

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Luana de Souza Futigami

**APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE VINIFICAÇÃO PARA
OBTENÇÃO DE CORANTE NATURAL DE ANTOCIANINAS COM POTENCIAL
APