Wallace e Giusti (2008) também observaram o decaimento no teor de antocianinas em *Berberis boliviana* L. adicionadas ao iogurte e armazenadas durante oito semanas. Ścibisz et al. (2012) relatou que os microrganismos utilizados na produção de alimentos pode gerar enzimas causando hidrólise de antocianina em aglicona menos estável.

Tabela 5 - Antocianinas de resíduos de *Solanum melongena* L. adicionadas em iogurte na forma de extrato não encapsulado e encapsulados.

Tipo	Ensaio	Tempo			
		0 dias	10 dias	20 dias	30 dias
Não encapsulados	1,0%	7,51 a	3,87 b	2,36 c	0,00 d
	1,5%	7,57 a	4,93 b	2,59 c	0,00 d
	2,0%	8,01 a	4,72 b	3,47 c	0,00 d
Encapsulados	1,0%	18,00 a	17,81 a	17,81 a	17,79 a
	1,5%	19,37 a	19,00 ab	17,37 ab	17,22 b
	2,0%	21,37 a	21,59 a	20,93 a	19,15 b
iogurte Natural	-	-	-	-	-

Antocianinas totais (mg 100g¹ de iogurte) * Formulação 1%- Adição de 1% do extrato ** Formulação 1,5%- Adição de 1,5%do extrato ***Formulação 2%- Adição de 2% do extrato. Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (p > 0,05).

Aos 20 dias de armazenamento foi obtido no presente estudo a degradação entre 56,68-68,85% de antocianinas não encapsuladas adicionadas no iogurte. Esses resultados corroboram os encontrados por Scibisz et al (2019), em estudo da estabilidade de antocianinas em iogurte adicionados de morango e cereja, onde relataram que as perdas de antocianinas em comparação com o iogurte recém

produzido foram de cerca de 11-43% após 2 semanas e 19-63% após 8 semanas de armazenamento. Da mesma forma Campus et al (2017) ao avaliarem a estabilidade das antocianinas de polpa de açaí adicionados ao iogurte (IA) e ao leite fermentado (LFA), verificaram a perda de antocianinas em LFA (50,4%) e IA (40,6%) quando considerando o período de armazenamento de 28 dias. Os autores justificaram que essas reduções nos teores de antocianinas podem estar relacionados à incorporação de oxigênio durante o processamento e adição de polpa ou à tendência destes compostos para estabilizar espécies reativas de oxigênio (CAMPUS et al, 2017).

Foi observado que as antocianinas encapsuladas adicionadas ao iogurte se mantiveram estáveis durante o período de armazenamento para todos os ensaios. Cujos valores variam de 18,00 a 21,37 mg 100g¹ de iogurte para iogurte adicionado de 1% e 2% de antocianinas respectivamente (tempo zero) e 17,22 a 19,15 mg 100g¹ de iogurte para iogurte adicionado de 1,5% e 2% antocianinas respectivamente (30 dias de experimento).

Pieczykolan e Kurek, 2019 ao avaliarem a estabilidade por 7 dias das antocianinas de chokeberry microencapsuladas com uma mistura de maltodextrina e goma arábica relataram 20% de degradação das antocianinas, valor superior ao desse estudo que apresentou degradação de 11,1% para o iogurte adicionado de 1,5% de antocianinas.

Segundo Wallace (2010) as antocianinas são pigmentos muito instáveis que podem sofrer degradação com alterações no pH. O valor do pH do iogurte pode ter contribuído para a degradação das antocianinas. Segundo Cabrita, Fossen e Andersen (2000) em valores de pH de 1,0 até próximos a 3,0, as antocianinas apresentam coloração rosa a vermelha intensa, típica do cátion flavilium, que é a forma mais estável das antocianinas.

Verificou-se que o teor de antocianinas no iogurte foi diferente dos níveis encontrado no extrato, mostrando uma redução significativa do teor no iogurte adicionado do extrato não encapsulado durante o armazenamento enquanto que no encapsulado se manteve constante, provando dessa forma que a utilização da secagem das antocianinas por spray dryer é viável, podendo ser testada industrialmente.

A análise de variância (tabela 6) indicou que o modelo foi significativo para

todos os casos, ou seja, houve diferença entre o extrato encapsulado e o extrato não encapsulado analisados individualmente, em pelo menos um tipo de ensaio avaliado individualmente, e em pelo menos um tempo avaliado individualmente; o teste também informa que houve diferença entre a interação do extrato não encapsulado e do encapsulado com os ensaios, do tempo com o ensaio, e da interação dos três pó e o extrato livre, nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.

Tabela 6 - Análise de variância Antocianinas de resíduos de *Solanum melongena* L. adicionadas em iogurte na forma de extrato não encapsulado e encapsulados.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Estatística F	Valor p
Tipo	1	3118,70	3118,70	6304,74	<0,01
Ensaio	3	2361,25	787,08	1591,16	<0,01
Tempo	3	153,91	51,30	103,72	<0,01
Tipo:Ensaio	3	1060,12	353,37	714,37	<0,01
Tipo:Tempo	3	66,39	22,13	44,74	<0,01
Ensaio:Tempo	9	59,12	6,57	13,28	<0,01
Tipo:Ensaio:Tempo	9	24,79	2,75	5,57	<0,01
Resíduos	64	31,66	0,49		
Total	95	6875,94			

Em geral, o extrato encapsulado teve valores maiores de antocianinas do que o extrato não encapsulado, e o ensaio com 2,0% teve a maior taxa de antocianinas. Apesar disso, a média não diferiu estatisticamente dos demais. O teste de Tukey (Tabela 7) indicou que houve diferença entre o extrato não encapsulado e o encapsulado. Indicou que os ensaios com 1,0% e 1,5% são iguais, no entanto diferem significativamente do ensaio com 2,0%; e o tempo todos foram estatisticamente diferentes.

Considerando a quantidade de antocianinas no extrato não encapsulado, a quantidade vai aumentando e apresenta a maior quantidade no ensaio com 2,0%, o tempo se comporta de forma oposta, a quantidade vai reduzindo ao longo dos dias. O teste de Tukey indicou para as antocianinas no extrato, o ensaio com 1,0% e 1,5% são iguais, e o 1,5% e 2,0% são iguais; em relação ao tempo todos são diferentes estatisticamente.

Para as antocianinas no extrato encapsulado, o valor aumenta no decorrer dos ensaios, o ensaio com 1,0% e 1,5% são iguais estatisticamente e os demais

diferentes E o tempo apresentou semelhança no tempo 0, 10 e 20, e o tempo 30 assemelhou somente com o tempo 20.

Tabela 7 - Distribuição média de antocianinas medidas individualmente e considerando o extrato não encapsulado e encapsulado.

Variáveis		Antocianinas		
Tipo	Encapsulada	14,21 a	Antocianinas não encapsuladas	Antocianinas encapsuladas
	Não encapsulada	2,81 b		
Ensaio	Natural	0,00 c	0,00 c	0,00 c
	1,0%	10,65 b	3,44 b	17,86 b
	1,5%	11,00 b	3,77 ab	18,24 b
	2,0%	12,41 a	4,05 a	20,76 a
Tempo	0	10,23 a	5,77 a	14,69 a
	10	8,99 b	3,38 b	14,60 a
	20	8,07 c	2,10 c	14,03 ab
	30	6,77 d	0,00 d	13,54 b

Analise colorimétrica

Os valores médios de L*, a* e b*, obtidos das análises colorimétricas de iogurte adicionado de antocianinas não encapsuladas e encapsuladas de resíduos de *Solanum melongena* L., mantidos na ausência de luz, à temperatura de 4°C durante um período de trinta dias estão apresentados abaixo.

Onde o eixo L* expressa a luminosidade, que varia do preto (0) ao branco (100); o eixo a*, varia do verde (-a) ao vermelho (+a) e o eixo b*, do azul (-b) ao amarelo (+b).

Parâmetro L*

Ocorreu aumento da luminosidade durante os 30 dias de armazenamento tanto para o iogurte adicionado do extrato não encapsulado como do iogurte adicionado do extrato encapsulado. Observando maior aumento do não encapsulado.

O teste de Tukey (Tabela 8) mostrou que houve diferença entre extrato encapsulado e o não encapsulado. O ensaio com 1,0% e 1,5% foram iguais e o mesmo ocorreu com o ensaio com 1,5% e 2,0%. Enquanto os demais diferiram. Avaliando o tempo, temos que os tempos 0 e 10 foram iguais e os tempos 20 e 30 foram iguais somente entre eles. Considerando somente o extrato, o ensaio 1,0%, 1,5% e 2,0% foram, os tempos 0 e 10 foram iguais e assim como os tempos 20 e 30 dias. Para o extrato encapsulado, os ensaios natural e 1,0% foram iguais, bem como os ensaios 1,5% e 2,0%. Os tempos obtiveram as mesmas conclusões, ou seja, 0 e 10; 10 e 20; e 20 e 30 foram todos iguais.

Tabela 8 - Distribuição média de cor do parâmetro L* medidos individualmente e considerando o extrato não encapsulado e encapsulado.

Variáveis		Parâmetro L*		
Tipo	Encapsulado	85,38 a	Parâmetro L* no Extrato não encapsulado	Parâmetro L* no Extrato encapsulado
	Não encapsulado	83,30 b		
Ensaio	Natural	85,70 a	84,66 a	86,73 a
	1,0%	84,56 b	82,94 b	86,18 a
	1,5%	83,91 bc	83,29 b	84,54 b
	2,0%	83,19 c	82,30 b	84,08 b
Tempo	0	83,06 b	82,01 b	84,12 c
	10	83,74 b	82,55 b	84,93 bc
	20	84,98 a	83,90 a	86,06 ab
	30	85,57 a	84,72 a	86,42 a

* Formulação 1%- Adição de 1% do extrato ** Formulação 1,5%- Adição de 1,5% do extrato ***Formulação 2%- Adição de 2% do extrato. L*-Luminosidade. Valores na mesma coluna seguidos da letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Considerando os dias 0 e 30 da avaliação do níveis médios de extrato nas três formulações houve aumento em L *, mostrando descoloração, que é relacionado à redução do teor de antocianinas.

Parâmetro a*

Através dos resultados da leitura da cor, nota-se no eixo a* que houve variação significativa durante a vida útil dos iogurtes. O teste de Tukey (Tabela 9) mostrou que o extrato encapsulado e o extrato não encapsulado diferiram, os ensaios foram todos diferentes, os tempos 0 e 20 dias foram iguais. Considerando o extrato não encapsulado, todos os ensaios e tempos foram diferentes. E para o encapsulado, os ensaios 1,0% e 1,5% são iguais, e os tempos 20 e 30 também.

Tabela 9 - Distribuição média de cor do parâmetro a* medidos individualmente e considerando o extrato não encapsulado e encapsulado.

Variáveis		Parâmetro a*	Parâmetro a* no Extrato não encapsulado	Parâmetro a* no Extrato encapsulado
Tipo	Encapsulado	-6,41 a		
	Não encapsulado	-2,90 b		
Ensaio	Natural	-5,40 d	-3,79 d	-7,02 c
	1,0%	-4,74 c	-3,09 c	-6,40 b
	1,5%	-4,47 b	-2,56 b	-6,39 b
	2,0%	-4,01 a	-2,19 a	-5,83 a
Tempo	0	-4,16 b	-1,68 b	-6,64 c
	10	-3,96 a	-1,43 a	-6,50 b
	20	-4,11 b	-2,01 c	-6,21 a
	30	-6,40 c	-6,50 d	-6,30 a

* Formulação 1%- Adição de 1% do extrato ** Formulação 1,5%- Adição de 1,5% do extrato
 ***Formulação 2%- Adição de 2% do extrato. a*- intensidade de vermelho. Valores na mesma coluna seguidos da letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Parâmetro b*

Quanto à cromaticidade b*, houve um aumento desta variável para o amarelo. O teste de Tukey (tabela 10) indicou que o extrato encapsulado e extrato não encapsulado são diferentes, e todos os tempos também foram diferentes significativamente.

De forma geral, todos os ensaios são iguais e todos os tempos são diferentes. Para o extrato, todos os ensaios são iguais, e os tempos 0 e 10 percebe-se o

mesmo. Para o extrato encapsulado, todos os ensaios foram iguais; e os tempos 0 e 10 e 20 e 30, também.

Tabela 10 - Distribuição média de cor do parâmetro b* medidos individualmente e considerando o extrato não encapsulado e encapsulado.

Variáveis	Parâmetro		
	b*	Parâmetro b* no Extrato não encapsulado	Parâmetro b* no Extrato encapsulado
Tipo	Encapsulado	10,65	
	Não encapsulado	8,30	
Ensaio	Natural	9,55 a	7,95 a
	1,0%	9,42 a	7,84 a
	1,5%	9,54 a	9,01 a
	2,0%	9,38 a	8,40 a
Tempo	0	7,33 d	5,50 c
	10	8,18 c	6,40 c
	20	10,39 b	9,11 b
	30	11,99 a	12,19 a

* Formulação 1%- Adição de 1% do extrato ** Formulação 1,5%- Adição de 1,5% do extrato ***Formulação 2%- Adição de 2% do extrato. b*- Intensidade de amarelo. Valores na mesma coluna seguidos da letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Estes resultados são consistentes com estudos de Ścibisz et al (2012) em iogurtes probióticos de mirtilo, uma vez que relataram aumento no parâmetro L* e aumento no parâmetro b* durante o armazenamento de iogurte para o possível conversão de cátion flavílio (colorido) em formas incolores ou amareladas.

Os gráficos (3 e 4) representam o comportamento de C* e o (5 e 6) o comportamento de h* nos ensaios no decorrer do tempo em relação ao extrato não encapsulado e ao encapsulado.

Figura 3 - Distribuição média de C* da cor no extrato não encapsulado avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.

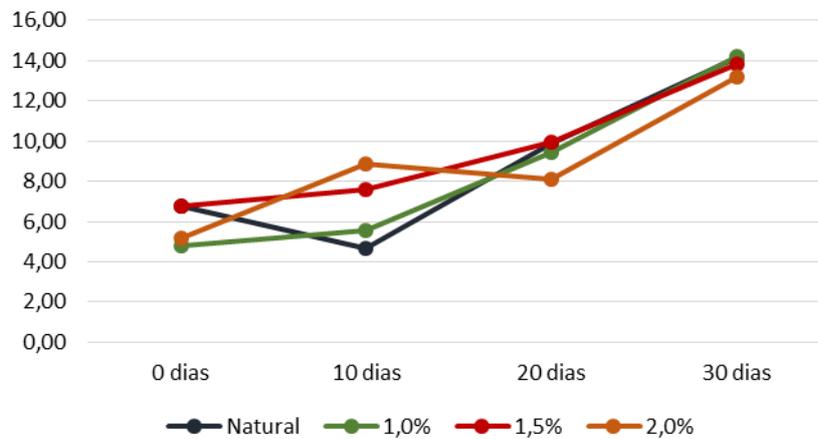


Figura 4 - Distribuição média de C* da cor no extrato encapsulado avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.

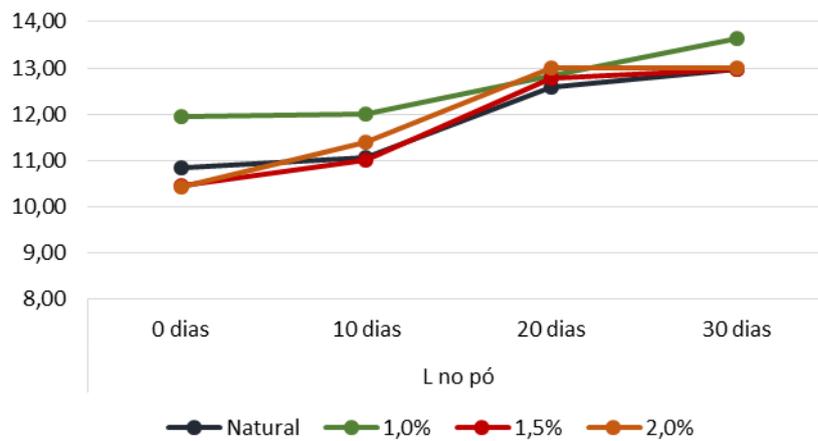


Figura 5 - Distribuição média de h^* da cor no extrato não encapsulado avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.

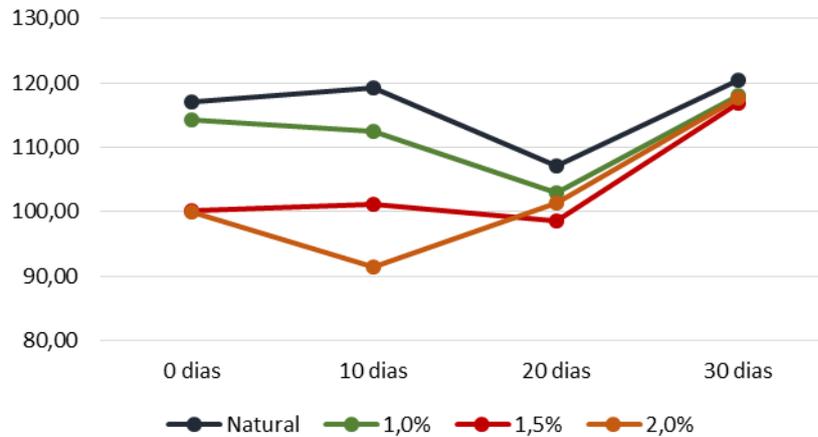
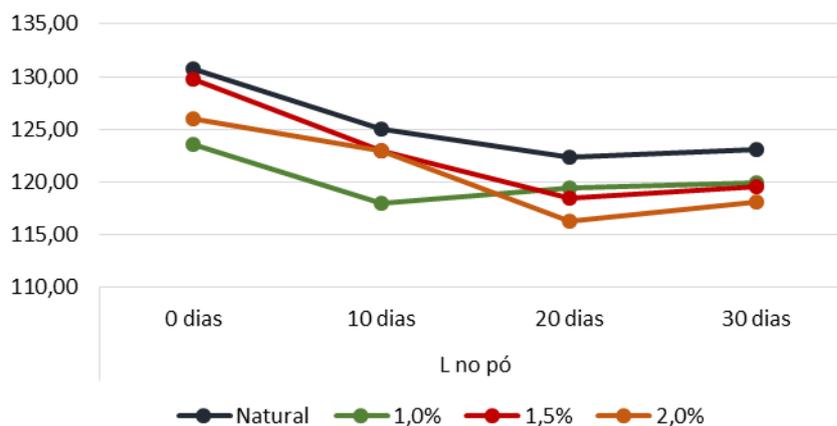


Figura 6 - Distribuição média da componente h^* da cor no extrato encapsulado avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.



A atividade antioxidante (tabela 11) diminuiu durante os 30 dias de armazenamento, tendo maior atividade antioxidante a amostra encapsulada (2%) no tempo zero (68,93%) e a menor atividade antioxidante o iogurte natural aos 30 dias de estocagem. Verificou-se um aumento da atividade antioxidante ao comparar o extrato de antocianinas encapsulado e não encapsulado, podendo relacionar à proteção das antocianinas pelo agente encapsulante.

Tabela 11 - Capacidade de sequestro (%) do radical DPPH* em iogurte adicionado de extrato de antocianinas de resíduos de *Solanum melongena* L. na forma de extrato não encapsulado e encapsuladas.

Tipo	Ensaio	Tempo			
		0 dias	10 dias	20 dias	30 dias
Não Encapsulado	Natural	24,76 a	24,77 a	22,72 ab	19,75 b
	1,0%	35,70 a	33,55 a	28,22 b	22,48 c
	1,5%	49,78 a	39,00 b	38,39 b	29,05 c
	2,0%	51,27 a	43,07 b	42,27 b	34,85 c
Encapsulado	Natural	24,77 a	24,77 a	22,73 a	19,75 b
	1,0%	53,56 a	51,90 a	48,90 b	44,16 c
	1,5%	64,64 a	61,04 b	52,93 c	47,56 d
	2,0%	68,93 a	55,25 b	51,47 c	50,00 c

* Formulação 1%- Adição de 1% do extrato ** Formulação 1,5%- Adição de 1,5% do extrato
 ***Formulação 2%- Adição de 2% do extrato. Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

De maneira geral, percebeu-se que a concentração de antocianinas é diretamente proporcional a atividade antioxidante do iogurte envolvido, isto é, quanto maior a quantidade do extrato antociânico, maior a ação antioxidante.

Bernstein e Noreña (2015) relataram que a atividade antioxidante do extrato de repolho vermelho em água acidificada foi de aproximadamente 34,6% e, nos produtos desidratados, diminuiu para um nível entre 14 e 22,5%, constatando que essa diminuição foi consequência de altas temperaturas do ar na saída do atomizador, o que provocou uma degradação dos compostos responsáveis pela atividade antioxidante. Tanongkankit et al. (2015) descobriram que a atividade antioxidante total, medida pela eliminação do radical DPPH, diminuiu continuamente durante a secagem. Porém no trabalho apresentado não foi encontrado essa relação.

A ANOVA (Tabela 12) mostra que todos os testes foram significativos, exceto a interação entre o tipo (extrato não encapsulado e encapsulado) com o tempo, ou seja, todos apresentaram diferença, menos a interação entre o tipo no decorrer do tempo que permaneceu ser semelhante.

Tabela 12 - Análise de variância de DPPH (%) no iogurte no tipo extrato não encapsulado e encapsulado, para os diferentes ensaios avaliados ao longo do tempo.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Estatística F	Valor p
Tipo	1	3851,90	3851,90	1098,84	<0,01
Ensaio	3	10623,80	3541,30	1010,21	<0,01
Tempo	3	2222,70	740,90	211,35	<0,01
Tipo:Ensaio	3	1397,70	465,90	132,90	<0,01
Tipo:Tempo	3	24,20	8,10	2,30	0,09
Ensaio:Tempo	9	476,30	52,90	15,10	<0,01
Tipo:Ensaio:Tempo	9	107,60	12,00	3,41	<0,01
Resíduos	64	224,30	3,50		
Total	95	18928,50			

Os valores de DPPH foram mais altos para o extrato não capsulado, no ensaio com 2,0% e no tempo inicial. Considerando o ensaio, o DPPH aumenta à medida que aumenta o percentual do ensaio, e no decorrer dos dias essa variável vai reduzindo a quantidade de DPPH. O teste de Tukey (Tabela 13) mostra que o extrato encapsulado e o extrato não encapsulado diferiram significativamente; os ensaios apresentaram médias diferentes, e todos os tempos também foram diferentes.

Considerando o DPPH no extrato não encapsulado, o teste de Tukey indicou que todos os ensaios foram diferentes, e o tempo 10 e 20 foram semelhantes, os demais diferentes. E para o extrato encapsulado, os ensaios com 1,5% e 2,0% foram semelhantes, porém diferiu dos demais; e todos os tempos foram diferentes.

Tabela 13 - Distribuição média de DPPH (%) medidas individualmente e considerando o extrato não encapsulado e encapsulado.

Variáveis		DPPH (%)	DPPH (%) no Extrato não encapsulado	DPPH (%) no Extrato encapsulado
Tipo	Encapsulado	46,40 a		
	Não encapsulado	33,73 b		
Ensaio	Natural	23,00 d	23,00 d	23,01 c
	1,0%	39,81 c	29,99 c	49,63 b
	1,5%	47,80 b	39,06 b	56,54 a
	2,0%	49,64 a	42,87 a	56,41 a
Tempo	0	46,68 a	40,38 a	52,97 a
	10	41,67 b	35,10 b	48,24 b
	20	38,46 c	32,90 b	44,01 c
	30	33,45 d	26,53 c	40,37 d

* Formulação 1%- Adição de 1% do extrato ** Formulação 1,5%- Adição de 1,5% do extrato
 ***Formulação 2%- Adição de 2% do extrato. Médias nas colunas seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

A quantidade de compostos fenólicos presentes nos iogurtes adicionados de antocianinas não encapsuladas variaram entre 155,01 e 239,91 mg EAG 100g⁻¹ de iogurte enquanto que nos iogurtes adicionados de antocianinas encapsuladas variaram de 225,17 e 292,00 mg EAG 100g⁻¹ de iogurte (Tabela 14). Foi verificado que os teores de fenólicos no extrato encapsulado apresentaram maior quantidade que no extrato não encapsulado, porém isso também está relacionado ao fato de que estão mais concentrados. Kaur; Kapoor (2002) consideram vegetais com elevado teor de fenólicos aqueles que apresentaram valores acima de 200mg de catecol 100g¹. Desta forma, os iogurtes adicionados de antocianinas encapsuladas de *resíduos* de *Solanum melongena L.* podem ser considerados ricos nestes fitoquímicos.

Tabela 14 - Teores de fenólicos totais em extratos obtidos do iogurte adicionado de de resíduos de *Solanum melongena* L.

Tipo	Ensaio	Tempo			
		0 dias	10 dias	20 dias	30 dias
Extrato não encapsulado	Natural	187,14 a	172,68 a	161,48 a	120,33 b
	1,0%	207,52 a	203,26 a	177,29 a	106,01 b
	1,5%	235,60 a	203,14 ab	177,38 b	172,46 b
	2,0%	239,90 a	209,00 ab	184,57 b	172,32 b
Extrato Encapsulado	Natural	255,00 a	250,67 a	232,41 ab	214,08 b
	1,0%	270,02 a	263,34 a	238,40 b	225,17 b
	1,5%	286,97 a	283,40 a	271,55 a	269,09 a
	2,0%	291,98 a	286,41 a	285,20 a	281,97 a

* GAE: equivalente em ácido gálico ** Formulação 1%- Adição de 1% do extrato*** Formulação 1,5%- Adição de 1,5% do extrato ****Formulação 2%- Adição de 2% do extrato. Valores na mesma linha seguidos da letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Leite et al. (2018) ao estudarem iogurte adicionados de polpa de juçara, observaram que o conteúdo fenólico total e a atividade antioxidante foram maiores no iogurte com maior quantidade de polpa. Assim como nesse estudo que os maiores valores foram observados com adição de 2% do extrato, relacionando assim a contribuição do fruto para o maior aporte de fenólicos.

Nisha et al (2009) ao quantificarem o teor de fenólicos totais em berinjela encontraram o teor valores entre 49,02 e 106,98 91 mg EAG 100g⁻¹. Valores inferiores ao encontrado nesse trabalho tanto para os iogurtes adicionados de extrato do resíduo de *Solanum melongena* L. quanto para os iogurtes adicionados do extrato encapsulado.

Robert et al (2010) em estudo com encapsulamento de polifenóis e antocianinas de romã por secagem por atomização observaram que quando as microcápsulas foram adicionadas ao iogurte, a estabilidade dos compostos bioativos seguiu um comportamento semelhante àqueles sem encapsulamento. Já no presente estudo esse comportamento foi diferente, obtendo melhores teores de fenólicos para os iogurtes adicionados das microcápsulas.

O fenólico no extrato encapsulado teve maior concentração do que no extrato não encapsulado e à medida que aumenta o percentual do ensaio, também

aumentou a quantidade de fenólicos. Com o tempo acontece o oposto, à medida que passa os dias, a quantidade de fenólicos diminui.

O teste de Tukey (Tabela 15) mostra que o extrato encapsulado foi diferente do extrato não encapsulado; o ensaio para iogurte natural e com 1,0% foram iguais, e com 1,5% e 2,0% foram iguais; já o tempo, o tempo 0 e 10 foram iguais.

Para o fenólico no extrato não encapsulado, os ensaios com 1,5% e 2,0% foram iguais, e o 1,5% foi semelhante ao de 1,0%, e o de 1,0% foi semelhante ao natural. E o tempo 0 e 10 apresentaram semelhança, e o tempo, 10 e 20 também. Para o encapsulado, os ensaios com 1,5% e 2,0% foram iguais, natural e 1,0% também; para o tempo, os tempos 0 e 10 foram iguais, 0 tempo 10 e 20, e 20 e 30 foram iguais.

Tabela 15 - Distribuição média de fenólicos medidos individualmente e considerando o extrato não encapsulado e encapsulado.

Variáveis		Fenólicos	Fenólicos no Extrato não encapsulado	Fenólicos no Extrato encapsulado
Tipo	Encapsulado	262,85 a		
	Não encapsulado	183,13 b		
Ensaio	Natural	199,22 b	160,40 c	238,04 b
	1,0%	211,38 b	173,52 bc	249,23 b
	1,5%	237,45 a	197,15 ab	277,75 a
	2,0%	243,92 a	201,45 a	286,39 a
Tempo	0	246,77 a	217,54 a	275,99 a
	10	233,99 a	197,02 ab	270,95 ab
	20	216,04 c	175,18 b	256,89 bc
	30	195,18 d	142,78 c	247,58 c

** Formulação 1%- Adição de 1% do extrato *** Formulação 1,5%- Adição de 1,5% do extrato ****Formulação 2%- Adição de 2% do extrato. Valores na mesma coluna seguidos da letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Cinética de degradação

A Tabela 16 mostra o comportamento dos extratos armazenados ao longo do tempo. Foi determinada a velocidade de degradação e a partir dos valores obtidos de K, foram calculados os valores do tempo de meia vida ($t_{1/2}$), sendo usado como parâmetro para estimar a estabilidade.

Tabela 16 - Valores das constantes de degradação, do tempo de meia vida e retenção de cor em extratos obtidos do iogurte adicionado de resíduos de *Solanum melongena* L.

logurtes*	Constante de degradação	Tempo de meia vida ($t_{1/2}$) horas	Retenção de cor (%)
Não encapsulado 1%	K= 0,0583	285,34	31,02
Não encapsulado 1,5%	K= 0,0536	310,32	32,10
Não encapsulado 2%	K=0,0418	397,92	43,32
Encapsulado 1%	K= 0,0003	55.451,76	98,83
Encapsulado 1,5%	K= 0,0039	4.265,52	88,90
Encapsulado 2%	K=0,0037	4.496,16	89,61

logurtes* adicionados de antocianinas de resíduo de resíduo de *Solanum melongena* L. na forma de extrato não encapsulado e encapsulado.

Como os cálculos da meia-vida e da retenção de cor dependem das mesmas variáveis (absorbância inicial e absorção final), era esperado que a meia-vida se comportasse de maneira semelhante à retenção de cor. A meia-vida das amostras de iogurte adicionados de 1,5% e 2% do extrato antocianinas encapsuladas, foi de uma média de 4.265,52 e 4.496,16 (178 e 187 dias respectivamente). Este valor é relativamente alto porque o prazo de validade do iogurte é de 45 dias. A maior retenção de cor assim como o maior tempo de meia vida (2.310 dias) foi obtido para o iogurte adicionado de 1% de antocianina encapsulada.

Semelhante à retenção de cor das amostras de iogurte, a meia-vida aumentou com o aumento das concentrações de extrato não encapsulado observando o mesmo comportamento para o extrato encapsulado, com exceção do iogurte adicionado de 1% de antocianinas encapsuladas.

O tempo de meia-vida para as antocianinas na forma de extrato não encapsulado foi inferior aos relatado por Scibisz et al (2019) para pigmentos de morango em amostras de iogurte (5,5 semanas) enquanto que no presente estudo foi em média 2 semanas.

7 CONCLUSÕES

A extração de antocianinas do resíduo de *Solanum melongena* L utilizando álcool de cereais é viável e pode ser testado industrialmente, além de ser um solvente verde.

A secagem utilizando a temperatura de 150° C foi a mais indicada para retenção das antocianinas, mediante aplicação do planejamento experimental.

O encapsulamento das antocianinas é indicado visto que se mantiveram estáveis durante o período do armazenamento do iogurte.

As respostas obtidas na estabilidade do iogurte foram superiores no iogurte incorporado de antocianina encapsuladas. Todas as formulações do extrato não encapsulado, apresentaram índice de degradação das antocianinas significativo durante o período de armazenamento, apresentado também perda da ação antioxidante.

As antocianinas de resíduo de *Solanum melongena* L. podem ser utilizadas como corante natural com ação antioxidante em alimentos, pois mesmo tendo degradação da ação antioxidante durante o armazenamento quando comparado com o iogurte não adicionado de corante foi verificado um aumento da atividade antioxidante.

Mesmo contendo menor teor de antocianinas, em relação a outras fontes, dentro do contexto de agregação funcional o resíduo de *Solanum melongena* L. pode ser utilizado como fonte potencial de antocianinas.

REFERÊNCIAS

- ABBEY, J.; FIELDS, B.; O'MULLANE, M. Food Additives: Colorants. **Encyclopedia of Food Safety**, v. 2, p. 459-465, 2014.
- ÁLVAREZ-HELENAO, M. V.; SAAVEDRA N.; MEDINA, S.; CARTAGENA, C. J.; ALZATE, L. M.; LONDOÑO-ONDOÑO, J. Microencapsulation of lutein by spray-drying: Characterization and stability analyses to promoter its use as a functional ingredient. **Food Chemistry**, v.256, p.181-187, 2018.
- ALVES, A. P. C.; CORREA, A. D.; PINHEIRO, A. C. M.; OLIVEIRA, F. C. Flour and anthocyanin extracts of jaboticaba skins used as a natural dye in yogurts. **International Journal of Food Science & Technology**, v.48, p.2007-2013, 2013.
- AMCHOVA, P.; KOTOLOVA, H.; RUDA-KUCEROVA, J. Health safety issues of synthetic food colorants. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 73, p. 914-922, 2015.
- AOAC INTERNATIONAL. **Official Methods of Analysis of AOAC International**, 18th ed., Gaithersburg: AOAC International, 2005.
- AZUMA, K.; IPPOUSHI, K.; OHYAMA, A. ; TAKASHI ICHIYANAGI, T. ; ATSUKO TAKEUCHI, A. ; TAKEO SAITO, T. ; HIROYUKI FUKUOKA, H. Structures and Antioxidant Activity of Anthocyanins in Many Accessions of Eggplant and Its Related Species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.62, n.13, p. 2906-2912, 2014.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; ORTEGA-RIVAS, E.; JULIANO, P.; YAN, H. **Food Powders Physical Properties, Processing, and Functionality**. Editora Springer, 2005. 396p.
- BENTO, W. A. S. LIMA, B. P. L.; PAIM, A. P. S. Simultaneous determination of synthetic colorants in yogurt by HPLC. **Food Chemistry**, v.183, p. 154–160, 2015.
- BERNSTEIN, A., NOREÑA, C. P. Z. Thermodynamic sorption of red cabbage extract (*Brassica oleracea* L. var. capitata L. f. rubra) encapsulated by spray drying. **Journal of Food Science and Technology**, v.52, n.12, p.8180-8187, 2015.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v.28, p.25-30, 1995.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 46 de 23 de outubro de 2007. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. Diário Oficial da União, Brasília, seção 1, p.5, 24 de outubro de 2007.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC Nº. 272 de 22 de setembro de 2005. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0272_22_09_2005.html . Acesso em: 20 de agosto de 2019.

BRASIL. Resolução nº5, de 13 de novembro de 2000. Oficializa os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de leites Fermentados. **Diário Oficial da União**, Brasília, 27 de novembro de 2000.

BRASIL. Resolução nº 386, de 05 de agosto de 1999a. Aprova o Regulamento técnico sobre aditivos utilizados segundo as boas práticas de fabricação e suas funções. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 de agosto de 1999. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/1999/anexo/anexo_res0386_05_08_1999.pdf. Acesso em: 29 de agosto 2019.

BOBBIO, G. O.; BOBBIO, P. A. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Editora Varela, 1992. 238p.

CABRITA, L.; FOSSEN, T.; ANDERSEN, O. M. Colour and stability of the six common anthocyanidin 3-glucosides in aqueous solutions. **Analytical, Nutritional and Clinical Methods Section**, v. 68, p.101-107, 2000.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spraydried *Amaranthus betacyanin* pigments. *Journal of Food Science*, Malden, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.

CALISKAN, G.; DIRIM, S. N. The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract. **Food and Bioproducts Processing**, v. 91, n. 4, p. 539-548, 2013.

CAMPOS, D. C. S.; NEVES, L. T. B. C.; FLACH, A. ; COSTA, L. A. M. A.; SOUSA, B.O. Post-acidification and evaluation of anthocyanins stability and antioxidant activity in açai fermented milk and yogurts (*Euterpe oleracea* Mart.) **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n.5: (e-871)p 1-13, 2017.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 5, n. 4, p. 420-428, 2005.

CAVALCANTE, M. D.; PLÁCIDO, G. R. OLIVEIRA, D. E. C.; FREITAS, B. S. M.; CAGNIN, C. OLIVEIRA, D. S. Isotherms and isostatic heat of foam-mat dried yellow mombin pulp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.6, p.436-441, 2018.

CAPARINO, O. A., TANG, J., NINDO, C. I., SABLANI, S. S., POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. **Journal of Food Engineering**, v.11, 135-148, 2012.

CARVALHO, J. D. E A.; SANTANA, M. J.; PEREIRA, G. M.; PEREIRA J. R. D.; QUEIROZ, T. M. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura da berinjela. (*Solanum melongena* L.) **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.320-327, 2004.

CHAMPAGNE, C. P.; ROSS, R. P.; SAARELA, M.; HANSEN, K. F.; CHARALAMPOPOULOS, D. Recommendations for the viability assessment of probiotics as concentrated cultures and in food matrices. **International Journal of Food Microbiology**, v.149, p.185-193, 2011.

CHEMAT, F.; VIAN, M. A.; CRAVOTTO, G. Green Extraction of Natural Products: Concept and Principles. **International Journal of Molecular Sciences**, v.13, p.8615-8627, 2012.

CHEN, K. N. CHEN M. J.; LUI, J. R.; LIN, C. W.; CHIU, H. Y. Optimization of Incorporated Prebiotics as Coating Materials for Probiotic Microencapsulation. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 5, p.1-7, 2005.

CHEN, X. D.; PATEL, K. C. Manufacturing better quality food powders from spray drying and subsequent treatments. *Drying Technology*, v.26, p.1313–1318, 2008.

CONSTANT, P. B. L.; STRINGHETA, P. C.; SANDI, D. CORANTES ALIMENTÍCIOS. **B.CEPPA**, v. 20, n. 2, p. 203-220, 2002.

COSTA, J. P.; ROCHA, É. M. F. F.; COSTA, J. M. C. Study of the physicochemical characteristics of soursop powder obtained by spray-drying. *Food Science and Technology*, v. 34, n. 4, p. 663-666, 2014.

COSTA, G. N. D. S.; MENDES, M. F.; ARAUJO, I. O. D.; PEREIRA, C. D. S. S. Desenvolvimento de um iogurte sabor Juçai (*Euterpe edulis* Martius): avaliação físico-química e sensorial. **Revista Eletrônica Teccen**, v.5:43-58, 2012.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos Fennema**. 4 ed. São Paulo: Editora Artmed, 2010. 900p.

DANIEL, D. E. L.; HUERTA, B. E. B.; MENSUZA, M. G. V.; SOSA, I. A. Effect of drying conditions on the retention of phenolic compounds, anthocyanins and antioxidant activity of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) added to yogurt. **International Journal of Food Science & Technology**, v.48, p.2283-2291, 2013.

DESAI, K. G. H.; PARK, K. J. Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. **Drying Technology**, v.23, n.7, p.1361-1394, 2005.

DILRUKSHI, P. G. T.; MUNASINGHE, H.; SILVA, A.B.G.; AND P. G. S. M.; SILVA, P.G.S.M. Identification of Synthetic Food Colours in Selected Confectioneries and Beverages in Jaffna District, Sri Lanka. **Journal of Food Quality**, Volume 2019, 1-8 p, 2019.

DUMANCAS, G. G., BELLO, G., SEVILLEN, S., SUBONG, B. J. J., KORALEGE, R.H., NUWAN PERERA, U.D., FELIX, J., ARDOIN, A., GOUDELOCK, A. Spectrophotometric Analysis of Food Colorants. **Reference Module in Food Science**. p. 1–12, 2018.

EMBRAPA (2007)– Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/hortalias/berinjela/botanica>. Acesso em: 15 de ago de 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivo da berinjela (*Solanum melongena* L.). [Rio de Janeiro]: Embrapa Hortaliças, dez. 1998. 26 p. (Instruções Técnicas, n. 15).

ESPÍRITO SANTO, A. P.; SILVA, R. C.; SOARES, F. A. S. M.; ANJOS, D.; GIOIELLI, L. A.; OLIVEIRA, M. N. Açaí pulp addition improves fatty acid profile and probiotic viability in yoghurt. **International Dairy Journal**, v.20, p. 415-422, 2010.

FANG, Y.; SELOMULYA, C.; CHEN, X. D. On measurement of food powder reconstitution properties. **Drying Technology**, v. 26, p.3–14, 2008.

FAO (2014). FAOSTAT Production Databases. Disponível em: <http://www.faostat.fao.org>. Acesso em 30 jan 2018.

FAZAELI, M.; EMAM-DJOMEH, Z.; KALBASI ASHTARI, A.; OMID, M. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, n. 4, p. 667-675, 2012.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; FERNÁNDEZ-GINÉS, J.M.; ALESON-CARBOMELL, L.; SENDRA, E.; SAYAS-BARBERÁ, E.; PÉREZ-ALVAREZ, J.A. Application of functional citrus by-products to meat products Trends. **Food Science e Technology**, v.15, p.176-185, 2004.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 2, p. 157-165, 2012.

FILHO, N. W.B.; FRANCO, C.R. Avaliação do Potencial dos Resíduos Produzidos Através do Processamento Agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, v.7, n.6, p. 1968-1987, 2015.

FINCO, A. M. O.; BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M.; CÓRDOVA, K. R. V. Elaboração de biscoitos com adição de farinha de beringela. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 03, n. 01, p. 49-59, 2009.

GALISA, M. S.; ESPERANÇA, L. M. B.; SÁ, N. G. **Nutrição-conceitos e aplicações**. São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda, 2008. 258p.

GALLINA, D. A. Leites fermentados funcionais: tendências e inovações. **Revista Ingredientes Tecnologia**, v.9, p.26-30, 2010.

GARZÓN, G. A. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. **Acta biológica Colombiana**, .v.13, n..3, p.27-36, 2008.

GEA NIRO RESEARCH LABORATORY. GEA Niro analytical methods: analytical methods dry milk products. 14th ed. Søborg: GEA, 2005. 103 p.

GHARSALLAOUI, A. ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: an overview. **Food Research International**, v. 40, n. 9, p. 1107-1121. 2007.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, R.E. (Ed.). **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 2001, p. 2.1-2.13.

GHOREISHI, S. M; BEHPOUR, M; GOLESTANEH, M. Simultaneous determination of sunset yellow and Tartrazine in soft drinks using gold nanoparticles carbon paste electrode. **Food Chemistry**, v. 132, p. 637–641, 2012.

GONZÁLEZ-LAVAUT J. A.; OCA-ROJAS, Y. M.; DOMÍNGUEZ MESA, M. I. Breve reseña de la especie Solanum melongena L. **Revista Cubana Plantas Medicinales**, v.3, n12, p.1-13, 2007.

HIDALGO, G. I.; ALMAJANO, M. P. Red fruits: Extraction of antioxidants, phenolic content, and radical scavenging determination: **A review**. **MDPI Antioxidants**, v. 6, n.1, p.1-27, 2017.

- ICHIYANAGI, T.; KASHIWADA, Y.; SHIDA, Y.; IKESHIRO, Y.; KANEYUKI, T.; KONISHI, T. Nasunin from eggplant consists of cis-trans isomers of delphinidin 3-[4-(p-coumaroyl)-L-rhamnosyl(1→6)-glucopyranoside]-5-glucopyranoside. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.24, p.9472–9477, 2005.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v.1, 1.ed. Online. São Paulo: IAL, 2008.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2006 – Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação, Segunda Apuração. 774 p., 2012.
- JAFARI, S. M.; ASSADPOOR, E.; HE, Y.; BHANDARI, B. Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. **Drying Technology**, v. 26, n. 7, p. 816-835, 2008.
- JUNG, E.; BAE, M.; JO, E.; JO, Y.; LEE, S. Antioxidant activity of different parts of eggplant. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 5, n.18, p. 4610-4615, 2011.
- KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**, v.37, p.153-161, 2002.
- KAUR, C.; NAGAL, S.; NISHAD, J.; KUMAR, R.; SARIKA. Evaluating eggplant (*Solanum melongena* L) genotypes for bioactive properties: a chemometric approach. **Food Research International**, v. 60, p. 205-211, 2014.
- KALUŠEVIĆ, A.; LEVIĆ, S.; ČALIJA, B.; PANTIĆ, M.; BELOVIĆ, M.; PAVLOVIĆ, V.; BUGARSKI, B. MILIĆ, J.; ŽILIĆ, S.; NEDOVIĆ, V. Microencapsulation of anthocyanin-rich black soybean coat extract by spray drying using maltodextrin, gum Arabic and skimmed milk powder. **Journal of Microencapsulation**, v. 34, n. 5, p.475–487, 2017.
- KATSABOXAKIS, K.; PAPANICOLAOU, D.; MELANITOU, M. Stability of pigmented orange anthocyanins in model and real food system. **Italian Journal Food Science**, v.10, n.1, p.17-25, 1998.
- KNAPP S.; VORONTSOVA M. S.; PROHENS J. Wild Relatives of the Eggplant (*Solanum melongena* L.: Solanaceae): New Understanding of Species Names in a Complex Group. **Plos One**, v. 8, n2, p.1-12, 2013
- KHAZAEI, K. M. et al. Application of maltodextrin and gum Arabic in microencapsulation of saffron petal's anthocyanins and evaluating their storage stability and color. **Carbohydrate Polymers**, v. 105, n. 1, p. 57-62, 2014.

Leite, S. T.; Roberto, C. D.; Silva, P. I.; Carvalho, R. V. Polpa de juçara: fonte de compostos fenólicos, aumento da atividade antioxidante e da viabilidade de bactérias probióticas de iogurte. **Revista Ceres**, v. 65, n.1, p. 016-023, 2018.

MADENE, A.; JACQUOT, M.; SCHER, J.; DESOBRY, S. Flavour encapsulation and controlled release – a review. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 41, p.1-21, 2006.

MAHDAVI, S. A.; JAFARI, S. M.; GHORBANI, M.; ASSADPOOR, E. Spray-Drying Microencapsulation of Anthocyanins by Natural Biopolymers: A Review. **Drying Technology**, 32:5, 509-518, 2014

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

MALLMANN, L. P.; Extração de antocianinas a partir de casca de berinjela; 2011. 48p. (Curso de Engenharia de Alimentos) – UFRGS, Rio Grande do Sul, 2011.

MARQUELLI, W. A.; BRAGA, M. B.; SILVA, H. R.; RIBEIRO, C. S. C. Irrigação na cultura da berinjela, 1ª ed. Out. 2014. Circular Técnica, 135. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

MATHIYALAGAN, S.; MADAL, B. K.; LING, Y. C. Determination of synthetic and natural colorants in selected green colored foodstuffs through reverse phase-high performance liquid chromatography. **Food Chemistry**, v. 278, p. 381-387, 2019.

MARTINS, N. C. L.; RORIZ, P. MORALES, L. BARROS; FERREIRA, I. C. F. R. "Food Colorants: Challenges, Opportunities and Current Desires of Agro-Industries to Ensure Consumer Expectations and Regulatory Practices." **Trends in Food Science and Technology**, 2016.

MILIAUSKAS, G., VENSKUTONIS, P. R., VAN BEEK, T. A. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plants extract. **Food Chemistry**, v. 85, p. 231-237, 2004.

MORITZ, D. E. Produção do pigmento Manascus por (*Manascus ruber*) CCT 3802 em cultivo submerso. 2005. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Química e de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

MUHAMAD, I. I.; YANTI, M. M. J.; NORAZLINA, M. N.; AZNI, A. A.; ALYANI, M. P.; HONG, L. L. Advanced Natural Food Colorant Encapsulation Methods: Anthocyanin Plant Pigment. **Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes**. n. 15, p. 495-526. 2018.

MUHAMAD, I. I.; YANTI, M. M. J.; NORAZLINA, M. N.; AZNI, A. A.; ALYANI, M. P.; HONG, L. L. Advanced Natural Food Colorant Encapsulation Methods: Anthocyanin

Plant Pigment. **Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes**, n.15, p. 495-526. 2018.

MURUGESAN, R.; ORSAT, V. Spray drying for the production of nutraceutical ingredients: a review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 1, p. 3-14, 2012.

NARAYANAN, M.; SHANMUGAM, S.; SURESH, P. M. Physical properties of microencapsulated anthocyanin obtained by spray drying of Red Amaranthus extract with maltodextrin. **Malaysian Journal of Nutrition**, v.24, n.1, p.139-147, 2018.

NASCIMENTO, R. J. S.; COURI, S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. P. Composição em ácidos graxos do óleo da polpa de açaí extraído com enzimas e com hexano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.498-502, 2008.

NAWI, M. N. M.; MUHAMAD, I. I.; MARSIN, A. M. The physicochemical properties of microwave-assisted encapsulated anthocyanins from Ipomoea batatas as affected by different wall materials. . **Food Science & Nutrition**, p.1-9. 2015.

NISHA, P.; ABDUL NAZAR, P.; JAYAMURTHY, P. A comparative study on antioxidant activities of different varieties of Solanum melongena. **Food and Chemical Toxicology**, v.47, p.2640–2644, 2009.

NODA, Y.; KNEYUKI, T.; IGARASHI, K.; MORI, A.; PACKER, L. Antioxidant activity of nasunin, an anthocyanin in eggplant peels. **Toxicology**, v.148, n.2-3, p.119–123,2000.

OLIVEIRA, G. L. S. Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método do DPPH•: estudo de revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.1, p.36-44, 2015.

OTÁLORA, M. C.; CARRIAZO, J. G.; ITURRIAGA, L.; OSORIO, C.; NAZARENO, M. A. Encapsulating betalains from Opuntia ficus-indica fruits by ionic gelation: Pigment chemical stability during storage of beads. **Food Chemistry**, v.202, p.373-382, 2016.

PIECZYKOLAN E.; KUREK M. A. Use of guar gum, gum arabic, pectin, beta-glucan and inulin for microencapsulation of anthocyanins from chokeberry. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.129, p.665–671, 2019.

PIRES, T. C. S. P.; DIAS, M. I.; BARROS, L.; BARREIRA, J. C. M. ; SANTOS-BUELGA, C.; C.F. R. FERREIRA, I. C.F. R. Incorporation of natural colorants obtained from edible flowers in yogurts. **Food Science and Technology**, v.97, p. 668–675, 2018.

REZENDE, Y. R. R. S.; NOGUEIRA, J. P.; NARAIN, N. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization. **Food Chemistry**, v. 254, p. 281–291, 2018.

RIBEIRO, P. F. A.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, E. B.; MENDONÇA, A. C.; SANT'ANA, H. M. P. Teor de vitamina C, β -caroteno e minerais em camu-camu cultivado em diferentes ambientes, **Ciência Rural**, v.46, n.3, p.567-572, 2016.

ROCHA, É. M. F. F.; SOUSA, S. L.; COSTA, J.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Obtenção de suco de caju atomizado através do controle das condições de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 646-651, 2014.

ROKKA, S.; RANTAMAKI, P. Protecting probiotic bacteria by microencapsulation: challenges of industrial applications. **European Food Research and Technology**, v. 231, p. 1-12, 2010.

ROBERT, P.; GORENA, T. ROMERO, N.; SEPULVEDA, E.; CHAVEZ, J.; SAENZ, C. Encapsulation of polyphenols and anthocyanins from pomegranate (*Punica granatum*) by spray drying. **International Journal of Food Science and Technology**, v.45, p.1386–1394, 2010.

ROCKENBACH, I.I.; SILVA, G. L.; RODRIGUES, E.; KUSKOSKI, E. M.; FETT, R. Influência do solvente no conteúdo total de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante de extratos de bagaço de uva (*Vitis vinifera*) variedades Tannat e Ancelot. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 28(Supl.), p.238-244, 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Natural food pigments and colorants. **Science Direct**, v.7, p.20–26, 2016.

SAAD, S. M. I.; CRUZ, A. G.; FARIA, J. A. F. **Probióticos e prebióticos em alimentos fundamentos e aplicações tecnológicas**. São Paulo, Editora Varela, 2011. 669p.

SAKAMURA, S.; WATANABE, S.; OBATA, Y. The structure of the major anthocyanin in eggplant. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 27, n.9, p. 663-665, 1963.

SANTANA, A. A.; CANO-HIGUITA, D. M.; OLIVEIRA, R. A.; TELIS, V. R. N. Influence of different combinations of wall materials on the microencapsulation of jussara pulp (*Euterpe edulis*) by spray drying. **Food Chemistry**, v.212, p.1–9, 2016.

ŚCIBISZ, I.; ZIARNO, M; MITEKA, M.; ZAREBA, D. Effect of probiotic cultures on the stability of anthocyanins in blueberry yoghurts. **Food Science and Technology**, Hoboken, v.49, n.2, p.208-212, 2012.

ŚCIBISZ, I.; ZIARNO, M.; MITEK, M. Color stability of fruit yogurt during storage. **Journal of Food Science and Technology**, v.56, n4, p.1997-2009, 2019.

SINGH, S.; DIXIT, D. A review on spray drying: emerging technology in food industry. **International Journal of Applied Engineering and Technology**, v. 4, n. 1, p. 1-8, 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 jaboticaba (*myrciaria ssp.*). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 3, p. 429-436, 2010.

SILVA, P. I. et al. Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. **Journal of Food Engineering**, v. 117, n. 4, p. 538-544, 2013.

SILVA, A. M. T.; CAVALCANTE, J. A.; ALMEIDA, M. M.; SANTIAGO, A. M. Elaboração de iogurte com propriedades funcionais utilizando bifidobacterium lactis e fibra solúvel. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.16, n.3, p.291-298, 2014.

SUDHEESH, S.; SANDHYA, C.; KOSHY, S.; VIJAYALASKSHMI, N. R. Antioxidant scitivity of fl avonoids from Solanum melongena. **Phytother Research**, v.13, n.5, p. 393-396, 1999.

Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPAUNICAMP, 2011. 161 p.

TADARO, A.; RAPISARDA, P.; CATALANO, A. E.; BARBAGALLO, R. N.; SPAGNA, G. Recovery of anthocyanins from eggplant peel. **Food Chemistry**, v. 34, n. 4, p. 434- 439, 2009.

TAHER, D. SOLBERG, S. Ø.; YU-YU CHOU, P. J.; RAKHA, M.; WU, T. World Vegetable Center Eggplant Collection: Origin, Composition, Seed Dissemination and Utilization in Breeding. **Frontiers in Plant Science**. v.8, p. 1-12, 2017.

TANONGKANKIT, Y.; CHIEWCHAN, N.; DEVAHASTIN, S. Evolution of antioxidants in dietary fiber powder produced from white cabbage outer leaves: effects of blanching and drying methods. **Journal of Food Science and Technology**, v.52, n. 4, 2280–2287, 2015.

TEIXEIRA, L.N.; STRINGHETA, P.C.; OLIVEIRA, F.A. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**. v.55, n.4, p. 297-304, 2008.

TIWARI, B. K. Ultrasound: A clean, green extraction technology. **Trac Trends in Analytical Chemistry**, v.71, p.100–109, 2015.

TOBISZEWSKI, M.; MECHLINSKA, A.; NAMIESNIK, J. Green analytical chemistry-theory and practice. **Chemical Society Reviews**, v. 39, 2869–2878, 2010.

TONON, R.V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. **Inc. Soc.**, v. 6 n. 2, p.70-76, 2013.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. **Food Research International**, v. 43, p. 907-914. 2010.

TONON, R. V.; BRABET, C.; RUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, v.88, p.411–418, 2008.

UTHUMPORN, U.; FAZILAH, A.; TAJUL, A.Y.; MAIZURA, M.; RURI, A.S. Physico-chemical and Antioxidant Properties of Eggplant Flour as a Functional Ingredient. **Advance Journal of Food Science and Technology**, v.12, n.5, p.235-243, 2016.

VALDUGA, E.; LIMA, L.; PRADO, R.; PADILHA, F. F.; TREICHEL, H. Extração, secagem por atomização e microencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva isabel (*Vitis labrusca*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1568 – 1574, 2008.

VANKAR, P.S. **Handbook on Natural Dyes for Industrial Applications (Extraction of Dyestuff from Flowers, Leaves, Vegetables)**, second ed. NIR Project Consultancy Services, Delhi., 2016.

VINHA, A. F.; RODRIGUES, F.; NUNES, M. A.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Natural pigments and colorants in foods and beverages. **Polyphenols: Properties, Recovery, and Applications**, cap. 11, p. 363-391,2018.

WALLACE, T. C.; GIUSTI, M. M. Determination of color, pigment and phenolic stability in yogurt systems colored with nonacylated anthocyanins from *Berberis boliviana* L. as compared to other natural/synthetic colorants. **Journal of Food Science**, v.73, n.4, p.241-248, 2008.

WANG, S.; LANGRISH, T. A review of process simulations and the use of additives in spray drying. **Food Research International**, v. 42, n. 1, p. 13-25, 2009.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.47, p.1801-1812, 1999.

ZHANG, Y.; HU, Z.; CHU, G.; HUANG, C.; TIAN, S.; ZHAO, Z.; CHEN, G.
Anthocyanin accumulation and molecular analysis of anthocyanin biosynthesis-associated genes in eggplant (*Solanum Melongena* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.62, p.2906–2912, 2014.

ZULUETA, A.; MAURIZI, A.; FRÍGOLA, A.; ESTEVE, J. M.; COLI, R.; BURINI, G.
Antioxidant capacity of cow milk and deproteinized milk. **International Dairy Journal**, v.19, n.6-7, p.380-385, 2009.

APÊNDICE A- ENCAPSULAÇÃO DE ANTOCIANINAS OBTIDAS DO RESÍDUO DE *SOLANUM MELONGENA* L. POR SECAGEM POR SPRAY DRYER

Flavia Jamille de Figueiredo Paes Barretto

Heleni Aires Clemente

Andréa Lopes Bandeira Delmiro Santana

Margarida Angélica da Silva Vasconcelos

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo obter um corante natural de antocianinas de *Solanum melongera* L. encapsuladas por secagem em spray dryer utilizando goma arábica como material de parede, bem como estudar o efeito da temperatura de entrada e o teor do agente encapsulante sob o ponto de vista físico-químico e bioativo. A extração de antocianinas foi realizada utilizando álcool de cereais 70% acidificado com ácido cítrico pH 2.0 e submetido a secagem por atomização. Foi realizado o Delineamento experimental (2^2). A caracterização do pó foi feita através da umidade, atividade de água, higroscopicidade, solubilidade, densidade aparente, rendimento e retenção de antocianinas. Foram realizadas as seguintes análises no extrato livre e nas antocianinas encapsuladas: cor, antocianinas totais, fenólicos totais, atividade antioxidante utilizando o radical DPPH•. Os valores obtidos para umidade, atividade de água, solubilidade, higroscopicidade e densidade aparente, rendimento e retenção de antocianinas foram respectivamente: 4,80; 0,1029; 95,06%; 15,01% e 0,4765 g/mL, 48,30% e 63,40%. Para as antocianinas totais o valor encontrado no extrato livre foi de 67,21 mg 100g⁻¹ de resíduo e nos pós atomizados, a concentração variou entre 5,81 e 42,61 mg / 100 g de matéria seca. Os fenólicos totais e a atividade antioxidante em extratos apresentaram resultados semelhantes antes e após a secagem. Os resultados da medição de cor para o pó encapsulado e para o extrato o parâmetro a^* apresentou cor avermelhada, mesmo ocorrendo degradação das antocianinas. O encapsulamento das antocianinas utilizando goma arábica como material de parede obteve resultados satisfatório para retenção de antocianinas.

Palavras-chave: Berinjela, antocianidinas, corante, atomização, goma arábica.

ENCAPSULATION OF *SOLANUM MELONGENA* L. WASTE ANTHOCYANINS BY SPRAY DRYING

ABSTRACT

This research aimed to obtain a natural dye of *Solanum melongera* L. anthocyanins encapsulated by spray drying using gum arabic as a wall material, as well as to study the effect of inlet temperature and encapsulating agent content from the point of view. physicochemical and bioactive. Anthocyanin extraction was performed using 70% citric acid acidified with pH 2.0 citric acid and spray dried. The experimental design was performed (2^2). The characterization of the powder was made by moisture, water activity, hygroscopicity, solubility, bulk density, yield and retention of anthocyanins. The following analyzes were performed on free extract and encapsulated anthocyanins: color, total anthocyanins, total phenolics, antioxidant activity using the DPPH • radical. The values obtained for humidity, water activity, solubility, hygroscopicity and apparent density, yield and retention of anthocyanins were respectively: 4.80; 0.1029; 95.06%; 15.01% and 0.4765 g / mL, 48.30% and 63.40%. For total anthocyanins the value found in the free extract was 67.21 mg 100g⁻¹ of residue and in the atomized powders, the concentration ranged from 5.81 to 42.61 mg / 100 g⁻¹ of dry matter. Total phenolics and antioxidant activity in extracts showed similar results before and after drying. The color measurement results for the encapsulated powder and extract a * parameter showed a reddish color even though anthocyanin degradation occurred. The encapsulation of anthocyanins using gum arabic as a wall material obtained satisfactory results for anthocyanin retention.

Index Terms: Eggplant, anthocyanidins, dye, atomization, arabic gum.

INTRODUÇÃO

O papel das antocianinas como corantes alimentares está se tornando cada vez mais importante porque não só contribuem para os atributos mais importantes dos alimentos, tanto para o valor estético e para o julgamento de qualidade, mas também tendem a produzir potenciais efeitos positivos para a saúde. Elas tem sido observadas por possuir potentes propriedades antioxidantes (MUHAMAD et al., 2018).

No entanto, antocianina é uma classe composto instável, que é uma barreira para a sua utilização como corante natural em alimentos. A composição natural das antocianinas é um dos fatores que podem influenciar a estabilidade. Alguns fatores de processamento e armazenamento que influenciam a estabilidade de antocianinas incluem pH, temperatura, luz, oxigênio, enzimas, açúcar, ácido ascórbico e copigmentos. A perda de antocianinas durante o processamento e armazenamento agem como principal impedimento para a indústria de alimentos. Todos esses fatores causam uma limitação para o uso de antocianinas como corantes alimentares (MUHAMAD et al., 2018). No entanto, a estabilidade destes compostos bioativos pode ser marcadamente melhorada com o encapsulamento, possibilitando que suas propriedades permaneçam sem alteração por períodos de tempo mais longo (OTÁLORA et al, 2019).

O encapsulamento desempenha um papel fundamental na manutenção da estabilidade de muitos pigmentos, como as antocianinas, melhorando sua vida útil e efeitos. A eficiência da encapsulação e estabilidade das cápsulas dependem principalmente da formulação do agente encapsulante. O agente de encapsulamento pode operar como um obstáculo e proteger o núcleo contra oxigênio, água e luz ou evitar contato com outros ingredientes (MAHDAVI et al., 2014).

A técnica de spray-drying é uma das mais utilizadas na secagem de alimentos sensíveis ao calor, devido à rápida evaporação do solvente das gotículas. Atualmente, a secagem por pulverização é amplamente utilizada no processo de encapsulamento, um vez que os materiais bioativos são retidos dentro de uma matriz protetora, essencialmente inerte ao material que está sendo encapsulado. Várias vantagens da secagem por pulverização como técnica de encapsulamento incluem custo, alta qualidade, solubilidade rápida e alta das cápsulas, tamanho pequeno, e operação contínua (MAHDAVI et al., 2014). Além disso, permite o

desenvolvimento de produtos inovadores, por meio da incorporação de componentes funcionais ao produto, em uma forma mais estável (MURUGESAN; ORSAT, 2012)

Os produtos em pó resultantes da secagem podem ser utilizados tanto como corantes naturais em alimentos e cosméticos, quanto na produção de cápsulas ou ainda como suplemento alimentar para crianças e atletas (TONON, et al., 2013).

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é originária do leste e o do sudeste da Ásia e se difundiu pelo mundo a partir da Índia. É representada pelas espécies cultivadas, *Solanum macrocarpon* L. e *S. aethiopicum* L., cultivadas principalmente na África, e nos demais países é cultivada *S. melongena* L., que foi domesticada em múltiplas localizações do continente asiático (TAHER et al., 2017; KNAPP et al., 2013). No Brasil, as berinjelas mais conhecidas são as de frutos escuros, com coloração roxa, com pequenas variações de tonalidades (cor de vinho escura, preta brilhante). A cor externa do fruto é devido à presença de flavonoides do tipo antocianinas (TEIXEIRA et al., 2008; TADORO et al., 2009; NISHA et al., 2009; JUNG et al., 2011).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo obter um corante natural de antocianinas de *Solanun melongera* L. encapsuladas por secagem em spray dryer utilizando goma arábica como material de parede, bem como estudar o efeito da temperatura de entrada e o teor do agente encapsulante sob o ponto de vista físico-químico e bioativo.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Fruto

Os frutos *Solanum melongena* L. foram adquiridos no comércio local da cidade de Recife-PE, no estágio de maturação maduro, definidos pela coloração de sua casca apresentando a cor roxa. Para obtenção da casca os frutos foram sanitizados com hipoclorito de sódio conforme recomendação do fabricante, deixados secar a temperatura ambiente e descascados com faca de aço inoxidável e em seguida submetidos a extração das antocianinas.

Métodos

Obtenção do extrato antociânico de resíduo de *Solanum melongena* L.

A obtenção do extrato antociânico foi realizada utilizando álcool etílico hidratado de cereais 70% (milho, arroz) acidificado com ácido cítrico a pH 2, durante 48 horas, a uma temperatura de 5 ° C e ausência de luz (SILVA et al, 2010). Os extratos foram concentrados sob vácuo, à temperatura de 38 ° C até 15% do volume inicial. As antocianinas foram acondicionada em frascos escuros e armazenadas (-18 ° C) para posterior análise.

Secagem por atomização

Uma parte do extrato foi submetida à secagem por atomização utilizando como agente carreador a goma arábica em concentrações variando de 10 a 20%. Para a secagem em escala laboratorial foi utilizado um mini spray dryer – Lab Maq, modelo MSDi 1.0, que opera com vazão de líquido de 0,2 – 1,0 L/h, com bico injetor de 1,2 mm de diâmetro, fluxo de ar de 30 m³ /h e pressão do ar de 0,6 bar. Foi utilizado uma vazão mássica média de 0,84 L/h.

Delineamento experimental

Foi realizado o delineamento experimental (2²), tendo como variáveis independentes temperatura de secagem (° C) e a concentração de goma arábica e como variável resposta o teor de antocianinas totais.

Caracterização do pó obtido no ponto ótimo de secagem:

Umidade:

Foi quantificada por meio do determinador de umidade por infravermelho (Marca Marte: Modelo- ID 50) (IAL, 2008).

Atividade de água:

Foi quantificada por meio do determinador de atividade de água (Aqualab 4TE).

Rendimento

O rendimento de secagem por pulverização foi calculado (Equação 1) como uma percentagem pela razão entre o peso total do produto recuperado (pó recolhido) e o peso do agente encapsulante inicialmente introduzidos no sistema (Alvaez-Helenao et al., 2018).

Equação 1:

$$\% \text{Rendimento} = \frac{\text{Peso (g) de pó coletado}}{\text{Peso (g) do agente encapsulante}} \times 100$$

Solubilidade:

A solubilidade foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Cano-Chauca et al (2005). Foi diluída 1g da amostra em 100mL de água destilada, seguida de agitação em agitador magnético durante 5 minutos, formando uma solução aquosa, que em seguida foi centrifugada a 3000 rpm por 5 minutos em centrífuga (Cientec modelo CT-6000R). Uma alíquota de 25mL do sobrenadante foi colocada em placa de Petri, esterilizada e previamente pesada e levada para estufa com circulação e renovação de ar (Marconi, modelo MA-035) a 105° C por 5 horas. Ao termino do processo a placa foi pesada em balança e a solubilidade obtida através de diferença de peso.

Higroscopicidade

A higroscopicidade foi avaliada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000), com algumas modificações. Colocou-se cerca de 1 g de cada amostra em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%) a 25 °C e, após uma semana, as amostras foram pesadas. A higroscopicidade foi expressa em quantidade de água absorvida por 100g de amostra (%).

Densidade Aparente

Realizada de acordo com procedimento descrito por Barbosa-Canovas et al. (2005) e Caparino et al., (2012) com modificações. Foram transferidas 2g de amostra para uma proveta graduada de 10mL em seguida compactou-se o pó batendo a proveta 50 vezes sobre a bancada.

A densidade foi calculada de acordo com a Equação (2) e o resultado expresso em g/mL:

$$\rho_{ap} = m/v$$

Onde: m- é a massa da amostra (g); v- é o volume total que o pó ocupou na proveta em (mL).

Retenção de Antocianinas

Para determinação da retenção de antocianinas, o teor total de antocianina foi calculado em mg / 100 g de matéria seca, na mistura antes da entrada no secador por atomização, bem como no pó resultante (TONON et al., 2008).

Análises físico-químicas do extrato e do pó:

O teor de antocianinas totais, fenólicos totais, atividade antioxidante e a cor foram verificados no extrato livre e nas antocianinas encapsuladas.

Antocianinas totais

O conteúdo de antocianinas foi determinado pelo método de pH diferencial conforme descrito por Giust; Wrolstad (2001), utilizando espectrofotômetro Shimadzu UV 1650 PV.

Determinação de fenólicos totais

O teor de fenólicos totais dos extratos foi determinado, por método espectrofotométrico, utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (Merk) tendo o ácido gálico como padrão de referência (WETTASINGHE; SHAHIDI, 1999). Este método envolve a redução do reagente pelos compostos fenólicos com formação de um complexo azul e a absorbância foi determinada a 725nm. Os resultados foram expressos em mg de fenólicos totais em equivalente de ácido gálico (EAG) por 100g de polpa.

Determinação de atividade antioxidante

Método DPPH[•] (1,1-difenil-2-picrilhidrazil)

O extrato obtido foi utilizados para avaliar a capacidade de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH[•]), de acordo com o método descrito por Brand-Williams, Cuvelier, Berset (1995). Após leve agitação, os tubos foram deixados ao abrigo da luz à temperatura ambiente (25 ± 1°C) e ao final de 60 minutos a absorbância foi registrada a 515nm em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC).

Os resultados foram calculados pela Equação 3 e expressos como percentual de sequestro de radical livre (MILIAUSKAS; VENSKUTONIS; van BEEK, 2004):

Equação 3:

$$\% \text{ de sequestro de radical livre} = [(A_B - A_A)/A_B] \times 100$$

onde:

A_B = absorção do branco (t = 0 min);

A_A = absorção dos extratos

(t = diferentes intervalos de tempo)

Análise colorimétrica

A avaliação objetiva da cor foi efetuada por meio da colorimetria de triestímulos, no sistema CIELAB ($L^*a^*b^*$), utilizando um colorímetro (Konica Minolta). Para esta finalidade o extrato livre e encapsulado foram transferidos a uma placa de vidro e efetuada a leitura em triplicata no eixo L^* (luminosidade), que varia do preto (0) ao branco (100); no eixo a^* , do verde (-a) ao vermelho (+a) e no eixo b^* , do azul (-b) ao amarelo (+b). Os valores a^* e b^* foram usados para calcular o ângulo Hue ($^{\circ}h^* = \text{tang } b^* / a^*$). O croma (C^*) expressa a saturação ou intensidade da cor, enquanto o ângulo de matiz (h°) indica a cor observável e é definido como iniciando no eixo $+a^*$, em graus, em que 0° é $+a^*$ (vermelho), 90° é $+b^*$ (amarelo), 180° é $-a^*$ (verde), e 270° é $-b^*$ (azul).

Tratamento estatístico

Todas as determinações foram realizadas em triplicata, conduzidos ao abrigo da luz, e os resultados expressos em média e desvio padrão. Os resultados obtidos nos planejamentos fatoriais foram analisados, bem como as médias dos valores encontrados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) utilizando o programa estatístico “Statística” (Statsoft inc 7.0).

RESULTADO E DISCUSSÃO

O teor de antocianinas totais determinado no extrato do resíduo de *Solanum melongena* L. foi de 67,21 mg 100^1 de resíduo (tabela 1). Teixeira et al. (2008) ao compararem o método para quantificação de antocianinas pH único e pH diferencial encontraram para berinjela 64,06 e 56,75 mg 100^1 de amostra respectivamente, utilizando como solvente etanol-água (70:30) acidificado com HCL até pH 2. A extração realizada nesse trabalho também utilizou como solvente etanol 70% acidificado até pH 2, mas o resultado obtido por esses autores para pH único foi semelhante ao encontrado no presente estudo. A utilização do pH único é um método mais rápido porém pode dar um falso resultado se houver presença de interferentes como açúcares, dessa forma optou-se por realizar o presente estudo em pH diferencial. O resultado encontrado confirma o aproveitamento do resíduo de *Solanum melongena* L., como fonte potencial de antocianinas. A Tabela 1 traz o

comparativo entre os diferentes métodos de extração de antocianinas por diferentes tipos de solventes.

Tabela 1 - Comparação do teor de antocianinas extraída por diferentes tipos de solventes.

Autor	Tempo de extração	Solvente	Método	Antocianinas (mg/100g)
Nisha et al., 2009	6h	Metanol (base úmida)	pH diferencial	0,530 - 0,756
Jung et al., 2011	24h	Metanol HCL 1% (base seca)	pH único	138,05
Teixeira et al., 2008	24h	Etanol 70% HCL até pH 2 (base úmida)	pH único e diferencial	64,06 e 56,75
Tadoro et al., 2009	3h	Ácido málico e tartárico (pH 2,3-2,9), etanol 70% 1%HCL (base úmida)	pH único	65,79; 69,40 e 76,44
Presente estudo (Barretto, 2019)	48h	Álcool de cereais 70% acidificado ácido cítrico pH 2 (base úmida)	pH diferencial	67,21

Encapsulação do extrato de resíduo de *solanum melongena* L.

Os resultados obtidos para secagem do extrato do resíduo de *Solanum melongena* L. (Tabela 2) apresentou melhor condição para preservação das antocianinas a secagem na temperatura de 150° C e 15% de goma arábica (condição observada no ponto central do planejamento), de acordo com o diagrama de Pareto (Figura 1), correspondente aos efeitos das variáveis independentes no processo de secagem. Evidenciou-se que a concentração e temperatura tiveram influência no teor de antocianinas, tanto individualmente quanto combinados. Foi observado que os valores intermediários para os parâmetros analisados são os mais indicados, uma vez que ocorre maior degradação de antocianinas em

temperaturas muito altas (180 °C) e maior concentração de goma arábica. Bernstein e Noreña (2015) também obtiveram melhor resposta utilizando 15% do agente carreado a uma temperatura de 140°C ao encapsularem antocianinas de repolho vermelho.

Tabela 2 - Valores das respostas obtidos nas secagem do extrato do resíduo de *Solanum melongena* L. em atomizador.

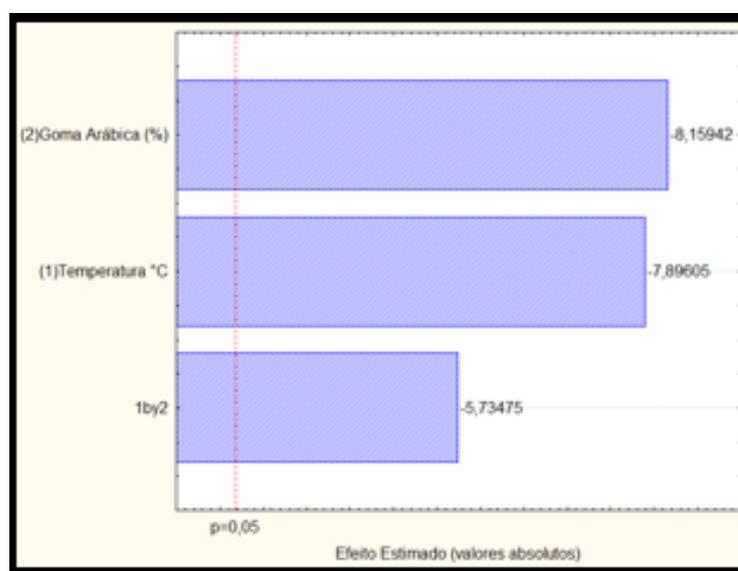
Ensaio	Temperatura (°C)	Goma arábica	Antocianinas (mg/100g de resíduo)
1	(-1) 130	(-1) 10	18,43
2	(+1) 180	(-1) 10	21,11
3	(-1) 130	(+1) 20	15,76
4	(+1) 180	(+1) 20	5,81
5	(1) 150	(1) 15	40,48
6	(1) 150	(1) 15	42,61
7	(1) 150	(1) 15	40,14
8	(1) 150	(1) 15	39,81

Nos pós atomizados, a concentração de antocianinas variou entre 5,81 e 42,61 mg / 100 g de matéria seca, ocorrendo assim degradação das antocianinas em relação a quantificação no extrato. Uma vez que o processo de secagem usando spray dryer expôs o produto a um alta temperatura por um curto período de tempo, o que resultou na perda de compostos termossensíveis, pois a temperatura de saída do produto foi um importante fator a ser considerado em relação à retenção de esses compostos (TONON, 2009). Vários trabalhos relataram perda de antocianina após secagem por spray dryer (SANTANA ET AL., 2016; BERNSTEIN E NOREÑA, 2015; SILVA et al., 2013, TONON et al., 2008)

Antocianinas são muito instáveis para os fatores como temperatura, luz, pH e

oxigênio, e o objetivo do encapsulamento é proteger o material essencial desses fatores adversos por meio da escolha correta do material de barreira, que precisa ser compatível com o alimento, ter resistência mecânica, promover o adequado dissolução e produzir o tamanho de partícula desejado. A secagem por spray dryer leva à formação de um sistema matricial em que o polímero forma uma rede tridimensional em torno do material encapsulado, a fim de protegê-lo contra fatores adversos (TONON et al. 2010).

Figura 1 - Diagrama de Pareto



O ensaio 6 apresentou melhor resposta quanto a teor de antocianinas (42,61 mg/100g de resíduo), sendo o escolhido para realização da caracterização do pó.

A tabela 3 mostra os valores obtidos para o teor de umidade, atividade de água, solubilidade, higroscopicidade, densidade aparente, rendimento e retenção de antocianinas do ensaio 6.

Tabela3 - Caracterização do pó obtido na secagem do extrato do resíduo de *Solanum melongena* L. em atomizador.

Parâmetros	Resultados*
Umidade (%)	4,80
Atividade de água	0,1029
Solubilidade (%)	95,06
Higroscopicidade	15,01
Densidade aparente (g/mL)	0,4765
Rendimento (%)	48,30
Retenção de antocianinas (%)	63,40

*Valores médios

A umidade para as partículas obtidas no ensaio 6 foi de 4,80. O uso de temperaturas mais baixas implica em uma menor diferença de temperaturas entre o produto atomizado e o ar de secagem, acarretando uma menor transferência de calor e, conseqüentemente, uma menor evaporação de água do produto, resultando em umidades mais altas. A umidade interfere sobre a estabilidade dos pós alimentícios, pois a estabilidade do produto final depende do teor de água presente.

Silva et al. (2013) ao encapsular as antocianinas de jaboticaba por spray dryer utilizando goma arábica como material de parede a uma temperatura de 140° C e 160° C obtiveram umidade de 5,45 e 6,76, respectivamente, valores maiores que o encontrado para o pó do resíduo de *Solanum melongena* L. Já Pieczykolan e Kurek (2019) em um estudo com encapsulação de antocianinas de chokeberry relataram valor de umidade menor (2,73%), também utilizando a goma arábica como agente carreador. No entanto, a temperatura e a taxa de fluxo foram diferentes, que influenciam significativamente o grau de desidratação das cápsulas.

Em relação à atividade de água o valor obtido foi de 0,1029 o que é bastante favorável à estabilidade dos alimentos, uma vez que não permite a multiplicação de microrganismos, pois alimentos com $a_w < 0,5$ são considerados microbiologicamente estáveis (TONON et al., 2013). A atividade da água é um índice muito essencial para pós atomizados, uma vez que determina o prazo de validade do produto (NAWI et al., 2015).

Bernstein e Noreña (2015) relataram ao utilizarem diferentes agentes carreadores como material de parede para secagem de antocianinas em spray

dryer, que os menores valores de atividade de água ocorreram com o uso de goma arábica. No entanto, todos os pós apresentaram atividade de água abaixo de 0,2, indicando que todos eles tinham alta estabilidade.

As partículas produzidas com goma arábica se mostraram bastante solúveis, o que era esperado, uma vez que este material apresenta alta solubilidade. Em um estudo com antocianinas de repolho vermelho Bernstein e Noreña (2015) usaram goma arábica como material de parede na secagem por atomização resultando em produtos altamente solúveis e ainda relataram valores de solubilidade superiores a 98,85%.

A solubilidade é um critério importante para avaliar o comportamento do produto na fase aquosa, uma vez que alimentos em pó devem ter uma boa solubilidade para serem úteis e funcionais. Solubilidade é a etapa final de dissolução do pó e é considerada como fator determinante da qualidade geral da reconstituição (CHEN; PATEL, 2008; FANG; SELOMULYA; CHEN, 2008).

Em relação ao parâmetro higroscopicidade, o pó proveniente da secagem do extrato do resíduo de *Solanum melongena* L. em spray dryer, apresentou valor de 15,01%. GEA Niro (revisado 2005) estabeleceu uma classificação para produtos lácteos em pó relacionando a absorção de umidade do produto ao ser submetido a um ambiente de umidade relativa de 79,5%. Levando-se em consideração os critérios de GEA Niro (2005) o pó obtido no ensaio 6 é classificado como ligeiramente higroscópico por apresentar valor de higroscopicidade entre 10,1 e 15%. Dessa forma, esse produto em pó pode ser considerado estável, com menor probabilidade de apresentar problemas relacionados às suas propriedades funcionais (reidratação, solubilidade) e armazenamento no que diz respeito à aglomeração.

A higroscopicidade é um dos fatores de maior importância na escolha de um pó de boa estabilidade, e que assegura suas características durante o armazenamento e indica a sua capacidade para atrair moléculas de água quando em contato com o ar circundante (COSTA, ROCHA e COSTA, 2014).

Em estudo com antocianinas extraídas de batatas Ipomoea, a amostra produzida com goma arábica apresentou higroscopicidade de 18,736% (NAWI et al., 2015). Silva et al (2013), relataram higroscopicidade de 17,75; 17,55 e 17,96 para antocianinas de jabuticaba encapsuladas com goma arábica em diferentes

temperaturas. Os valores foram acima dos nossos resultados utilizando o mesmo material encapsulante. O número de grupos hidrofílicos presentes na estrutura de cada material da parede contribuiu para a variação da adsorção de água (NAWI et al., 2015). A higroscopicidade de um alimento está ligada à sua estabilidade física, química e microbiológica por isso, torna-se imprescindível o conhecimento do comportamento higroscópico desses produtos (CAVALCANTE et al., 2018).

A densidade aparente está apresentada na Tabela 3 e é um importante parâmetro que determina a adequação de pó para a facilidade de embalagem e transporte. A densidade aparente do pó seco por pulverização desse trabalho está dentro da faixa encontrada por NARAYANAN et al. (2018) para o pó de amaranto vermelho (0,3-0,5 g / cm³). Quanto mais pesado o material, mais facilmente esse se acomoda nos espaços entre as partículas, ocupando menor volume e resultando, assim, em maior densidade (TONON, 2013).

De acordo com a Tabela 3, o rendimento do processo de secagem do resíduo de *Solanum melongena* L. usando goma arábica foi de 48,30%. Segundo Santana et al. (2016) a utilização de agentes carreadores isoladamente pode aumentar a viscosidade da alimentação e elevar o teor de sólidos para aderir na parede da câmara de secagem, reduzindo assim o rendimento do processo.

O rendimento do processo corresponde à recuperação do produto e é principalmente determinado pela eficiência da coleta de pós. A perda de material no sistema de secagem por aspersão deve-se principalmente à fixação de gotículas pulverizadas e pó na parede do aparelho e a ciclones com pouca eficiência na coleta de partículas finas (WANG E LANGRISH, 2009). A retenção do produto na parede da câmara é indesejável. Em primeiro lugar, não é rentável devido às paradas mais frequentes do secador para limpeza, e em segundo lugar, afeta a qualidade do produto, porque depósitos podem queimar e, quando desalojado, misturar e contaminar todo o produto. O produto acumulado que recebe tratamento térmico mais intenso pode ter propriedades diferentes, como teor de umidade, cor e solubilidade, e não pode ser considerado produto. Além disso, os depósitos influenciam o volume de secagem e os processos de transferência de calor entre as câmaras e os fluidos móveis (SANTANA et al., 2016).

Santana et al. (2016) ao estudarem a secagem de polpa de juçara utilizando como agente carreado a goma arábica pura e misturada com amido modificado e

proteína do soro do leite ou de soja, encontraram melhores rendimentos para mistura de material de parede do que eles isolados, entre 33,88 e 76,55%. Os altos rendimentos de processo foram obtidos usando a mistura com goma arábica, mostrando assim a eficiência desse agente carreador.

A Retenção de antocianinas é importante em termos de produção industrial do pigmento dado que o extrato prova ser uma fonte estável de antocianinas. No presente trabalho obteve-se retenção de antocianinas de 63,40%. Resultados semelhantes foram encontrados por Norkaewa et al. (2019) ao avaliarem a retenção de antocianinas de arroz preto encapsuladas com goma arábica relataram valor próximo a 60%.

Em um estudo com encapsulação de antocianinas de jabuticaba utilizando diferentes temperaturas (140;160 e 180 ° C) a retenção de antocianinas foi alta nas diferentes condições experimentais 95,32; 100,23 e 83,04% para as respectivas temperaturas (SILVA, et al., 2013). Resultados semelhantes foram encontrados por Tonon et al. (2008), que obtiveram rendimento de antocianinas de aproximadamente 77-86% do suco de açaí submetido a secagem por pulverização. Estes resultados apresentaram-se superiores ao relatado no presente trabalho no qual pode ter sido influenciado pelas diferentes temperaturas utilizadas pelos autores acima citados.

Resultado da caracterização do extrato antociânico de *Solanum melongena* L. encapsulado e não encapsulado

Os dados sobre concentrações iniciais de fenólicos e atividade antioxidante nos extratos resíduo de *Solanum melongena* L. e após a secagem em spray dryer são apresentados na tabela 4.

Tabela4 - Resultado da caracterização do extrato antociânico livre e encapsulado do resíduo de *solanum melongena* L.

Análises	Extrato livre	Extrato encapsulado
Fenólicos totais (mg EAG 100g ¹)	487,50 ^a	460,87a
Atividade antioxidante DPPH (%) aos 60 minutos	91,68 ^a	91,25a

Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (p > 0,05).

Fenólicos em berinjela foram identificados como os principais compostos bioativos responsáveis por seus efeitos antioxidantes (KAUR et al., 2014). Os fenólicos totais em extratos de *Solanum melongena* L. foram avaliados pelo método de Folin Ciocalteu e o resultado apresentado foi de 487,50 mg EAG 100g¹(Equivalente em ácido gálico) para o extrato livre e 460,87 mg EAG 100g¹(Equivalente em ácido gálico) para o pó, apresentando resultados semelhantes antes e após a secagem. Rezende et al (2018) ao avaliarem o teor de fenólicos no extrato e após a encapsulação do extrato de acerola também encontraram valores similares antes e após a secagem.

O resultado no extrato foi superior aos relatados por Nisha e colaboradores (2009) cujos valores variaram de 49,02 a 106,98 mg GAE/100 g no extrato metanólico em quatro diferentes variedades de berinjela e inferiores ao encontrados por Jung et al. (2011) em extrato etanólico 70% e extrato aquoso 55,19 mg GAE / g e 54,94 mg GAE / g casca de berinjela fresca respectivamente.

O interesse em avaliar a capacidade antioxidante é resultado de vários estudos sobre a importância dos antioxidantes em sistemas biológicos. A capacidade de sequestrar o radical DPPH^{*} do extrato livre e do pó obtidos de resíduo de *Solanum melongena* L encontra-se apresentada na tabela 4. Foi observado que a atividade antioxidante se manteve constante com aplicação da secagem, e mesmo ocorrendo degradação de antocianinas não ocorreu diminuição da atividade antioxidante.

Resultados da medição de cor para o pó encapsulado e para o extrato livre são mostrados na Tabela 5. Para determinação da cor considerou-se que: os valores de L* expressam a luminosidade ou claridade da amostra e varia de 0 a 100; assim sendo, quanto mais próximo de 100, mais clara é a amostra e quanto mais distante, mais escura. Valores de a* positivos indicam tendência à coloração vermelha e negativos, coloração verde. Valores de b* positivos expressam maior intensidade de amarelo e mais negativos, maior intensidade de azul.

Pode-se observar de acordo com os resultados obtidos que o parâmetro a* apresentou cor avermelhada tanto para o extrato quanto para o pó, mesmo ocorrendo degradação das antocianinas durante o processo de atomização esses valores apresentaram-se semelhantes

Tabela 5 - Avaliação da cor das antocianinas de resíduos de *Solanum melongena* L na forma de extrato livre e encapsuladas.

Cor	Extrato	Pó
L *	25,35 ^a	80,84 ^b
a*	13,88 ^a	13,78 ^a
b*	13,74 ^a	6,08 ^b
c*	17,28 ^a	15,07 ^b
h*	45,76 ^a	23,86 ^b

L*-Luminosidade; a*- Intensidade de vermelho; b*- Intensidade de amarelo; C*- Cromo: h-ângulo de tonalidade. . Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

A diferença entre o parâmetro L* do extrato livre e do pó é referente a adição do agente encapsulante (cor branca) levando ao aumento do L* no pó. A medição de cor é um importante indicador de qualidade, pois reflete atratividade e qualidade dos pós produzidos durante o processo de secagem (NAWI et al., 2015).

CONCLUSÃO

A extração de antocianinas do resíduo de *Solanum melongena* L. utilizando álcool de cereais é viável e pode ser testado industrialmente, além de ser um solvente verde. O encapsulamento das antocianinas utilizando goma arábica como material de parede obteve resultados satisfatórios para retenção de antocianinas. Os compostos bioativos apresentaram estáveis com aplicação da atomização.

REFERÊNCIAS

- ÁLVAREZ-HELENAO, M.V.et al. Microencapsulation of lutein by spray-drying: Characterization and stability analyses to promoter its use as a functional ingredient. *Food Chemistry*, 256 : 181-187, 2018.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. et al. *Food Powders - Physical Properties, Processing, and Functionality*. Editora Springer, 2005. 396p.
- BERNSTEIN, A.; NOREÑA, C.P.Z. Thermodynamic sorption of red cabbage extract (*Brassica oleracea* L. var. capitata L. f. rubra) encapsulated by spray drying. **Journal of Food Science and Technology**, 52, (12) : 8180-8187, 2015.

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

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 5 (4) : 420-428, 2005.

CAVALCANTE, M.D.; PLÁCIDO, G.R. OLIVEIRA, D.E.C.; FREITAS, B.S.M.; CAGNIN, C. OLIVEIRA, D.S. Isotherms and isostatic heat of foam-mat dried yellow mombin pulp **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 22 (6) : 436-441, 2018.

CHEN, X.D.; PATEL, K.C. Manufacturing better quality food powders from spray drying and subsequent treatments. **Drying Technology**, 26: 1313–1318, 2008.

COSTA, J. P.; ROCHA, É. M. F. F.; COSTA, J. M. C. Study of the physicochemical characteristics of soursop powder obtained by spray-drying. **Food Science and Technology**, 34 (4): 663-666, 2014.

FANG, Y.; SELOMULYA, C.; CHEN, X.D. On measurement of food powder reconstitution properties. **Drying Technology**, 26: 3–14, 2008.

GEA NIRO RESEARCH LABORATORY. GEA Niro analytical methods: analytical methods dry milk products. 14th ed. Søborg: GEA, 2005. 103 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v.1, 1.ed.Online. São Paulo: IAL, 2008.

KAUR, C.; NAGAL, S.; NISHAD, J.; KUMAR, R.; SARIKA. Evaluating eggplant (*Solanum melongena* L) genotypes for bioactive properties: a chemometric approach. *Food Research International*, Barking, 6: 205-211, 2014.

KNAPP S.; VORONTSOVA M.S.; PROHENS J. Wild Relatives of the Eggplant (*Solanum melongena* L.: Solanaceae): New Understanding of Species Names in a Complex Group. **Plos One**, 8 (2): 1-12, 2013

MILIAUSKAS, G., VENSKUTONIS, P. R., VAN BEEK, T. A. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plants extract. **Food Chemistry**, v. 85, p. 231-237, 2004.

MUHAMAD, I. I.; YANTI, M. M. J.; NORAZLINA, M. N.; AZNI, A. A.; ALYANI, M. P.; HONG, L. L. Advanced Natural Food Colorant Encapsulation Methods: Anthocyanin Plant Pigment. **Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes**. n. 15, p. 495-526. 2018.

MAHDAVI, S.A., JAFARI, S.M., GHORBANI, M., ASSADPOOR, E., 2014. Spray-drying microencapsulation of anthocyanins by natural biopolymers: a review. *Dry Technol.* 32, 509-518.

MURUGESAN, R.; ORSAT, V. Spray drying for the production of nutraceutical ingredients: a review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 1, p. 3-14, 2012.

NARAYANAN, M.; SHANMUGAM, S.; SURESH, P.M. Physical properties of microencapsulated anthocyanin obtained by spray drying of Red Amaranthus extract with maltodextrin. *Mal J Nutr*, v.24, n.1,p.139-147, 2018.

NAWI, MN.M. MUHAMAD, I.I. MARSIN, A.M. The physicochemical properties of microwave-assisted encapsulated anthocyanins from Ipomoea batatas as affected by different wall materials. . *Food Science & Nutrition*, p.1-9. 2015.

PIECZYKOLAN E.; KUREK M. A. Use of guar gum, gum arabic, pectin, beta-glucan and inulin for microencapsulation of anthocyanins from chokeberry. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.129, p.665–671, 2019.

REZENDE, Y. R. R. S.; NOGUEIRA, J. P.; NARAIN, N. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization. **Food Chemistry**, v. 254, p. 281–291, 2018.

SANTANA, A. A.; CANO-HIGUITA, D. M.; OLIVEIRA, R. A.; TELIS, V. R. N. Influence of different combinations of wall materials on the microencapsulation of jussara pulp (*Euterpe edulis*) by spray drying. *Food Chemistry*, v.212, p.1–9, 2016.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International*, v. 43, p. 907-914. 2010.

TONON, R.V.; BRABET, C.; HUBINGER, M.D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açai. **Inc. Soc.**, v. 6 n. 2, p.70-76, 2013.

TONON, R.V.; BRABET, C.; RUBINGER, M.D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, v.88, p.411–418, 2008.

TAHER, D. SOLBERG, S. Ø.; YU-YU CHOU, P. J.; RAKHA, M.; WU, T. World Vegetable Center Eggplant Collection: Origin, Composition, Seed Dissemination and Utilization in Breeding. **Frontiers in Plant Science**. v.8, p. 1-12, 2017.

TEIXEIRA, L.N.; STRINGHETA, P.C.; OLIVEIRA, F.A. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**. v.55, n.4, p. 297-304, 2008.

TODARO, A.; RAPISARDA, P.; CATALANO, A. E.; BARBAGALLO, R. N.; SPAGNA, G. Recovery of anthocyanins from eggplant peel. **Food Chemistry**, v. 34, n. 4, p. 434- 439, 2009.

NISHA, P.; ABDUL NAZAR, P.; JAYAMURTHY, P. A comparative study on antioxidant activities of different varieties of *Solanum melongena*. **Food and Chemical Toxicology**, v.47, p.2640–2644, 2009.

JUNG, E.; BAE, M.; JO, E.; JO, Y.; LEE, S. Antioxidant activity of different parts of eggplant. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 5, n.18, p. 4610-4615, 2011.

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.). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 3, p. 429-436, 2010.

ÁLVAREZ-HENAO, M.V.; SAAVEDRA N.; MEDINA, S.; CARTAGENA, C.J.; ALZATE, L.M.; LONDOÑO-ONDOÑO, J. Microencapsulation of lutein by spray-drying: Characterization and stability analyses to promoter its use as a functional ingredient. *Food Chemistry*, v.256, p.181-187,2018.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, Oxford, v. 5, n. 4, p. 420-428, 2005.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spraydried *Amaranthus betacyanin* pigments. *Journal of Food Science*, Malden, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.

CAPARINO, O. A., TANG, J., NINDO, C. I., SABLANI, S. S., POWERS, J. R., & FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. *Journal of Food Engineering*, 11, 135-148, 2012.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; ORTEGA-RIVAS, E.; JULIANO, P.; YAN, H. *Food Powders - Physical Properties, Processing, and Functionality*. Editora Springer, 2005. 396p.

Tonon, R.V., Brabet, C., Rubinger, M.D., 2008. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering* 88, 411–418.

GIUSTI, M.M.; WROLSTAD, R.E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, R.E. (Ed.). **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 2001, p. 2.1-2.13.

SANTANA, A. A.; CANO-HIGUITA, D. M.; OLIVEIRA, R. A.; TELIS, V. R. N. Influence of different combinations of wall materials on the microencapsulation of jussara pulp (*Euterpe edulis*) by spray drying. *Food Chemistry*, v.212, p.1–9, 2016.

SILVA, P. I.; STRINGHETA, P. C.; TEÓFILO, R. F.; OLIVEIRA, I. R. N. Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. *Journal of Food Engineering*, v. 117, p. 538-544, 2013.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried acai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International*, v. 43, p. 907–914, 2010.

OTÁLORA, M. C.; CARRIAZO, J. G.; ITURRIAGA, L.; OSORIO, C.; NAZARENO, M. A. Encapsulating betalains from *Opuntia ficus-indica* fruits by ionic gelation: Pigment chemical stability during storage of beads. *Food Chemistry*, v.202, p.373-382, 2016.

PIECZYKOLAN E, KUREK MA. Use of guar gum, gum arabic, pectin, beta-glucan and inulin for microencapsulation of anthocyanins from chokeberry. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.129 , p.665–671, 2019.

CHEN, X.D.; PATEL, K.C. Manufacturing better quality food powders from spray drying and subsequent treatments. *Drying Technology*, v.26, p.1313–1318, 2008.

FANG, Y.; SELOMULYA, C.; CHEN, X.D. On measurement of food powder reconstitution properties. *Drying Technology*, v. 26, p.3–14, 2008 .

GEA NIRO RESEARCH LABORATORY. GEA Niro analytical methods: analytical methods dry milk products. 14th ed. Søborg: GEA, 2003. 103 p

COSTA, J. P.; ROCHA, É. M. F. F.; COSTA, J. M. C. Study of the physicochemical characteristics of soursop powder obtained by spray-drying. *Food Science and Technology*, v. 34, n. 4, p. 663-666, 2014.

NAWI, MN.M. MUHAMAD, I.I. MARSIN, A.M. The physicochemical properties of microwave-assisted encapsulated anthocyanins from *Ipomoea batatas* as affected by different wall materials. . *Food Science & Nutrition*, p.1-9. 2015.

CAVALCANTE, M.D.; PLÁCIDO, G.R. OLIVEIRA, D.E.C.; FREITAS, B.S.M.; CAGNIN, C.. OLIVEIRA, D.S. Isotherms and isostatic heat of foam-mat dried yellow mombin pulp *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, n.6, p.436-441, 2018.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.47, p.1801-1812, 1999.

APÊNDICE B -AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DAS ANTOCIANINAS EM IOGURTE ELABORADO A PARTIR DE CORANTE NATURAL OBTIDO DO RESÍDUO DE *SOLANUM MELONGENA* L. ENCAPSULADO E NA FORMA LIVRE

Flavia Jamille de Figueiredo Paes Barretto, Heleni Aires Clemente, Andréa Lopes
Bandeira Delmiro Santana, Margarida Angélica da Silva Vasconcelos

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a estabilidade das antocianinas de resíduo de *Solanum melongena* L. encapsuladas pelo processo de secagem em spray dryer e não encapsuladas como corante natural em iogurtes, sob o ponto de vista físico-químico e bioativo. A extração de antocianinas foi realizada utilizando álcool de cereais 70% acidificado com ácido cítrico a pH 2.0. O extrato foi submetido a secagem por atomização utilizando como agente carreador a goma arábica em concentrações variando de 10 a 20%. Foi realizado o Delineamento experimental (2^2) tendo como variáveis independentes temperatura de secagem ($^{\circ}\text{C}$) e a concentração do agente carreador e como variável resposta o teor de antocianinas totais. Foram realizadas as seguintes análises: cor, antocianinas totais, fenólicos totais, determinação da atividade antioxidante utilizando o radical DPPH• (1,1-difenil-2-picrilhidrazil), pH e acidez. Foram calculadas a constante de degradação, o tempo de meia vida e a porcentagem de retenção de cor no iogurte. Para as antocianinas totais o valor encontrado no extrato foi de 67,21 mg 100¹g de resíduo. Foi adicionado aos iogurtes corante natural na forma de extrato livre e encapsulado, nas concentrações de 1,0; 1,5 e 2 g de antocianinas/100mL de iogurte. Os resultados médios de pH após a adição do extrato de antocianinas no iogurte, variaram entre 3,60 e 3,87. Quanto ao parâmetro de acidez para o tempo zero, no iogurte natural a acidez apresentada foi de 1,04% enquanto que as amostras 1%, 1,5% e 2% foram 1,4; 1,7 e 2,05% e 1,18; 1,29 e 1,47% para o iogurte adicionado do extrato livre e o iogurte adicionado do pó, respectivamente. A respeito de medições feitas no iogurte adicionado do extrato livre e adicionado de antocianinas encapsuladas, verificou-se maior redução no teor de antocianinas no iogurte adicionado do extrato livre durante

o armazenamento enquanto que no iogurte adicionado das antocianinas encapsuladas o teor de antocianinas se manteve constante. Considerando os dias 0 e 30 da avaliação da cor nas três formulações houve aumento em L^* , mostrando descoloração, que está relacionado à redução do teor de antocianinas. A capacidade de sequestro do radical DPPH \cdot diminuiu durante os 30 dias de armazenamento. A quantidade de compostos fenólicos variaram entre 155,01 e 239,91 mg EAG 100g¹ de iogurte, nos iogurtes adicionado do extrato livre e 214,08 e 292,00 mg EAG 100g⁻¹ de iogurte, nos iogurtes adicionado do pó. O encapsulamento das antocianinas é indicado visto que apresentaram maior estabilidade e aumento no teor dos compostos bioativos.

Termos para indexação: Antocianidinas, corante, Atomização, produtos lácteos, berinjela.

FREE AND ENCAPSULATED ANTHOCYANIN STABILITY IN YOGURT PRODUCED WITH NATURAL DYE OBTAINED FROM SOLANUM MELONGENA L. WASTE

Abstract

This research evaluated free and spray-dried encapsulated anthocyanin stability in *Solanum melongena* L. waste as a natural dye in yogurts, from the physicochemical and bioactive point of view. Anthocyanin was extracted using 70% cereal alcohol acidified with citric acid at pH 2.0. The extract was spray-dried using Arabic gum as a carrier at concentrations ranging from 10 to 20%. The experimental design (2²) was carried out with drying temperature (°C) and carrier concentration as independent variables, and with total anthocyanin content as the response variable. The following analyses were performed: color; total anthocyanins; total phenolics; antioxidant activity using the DPPH \cdot (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical; pH; and acidity. Yogurt degradation constant, half-life, and color retention percentage were calculated. The value for total anthocyanins in the extract was 67.21 mg 100¹ g of residue. Natural dye in the form of free and encapsulated extract was added to the yogurt at concentrations of 1.0; 1.5; and 2 g anthocyanins/100 mL yogurt. Average pH values after addition of anthocyanin extract to the yogurt ranged from 3.60 to 3.87. Acidity was 1.04% in natural yogurt (time zero), while 1%; 1.5%; and 2%

samples showed 1.4; 1.7; and 2.05% and 1.18; 1.29; and 1.47% acidity in free extract-added yogurt and powder-added yogurt, respectively. Anthocyanin content decreased during storage in free extract-added yogurt, remaining constant in encapsulated extract-added yogurt. The three formulations showed increased L* at thirty days, with discoloration being related to decreased anthocyanin content. DPPH• radical scavenging activity decreased during the 30 days of storage. The content of phenolic compounds ranged from 155.01 to 239.91 mg GAE 100 g⁻¹ of yogurt in free extract-added yogurt, and from 214.08 to 292.00 mg GAE 100 g⁻¹ of yogurt in powder-added yogurt. Anthocyanin encapsulation is indicated because it showed greater stability and increased content of bioactive compounds.

Index terms: Anthocyanidins, dye, atomization, dairy products, eggplant.

Introdução

A substituição de corantes artificiais por corantes naturais está entre as principais preocupações da indústria de alimentos, uma vez que os pigmentos naturais ganharam a atenção de pesquisadores e consumidores devido à sua segurança e suas propriedades nutricionais e atividade biológica. A maioria destes pigmentos naturais são ingredientes promotores da saúde porque têm mostrado efeitos preventivos contra várias doenças. As antocianinas, por exemplo, podem ter efeitos benéficos à saúde devido às suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, anticancerígenas e antidiabéticas, sendo, portanto, de grande interesse para a indústria de alimentos (RODRIGUEZ-AMAYA, 2016).

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é originária do leste e o do sudeste da Ásia e se difundiu pelo mundo a partir da Índia. É representada pelas espécies cultivadas, *Solanum macrocarpon* L. e *S. aethiopicum* L., cultivadas principalmente na África, e nos demais países é cultivada a espécie *S. melongena* L., que foi domesticada em múltiplas localizações do continente asiático (TAHER et al., 2017; KNAPP et al., 2013). No Brasil, as berinjelas mais conhecidas são as de frutos escuros, com coloração roxa, com pequenas variações de tonalidades (cor de vinho escura, preta brilhante). A cor externa do fruto, é devido à presença de flavonoides do tipo

antocianinas (TEIXEIRA et al., 2008; TADORO et al., 2009; NISHA et al., 2009; JUNG et al., 2011).

As antocianinas têm baixa estabilidade, devido à sensibilidade, a mudanças no pH, temperatura, luz, oxigênio, entre outros fatores, que se tornam a principal limitação desses pigmentos a serem aplicados como substitutos potenciais dos corantes artificiais em alimentos. No entanto, a estabilidade destes compostos bioativos pode ser marcadamente melhorada com o encapsulamento, possibilitando que suas propriedades permaneçam sem alteração por períodos de tempo mais longos (MUHAMAD et al., 2018; OTÁLORA et al, 2019).

As antocianinas do resíduo de *Solanum melongena* L. podem potencialmente ser usadas como um aditivo, não apenas em termos de cor, mas também por causa das propriedades antioxidantes e sua estabilidade sob condições ácidas. Assim, o uso das antocianinas como aditivo para iogurte, que é ácido e armazenado sob refrigeração, pode ser viável além agregar mais valor ao iogurte bem como para o fruto de berijela.

Neste contexto, o desenvolvimento de derivados lácteos adicionados de antocianinas é uma alternativa viável para indústria alimentícia, sendo necessárias pesquisas que venham contribuir para seu desenvolvimento, a fim de difundir seu potencial no mercado. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar a estabilidade das antocianinas de resíduo de *Solanum melongena* L. encapsuladas pelo processo de secagem em spray dryer e não encapsuladas como corante natural em iogurtes, sob o ponto de vista físico-químico e bioativo.

Material e Métodos

Material

Fruto

Os frutos *Solanum melongena* L. foram adquiridos no comércio local da cidade de Recife-PE, no estágio de maturação maduro, definidos pela coloração de sua casca apresentando a cor roxa. Para obtenção da casca os frutos foram sanitizados com hipoclorito de sódio conforme recomendação do fabricante, por 15 minutos, deixados secar a temperatura ambiente e descascados com faca de aço inoxidável e em seguida submetidos a extração das antocianinas.

Bactérias Lácticas

Foram adquiridas na cidade de Natal-RN as culturas lácticas liofilizadas Yolac Y70A5U, contendo *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* e *Streptococcus salivarius* ssp. *Thermophilus*.

Métodos

Obtenção do extrato antociânico de resíduo de *Solanum melongena* L.

Foi realizada a extração do resíduo de *S. melongena* utilizando álcool etílico hidratado de cereais 70% (milho, arroz) acidificado com ácido cítrico a pH 2, durante 48 horas, a uma temperatura de 5 ° C e ausência de luz (SILVA et al, 2010). O extrato foi concentrados sob vácuo, à temperatura de 38 ° C até 15% do volume inicial. O extrato antociânico foi acondicionado em frascos escuros e armazenadas (-18 ° C) para posterior aplicação no iogurte e realização da secagem. Foi quantificado o teor inicial de antocianinas totais no extrato.

Secagem por atomização

Uma parte do extrato foi submetida à secagem por atomização utilizando como agente carreador a goma arábica em concentrações variando de 10 a 20%. Para a secagem em escala laboratorial foi utilizado um mini spray dryer – Lab Maq, modelo MSDi 1.0, que opera com vazão de líquido de 0,2 – 1,0 L/h, com bico injetor de 1,2 mm de diâmetro, fluxo de ar de 30 m³ /h e pressão do ar de 0,6 bar. Foi utilizado uma vazão mássica média de 0,84 L/h.

Delineamento experimental

Foi realizado o delineamento experimental (2²), tendo como variáveis independentes temperatura de secagem (° C) e a concentração de goma arábica e como variável resposta o teor de antocianinas totais. Baseado nos resultados a melhor condição foi aplicada no iogurte, onde foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC).

Preparação do iogurte

Ao leite UHT foi adicionado açúcar cristal referente a 10% do volume do leite e 5% de leite em pó para aumentar a quantidade de sólidos. Foi aquecido até 42° C e em seguida adicionado 2% de fermento láctico, onde foi utilizada uma cultura comercial de *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* e *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*; após esta etapa foi realizada a incubação até pH de 4,5 a 4,7 (43-45 °

C) por 4 horas em estufa. Posteriormente, o iogurte foi resfriado a 4 ° C (± 1 ° C) e em seguida, homogeneizado e adicionado de corante natural extraído do resíduo de *Solanum melongena* L., na forma de extrato e encapsulado, nas concentrações de 1,0; 1,5 e 2 g de antocianinas/100mL de iogurte.

Estabilidade do iogurte:

Armazenamento

Os produtos foram acondicionados em frascos de vidro protegidos da luminosidade e estocados por um período de 30 dias a 4 ° C em ausência de luz. Durante esse período as formulações foram avaliadas no primeiro dia e a cada 10 dias, sendo retiradas três amostras de cada tratamento para verificar a cor, a concentração de antocianinas totais, atividade antioxidante, fenólicos totais, pH e acidez.

Análise colorimétrica

A avaliação objetiva da cor dos iogurtes foi efetuada por meio da colorimetria de triestímulos, no sistema CIELAB ($L^*a^*b^*$), utilizando um colorímetro (Konica Minolta). Efetuada a leitura no eixo L^* (luminosidade), que varia do preto (0) ao branco (100); no eixo a^* , do verde (-a) ao vermelho (+a) e no eixo b^* , do azul (-b) ao amarelo (+b). Os valores a^* e b^* foram usados para calcular o ângulo Hue ($^{\circ}h^* = \text{tang } b^* \cdot a^*$). O croma (C^*) expressa a saturação ou intensidade da cor, enquanto o ângulo de matiz (h°) indica a cor observável e é definido como iniciando no eixo $+a^*$, em graus, em que 0° é $+a^*$ (vermelho), 90° é $+b^*$ (amarelo), 180° é $-a^*$ (verde), e 270° é $-b^*$ (azul).

Acidez Titulável (AT) e pH

A acidez titulável e o pH foram determinados segundo metodologia descrita pela AOAC (2005).

Extração de antocianinas do iogurte

Para a extração das antocianinas do iogurte, foi misturado 20g das amostras de iogurtes com 20mL de ácido tricloroacético a 20% em água. Após agitação por 30 segundos as amostras foram incubadas em banho de aquecimento a 42°C por 10 minutos e, em seguida, centrifugadas a 3500rpm por 15 minutos e o sobrenadante filtrado e utilizado diretamente nas análises (ZULUETA et al., 2009). Os extratos filtrados foram utilizados para determinação das antocianinas totais, atividade

antioxidante e fenólicos totais.

Antocianinas totais

O conteúdo de antocianinas foi determinado pelo método de pH diferencial descrito por Giusti; Wrolstad (2001), utilizando espectrofotômetro Shimadzu UV 1650 PV.

Determinação de atividade antioxidante

Método DPPH^{*} (1,1-difenil-2-picrilhidrazil)

Os extratos obtidos foram utilizados para avaliar a capacidade de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH^{*}), de acordo com o método descrito por Brand-Williams, Cuvelier, Berset (1995), com modificações. Alíquotas de 0,2 mL de cada extrato foram transferidas para tubos de ensaio contendo 3,8 mL de solução de DPPH^{*} em metanol (0,1 mM). Após leve agitação, os tubos foram deixados ao abrigo da luz à temperatura ambiente ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) e ao final de 60 minutos a absorbância foi registrada a 515nm em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC). Metanol foi utilizado para zerar o espectrofotômetro e uma solução, contendo 0,2 mL de metanol e 3,8 mL de DPPH^{*}, foi utilizada como branco.

Determinação de fenólicos totais

O teor de fenólicos totais dos extratos foi determinado, por método espectrofotométrico, utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (Merk) tendo o ácido gálico como padrão de referência (WETTASINGHE; SHAHIDI, 1999). Os resultados foram expressos em mg de fenólicos totais em equivalente de ácido gálico (EAG) por 100g de polpa.

Cinética de degradação das antocianinas

O modelo cinético de primeira ordem foi utilizado para descrever degradação de antocianinas durante o armazenamento de iogurtes. A constante de degradação (K) (equação 1), o tempo de meia vida ($t_{1/2}$), definindo como o tempo em que metade do teor de antocianinas decai (equação 2) e a porcentagem de retenção (equação 3) de cor foram determinados de acordo com a metodologia descrita por Wallace e Giusti, (2008); Katsaboxakis et al. (1998).

$$A_t = A_0 \times \exp(-k \times t) \quad (1)$$

$$t_{1/2} = \ln(2)/k \quad (2)$$

$$\% \text{ Retenção} = A_t / A_0 \times 100 \quad (3)$$

Onde k = constante de reação, t = tempo (h) , A_t = antocianinas final A_0 = antocianinas inicial, $t_{1/2}$ = tempo de meia vida.

Tratamento estatístico: Todas as determinações foram realizadas em triplicata e as médias dos valores encontrados foram submetidas à Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico “Statística” (Statsoft inc 7.0).

Resultados e Discussão

Extração

O teor de antocianinas totais determinado no extrato do resíduo de *Solanum melongena* L. foi de 67,21 mg 100¹g de resíduo. Tadaró et al. (2009) ao determinarem o teor de antocianinas total de casca de berinjela extraída com diferentes solventes extratores encontraram valores próximos ao desse estudo, 65,79 mg 100¹g de casca, utilizando ácido málico e 69,40 mg 100¹g de casca, com ácido tartárico; e superior com extração em etanol 70% acidificado 1% HCL 76,44 67,21 mg 100¹g de casca. O resultado encontrado confirma o aproveitamento do resíduo de *Solanum melongena* L., como fonte potencial de antocianinas.

Secagem por atomização

Os resultados obtidos para secagem do extrato do resíduo de *Solanum melongena* L. foram satisfatórios (Tabela 1), tendo como melhor condição para preservação das antocianinas a secagem na temperatura de 150° C e 15% de goma arábica (condição observada no ponto central do planejamento). De acordo com o diagrama de Pareto (Figura 1), correspondente aos efeitos das variáveis independentes no processo de secagem, evidenciou-se que a concentração e temperatura tiveram influência no teor de antocianinas, tanto individualmente quanto combinados. Foi observado que os valores intermediários para os parâmetros analisados são os mais indicados. Bernstein e Noreña (2015) também obtiveram melhor resposta utilizando 15% do agente carreado a uma temperatura de 140°C ao encapsularem antocianinas de repolho vermelho.

Qualidade físico-química de iogurtes

Os resultados médios para pH após a adição do extrato livre de antocianinas no iogurte, exibidos nas figuras 2 e 3, apresentaram diferenças significativas entre as três formulações no tempo zero e do iogurte natural, ficando todas entre 3,60 e 3,87, enquanto que o pH do iogurte natural foi 4,57 demonstrando a interferência da inclusão do extrato de antociânico no pH dos iogurtes. Esse fato é decorrente do pH ácido das frutas que interferem no pH final do iogurte. Campos et al. (2017) em iogurte adicionado de polpa de açaí, constataram o decréscimo do pH conforme o aumento de polpa.

Foi observado que ao adicionar o extrato encapsulado ao iogurte os valores obtidos de pH tiveram menor decréscimo em relação ao iogurte contendo extrato não encapsulado. Isso pode ser decorrente da presença de algum resíduo do solvente extrator no extrato puro e também pelo fato das antocianinas estarem protegidas pelo material de parede, sendo liberada aos poucos e dessa forma não ocorrendo grande interferência nos iogurtes adicionados de antocianinas encapsuladas.

Vale ressaltar também que com exceção da Formulação 2% aos 30 dias e o iogurte natural (sem corante) no tempo zero, todas as formulações enquadram-se na faixa recomendada pela Instrução Normativa nº 46 de 24 de outubro de 2007 do MAPA, que estabelece o pH ideal para identidade e qualidade do iogurte entre 3,6 e 4,5 (BRASIL, 2007).

Quanto ao parâmetro de acidez (Tabela 2) para o tempo zero e no iogurte natural a acidez apresentada foi de 1,04% e 0,98%, respectivamente, enquanto que as amostras 1%, 1,5% e 2% foram respectivamente 1,4; 1,7 e 2,05% (extrato livre) e 1,18; 1,29 e 1,47 (encapsulado), ocorrendo menor variação da acidez no iogurte adicionado de antocianinas encapsuladas. Foi observado que tanto no tempo zero quanto ao final do período experimental de 30 dias o iogurte natural bem como os iogurtes adicionados de antocianinas encapsuladas enquadraram-se nos requisitos físico-químicos exigidos pela legislação, que estabelece a acidez ideal em ácido láctico para iogurte de 0,6% a 1,5%. Os resultados de acidez titulável para todos os iogurtes aumentaram à medida que o teor de extrato aumentou, assim como durante o período de armazenamento.

Estabilidade

Antocianinas Totais

Os valores médios obtidos para antocianinas encontram-se na tabela 3. Ocorreu o decaimento das antocianinas durante o período de estocagem. A estabilidade de compostos como as antocianinas pode ser afetada pela presença de oxigênio, luz e pH e, conseqüentemente, elas podem ser degradadas, nas condições de processamento e armazenamento dos alimentos. Aos 30 dias de experimento não foi identificado mais teor de antocianinas no extrato livre.

Verificou-se que o teor de antocianinas no iogurte foi diferente dos níveis encontrado no extrato, mostrando uma redução drástica do teor no iogurte com extrato livre durante o armazenamento enquanto que no pó se manteve constante, provando dessa forma que a utilização da secagem das antocianinas por spray dryer é viável, podendo ser testada industrialmente.

Aos 20 dias de armazenamento foi obtido no presente estudo a degradação entre 56,68-68,85% de antocianinas adicionadas de forma livre no iogurte. Esses resultados corroboram os encontrados por Ścibisz et al (2019), em estudo da estabilidade de antocianinas em iogurte adicionados de morango e cereja, onde relataram que as perdas de antocianinas em comparação com o iogurte recém produzido foram de cerca de 11-43% após 2 semanas e 19-63% após 8 semanas de armazenamento. Da mesma forma Campus et al (2017) ao avaliarem a estabilidade das antocianinas de polpa de açaí adicionados ao iogurte (IA) e ao leite fermentado (LFA), verificaram a perda de antocianinas em LFA (50,4%) e IA (40,6%) quando considerando o período de armazenamento de 28 dias. Os autores justificaram que essa reduções nos teores de antocianinas podem estar relacionados à incorporação de oxigênio durante o processamento e adição de polpa ou à tendência destes compostos para estabilizar espécies reativas de oxigênio (CAMPUS et al, 2017)

Análises Colorimétrica

Os gráficos 4 e 5 apresenta os valores médios de L*, (gráfico 6 e 7) a* e (gráfico 8 e 9) b* obtidos das análises colorimétricas de iogurte adicionado de antocianinas livres e encapsuladas de resíduos de *Solanum melongena* L., mantidos na ausência de luz, à temperatura de 4°C durante um período de trinta dias. Através dos resultados da leitura da cor, nota-se no eixo a* que houve variação significativa durante a vida útil dos iogurtes.

Considerando os dias 0 e 30 da avaliação do níveis médios de extrato nas três formulações houve aumento em L*, mostrando descoloração, que é relacionado à redução do teor de antocianinas. Quanto à cromaticidade b*, houve um aumento desta variável para o amarelo, principalmente na formulação 1%. Estes resultados são consistentes com estudos de Ścibisz et al (2012) em iogurtes probióticos de mirtilo, uma vez que relataram aumento no parâmetro L* e aumento no parâmetro b* durante o armazenamento de iogurte para o possível conversão de cátion flavílio (colorido) em formas incolores ou amareladas.

Atividade Antioxidante

DPPH

A capacidade de sequestro do radical DPPH* (tabela 4) diminuiu durante os 30 dias de armazenamento, tendo maior atividade antioxidante a amostra encapsulada (2%) no tempo zero (68,93%) e a menor atividade antioxidante o iogurte natural aos 30 dias de estocagem. Verificou-se um aumento da atividade antioxidante ao comparar o extrato de antocianinas encapsulado e não encapsulado, podendo relacionar à proteção das antocianinas pelo agente encapsulante.

De maneira geral, percebeu-se que a concentração de antocianinas é diretamente proporcional a atividade antioxidante do iogurte envolvido, isto é, quanto maior a quantidade do extrato antociânico, maior a ação antioxidante.

Bernstein e Noreña (2015) relataram que a atividade antioxidante do extrato de repolho vermelho em água acidificada foi de aproximadamente 34,6% e, nos produtos desidratados, diminuiu para um nível entre 14 e 22,5%, constatando que essa diminuição foi consequência de altas temperaturas do ar na saída do atomizador, o que provocou uma degradação dos compostos responsáveis pela atividade antioxidante. Tanongkankit et al. (2015) descobriram que a atividade

antioxidante total, medida pela eliminação do radical DPPH, diminuiu continuamente durante a secagem. Porém no trabalho apresentado não foi encontrado essa relação.

Fenólicos Totais

A quantidade de compostos fenólicos presentes nos iogurtes adicionados de antocianinas livres e encapsuladas variaram entre 155,01 e 239,91 mg EAG 100g⁻¹ de iogurte enquanto que no pó variaram de 225,17 e 292,00 mg EAG 100g⁻¹ de iogurte (Tabela 5). Foi verificado que os teores de fenólicos no pó apresentaram maior quantidade que no extrato, porém isso também está relacionado ao fato de que estão mais concentrados.

Nisha et al (2009) ao quantificarem o teor de fenólicos totais em berinjela encontraram o teor valores entre 49,02 e 106,98 91 mg EAG 100g⁻¹. Valores inferiores ao encontrado nesse trabalho tanto para os iogurtes adicionados de extrato não encapsulado do resíduo de *Solanum melongena* L. quanto para os iogurtes adicionados do extrato encapsulado.

Robert et al (2010) em estudo com encapsulamento de polifenóis e antocianinas de romã por secagem por atomização observaram que quando as microcápsulas foram adicionadas ao iogurte, a estabilidade dos compostos bioativos seguiu um comportamento semelhante àqueles sem encapsulamento. Já no presente estudo esse comportamento foi diferente, obtendo melhores teores de fenólicos para os iogurtes adicionados das microcápsulas.

Cinética de Degradação

A Tabela 6 mostra o comportamento dos extratos armazenados ao longo do tempo. Foi determinada a velocidade de degradação e a partir dos valores obtidos de K, foram calculados os valores do tempo de meia vida ($t_{1/2}$), sendo usado como parâmetro para estimar a estabilidade.

Como os cálculos da meia-vida e da retenção de cor dependem das mesmas variáveis (absorbância inicial e absorção final), era esperado que a meia-vida se comportasse de maneira semelhante à retenção de cor. A meia-vida das amostras de iogurte adicionados de 1,5% e 2% do extrato antocianinas

encapsuladas, foi de uma média de 4.265,52 e 4.496,16 (178 e 187 dias respectivamente). Este valor é relativamente alto porque o prazo de validade do iogurte é de 45 dias. A maior retenção de cor assim como o maior tempo de meia vida (2.310 dias) foi obtido para o iogurte adicionado de 1% de antocianina encapsulada.

Conclusão

O encapsulamento das antocianinas mesmo sendo um processo mais dispendioso do ponto de vista financeiro é indicado, uma vez que as antocianinas apresentaram maior estabilidade e obteve um aumento no teor dos compostos bioativos com aplicação da atomização.

As respostas obtidas na estabilidade do iogurte foram superiores no iogurte incorporado de antocianina encapsuladas. Todas as formulações do extrato não encapsulado, apresentaram índice de degradação das antocianinas significativo durante o período de armazenamento, apresentado também perda da ação antioxidante.

Referências

AOAC INTERNATIONAL. **Official Methods of Analysis of AOAC International**, 18th ed., Gaithersburg: AOAC International, 2005.

BERNSTEIN, A., NOREÑA, C.P.Z. Thermodynamic sorption of red cabbage extract (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. f. *rubra*) encapsulated by spray drying. **Journal of Food Science and Technology**, v.52, n.12, p.8180-8187, 2015.

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

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 46 de 23 de outubro de 2007. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. Diário Oficial da União, Brasília, seção 1, p.5, 24 de outubro de 2007.

CAMPOS, D.C.S.; NEVES, L.T.B.C.; FLACH, A. ; COSTA, L.A.M.A.; SOUSA, B.O. Post-acidification and evaluation of anthocyanins stability and antioxidant activity in açai fermented milk and yogurts (*Euterpe oleracea* Mart.) *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 39, n.5: p 1-13, 2017.

- GIUSTI, M.M.; WROLSTAD, R.E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, R.E. (Ed.). **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 2001, p. 2.1-2.13.
- JUNG, E.; B. A. E. M.; JO, E.; JO, Y.; LEE, S. Antioxidant activity of different parts of eggplant. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 5, n.18, p. 4610-4615, 2011.
- KATSABOXAKIS, K.; PAPANICOLAOU, D.; MELANITOU, M. Stability of pigmented orange anthocyanins in model and real food system. **Italian Journal Food Science**, v.10, n.1, p.17-25, 1998.
- KNAPP S.; VORONTSOVA M.S.; PROHENS J. Wild Relatives of the Eggplant (*Solanum melongena* L.: Solanaceae): New Understanding of Species Names in a Complex Group. **Plos One**, v. 8, n. 2, p.1-12, 2013.
- MUHAMAD, I. I.; YANTI, M. M. J.; NORAZLINA, M. N.; AZNI, A. A.; ALYANI, M. P.; HONG, L. L. Advanced Natural Food Colorant Encapsulation Methods: Anthocyanin Plant Pigment. **Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes**. n. 15, p. 495-526. 2018.
- NISHA, P.; ABDUL NAZAR, P.; JAYAMURTHY, P. A comparative study on antioxidant activities of different varieties of *Solanum melongena*. **Food and Chemical Toxicology**, v.47, p.2640–2644, 2009.
- OTÁLORA, M. C.; CARRIAZO, J. G.; ITURRIAGA, L.; OSORIO, C.; NAZARENO, M. A. Encapsulating betalains from *Opuntia ficus-indica* fruits by ionic gelation: Pigment chemical stability during storage of beads. **Food Chemistry**, v.202, p.373-382, 2016.
- ROBERT, P.; GORENA, T. ROMERO, N.; SEPULVEDA, E.; CHAVEZ, J.; SAENZ, C. Encapsulation of polyphenols and anthocyanins from pomegranate (*Punica granatum*) by spray drying. **International Journal of Food Science and Technology**, v.45, p.1386–1394, 2010.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Natural food pigments and colorants. **Science Direct**, v.7, p.20–26, 2016.
- ŚCIBISZ, I.; ZIARNO, M.; MITEK, M. Color stability of fruit yogurt during storage. **Journal of Food Science and Technology**, v.56, n4, p.1997-2009, 2019.
- ŚCIBISZ, I.; ZIARNO, M.; MITEKA, M.; ZAREBA, D. Effect of probiotic cultures on the stability of anthocyanins in blueberry yogurts. **Food Science and Technology**, Hoboken, v.49, n.2, p.208-212, 2012.
- 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.). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 3, p. 429-436, 2010.

- TADARO, A.; RAPISARDA, P.; CATALANO, A. E.; BARBAGALLO, R. N.; SPAGNA, G. Recovery of anthocyanins from eggplant peel. **Food Chemistry**, v. 34, n. 4, p. 434- 439, 2009.
- TAHER, D. SOLBERG, S. Ø.; YU-YU CHOU, P. J.; RAKHA, M.; WU, T. World Vegetable Center Eggplant Collection: Origin, Composition, Seed Dissemination and Utilization in Breeding. **Frontiers in Plant Science**. v.8, p. 1-12, 2017.
- TANONGKANKIT, Y.; CHIEWCHAN, N.; DEVAHASTIN, S. Evolution of antioxidants in dietary fiber powder produced from white cabbage outer leaves: effects of blanching and drying methods. **Journal of Food Science and Technology**, v.52, n. 4, p. 2280–2287, 2015.
- TEIXEIRA, L.N.; STRINGHETA, P.C.; OLIVEIRA, F.A. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**. v.55, n.4, p. 297-304, 2008.
- WALLACE, T.C.; GIUSTI, M.M. Determination of color, pigment and phenolic stability in yogurt systems colored with nonacylated anthocyanins from *Berberis boliviana* L. as compared to other natural/synthetic colorants. **Journal of Food Science**, v.73, n.4, p.241-248, 2008.
- WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.47, p.1801-1812, 1999.
- ZULUETA, A.; MAURIZI, A.; FRÍGOLA, A.; ESTEVE, J. M.; COLI, R.; BURINI, G. Antioxidant capacity of cow milk and deproteinized milk. **International Dairy Journal**, v.19, n.6-7, p.380-385, 2009.

Tabela 1 - Valores das respostas obtidos nas secagem do extrato do resíduo de Solanum melongena L. em atomizador.

Ensaio	Temperatura (°C)	Goma arábica	Antocianinas (mg/100g de resíduo)
1	(-1) 130	(-1) 10	18,43
2	(+1) 180	(-1) 10	21,11
3	(-1) 130	(+1) 20	15,76
4	(+1) 180	(+1) 20	5,81
5	(2) 150	(2) 15	40,48
6	(2) 150	(2) 15	42,61
7	(2) 150	(2) 15	40,14
8	(2) 150	(2) 15	39,81

Figura 1 - Diagrama de Pareto.

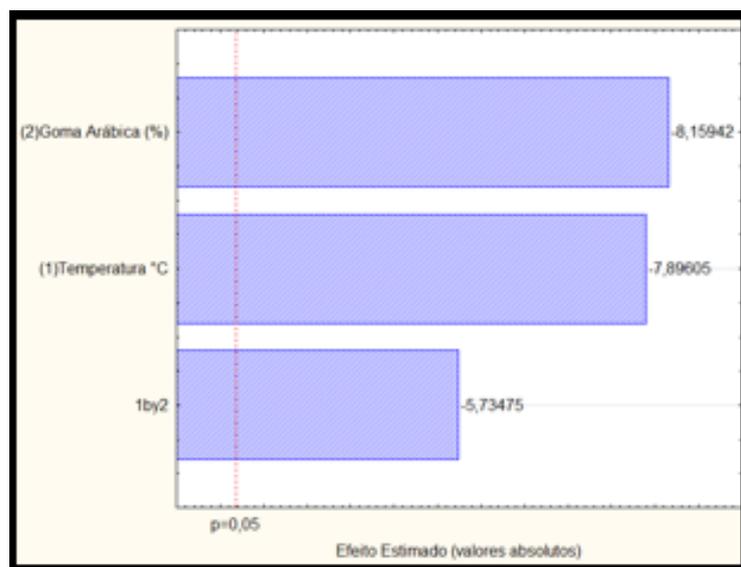


Figura 2 - Distribuição média de pH no extrato livre avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.

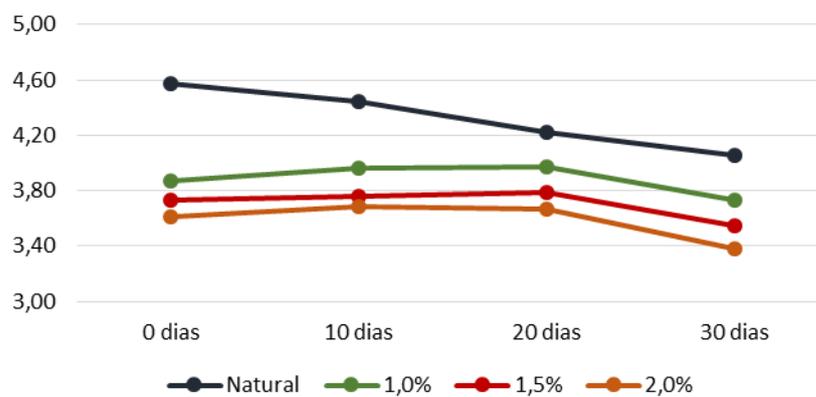


Figura 3 - Distribuição média de pH no pó avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.

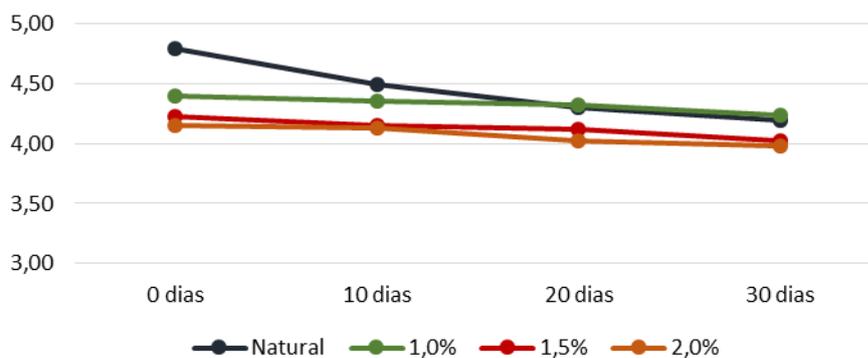


Tabela 2 - Comparativo entre os valores obtidos para acidez do iogurte adicionado de antocianinas de resíduos de *Solanum melongena* L. na forma de extrato livre e encapsuladas.

Tipo	Ensaio	Tempo			
		0 dias	10 dias	20 dias	30 dias
Extrato	Natural	1,04 a	1,04 a	1,10 a	1,11 a
	1,0%	1,49 a	1,54 ab	1,52 a	1,61 b
	1,5%	1,70 a	1,79 b	1,84 b	1,82 b
	2,0%	2,05 a	2,06 a	2,05 a	2,05 a
Pó	Natural	0,98 a	0,99 a	1,03 a	1,07 a
	1,0%	1,18 a	1,19 a	1,41 b	1,21 a
	1,5%	1,29 a	1,28 a	1,30 a	1,33 a
	2,0%	1,47 a	1,48 a	1,48 a	1,49 a

* Formulação 1%- Adição de 1% do extrato ** Formulação 1,5%- Adição de 1,5% do extrato
 ***Formulação 2%- Adição de 2% do extrato. Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

Tabela 3 - Teor de antocianinas em iogurte adicionado de resíduos de *Solanum melongena* L na forma de extrato livre e encapsuladas.

Tipo	Ensaio	Tempo			
		0 dias	10 dias	20 dias	30 dias
Extrato livre	1,0%	7,51 a	3,87 b	2,36 c	0,00 d
	1,5%	7,57 a	4,93 b	2,59 c	0,00 d
	2,0%	8,01 a	4,72 b	3,47 c	0,00 d
Encapsuladas	1,0%	18,00 a	17,81 a	17,81 a	17,79 a
	1,5%	19,37 a	19,00 ab	17,37 ab	17,22 b
	2,0%	21,37 a	21,59 a	20,93 a	19,15 b
iogurte Natural	-	-	-	-	-

Antocianinas totais (mg 100g¹ de iogurte) * Formulação 1%- Adição de 1% do extrato **
 Formulação 1,5%- Adição de 1,5%do extrato ***Formulação 2%- Adição de 2% do
 extrato. Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre
 si pelo Testede Tukey ($p > 0,05$).

Figura 4 - Distribuição média da componente L* da cor no extrato livre avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.

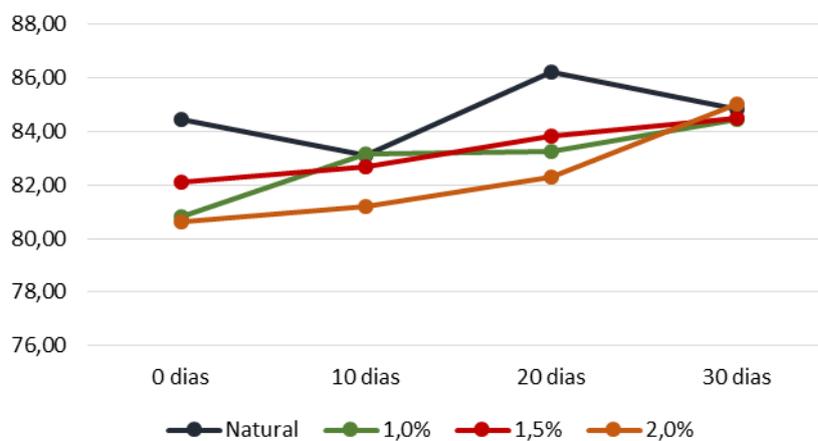


Figura 5 - Distribuição média da componente L* da cor no extrato encapsulado avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo

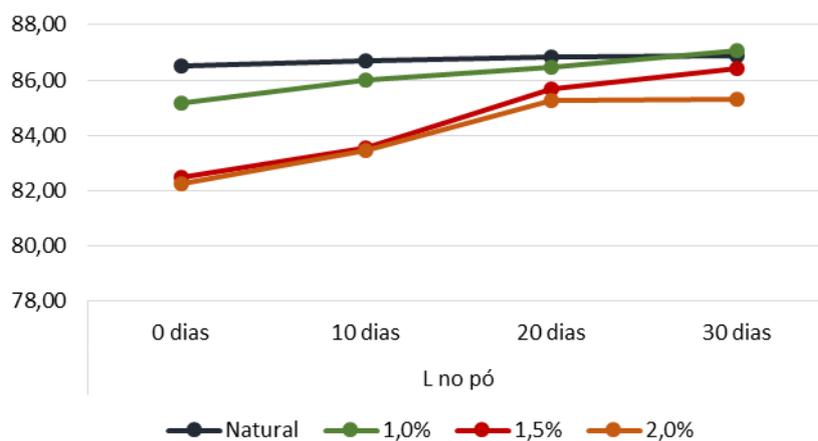


Figura 6 - Distribuição média da componente a* da cor no extrato livre avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.

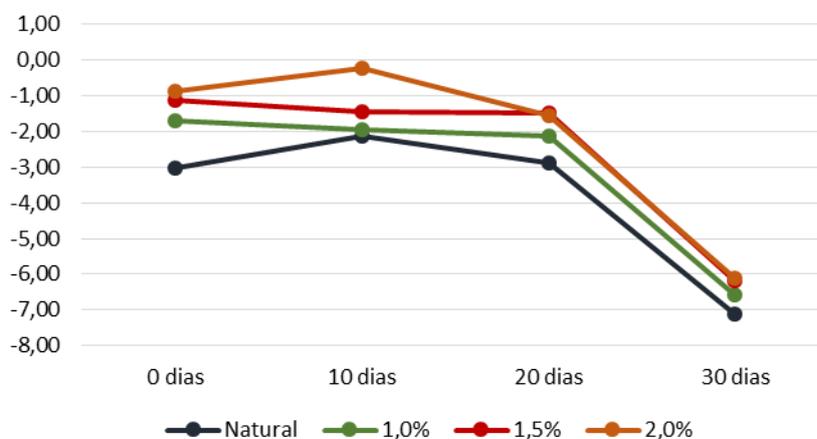


Figura 7 - Distribuição média da componente a* da cor no extrato encapsulado avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.

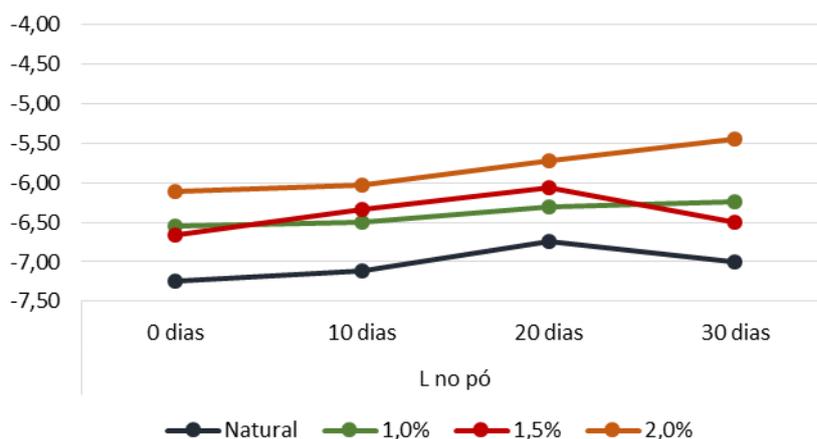


Figura 8 - Distribuição média da componente b* da cor no extrato livre avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.

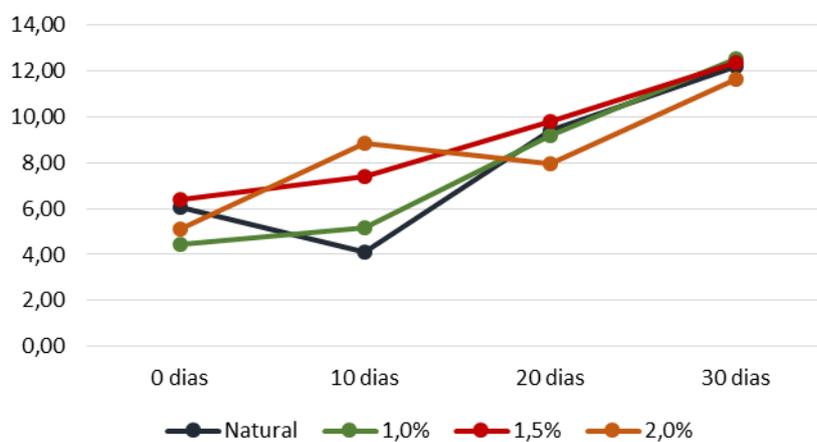


Figura 9 - Distribuição média da componente b* da cor no extrato encapsulado avaliadas nos diferentes ensaios no decorrer do tempo.

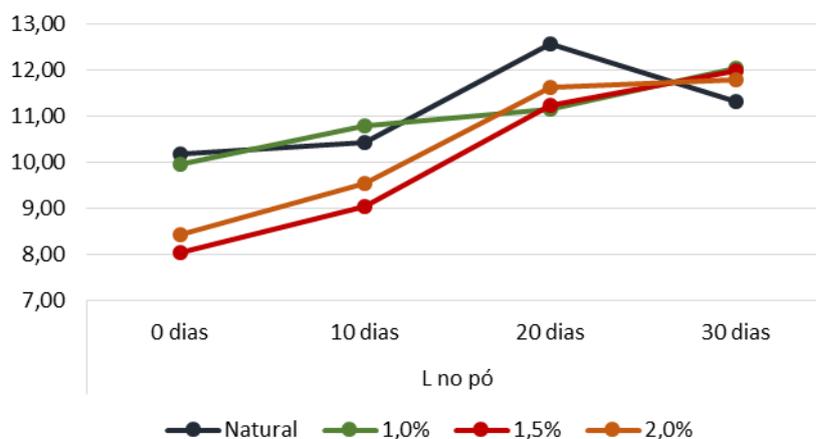


Tabela 4 - Capacidade de sequestro (%) do radical DPPH' em iogurte adicionado de extrato de antocianinas de resíduos de Solanum melongena L. na forma de extrato livre e encapsuladas.

Tipo	Ensaio	Tempo			
		0 dias	10 dias	20 dias	30 dias
Extrato livre	Natural	24,76 a	24,77 a	22,72 ab	19,75 b
	1,0%	35,70 a	33,55 a	28,22 b	22,48 c
	1,5%	49,78 a	39,00 b	38,39 b	29,05 c
	2,0%	51,27 a	43,07 b	42,27 b	34,85 c
Encapsulado	Natural	24,77 a	24,77 a	22,73 a	19,75 b
	1,0%	53,56 a	51,90 a	48,90 b	44,16 c
	1,5%	64,64 a	61,04 b	52,93 c	47,56 d
	2,0%	68,93 a	55,25 b	51,47 c	50,00 c

* Formulação 1%- Adição de 1% do extrato ** Formulação 1,5%- Adição de 1,5% do extrato

***Formulação 2%- Adição de 2% do extrato. Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

Tabela 5 - Teores de fenólicos totais em extratos obtidos do iogurte adicionado de resíduos de *Solanum melongena* L.

Tipo	Ensaio	Tempo			
		0 dias	10 dias	20 dias	30 dias
Extrato livre	Natural	187,14 a	172,68 a	161,48 a	120,33 b
	1,0%	207,52 a	203,26 a	177,29 a	106,01 b
	1,5%	235,60 a	203,14 ab	177,38 b	172,46 b
	2,0%	239,90 a	209,00 ab	184,57 b	172,32 b
Encapsulado	Natural	255,00 a	250,67 a	232,41 ab	214,08 b
	1,0%	270,02 a	263,34 a	238,40 b	225,17 b
	1,5%	286,97 a	283,40 a	271,55 a	269,09 a
	2,0%	291,98 a	286,41 a	285,20 a	281,97 a

* GAE: equivalente em ácido gálico ** Formulação 1%- Adição de 1% do extrato *** Formulação 1,5%- Adição de 1,5% do extrato ****Formulação 2%- Adição de 2% do extrato. Valores na mesma linha seguidos da letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 6 - Valores das constantes de degradação, do tempo de meia vida e retenção de cor em extratos obtidos do iogurte adicionado de resíduos de *Solanum melongena* L.

logurtes*	Constante de degradação	Tempo de meia vida ($t_{1/2}$) horas	Retenção de cor (%)
Extrato 1%	K= 0,0583	285,34	31,02
Extrato 1,5%	K= 0,0536	310,32	32,10
Extrato 2%	K=0,0418	397,92	43,32
Pó 1%	K= 0,0003	55.451,76	98,83
Pó 1,5%	K= 0,0039	4.265,52	88,90
Pó 2%	K=0,0037	4.496,16	89,61

logurtes* adicionados de antocianinas de resíduo de resíduo de *Solanum melongena* L. na forma de extrato e na forma de pó.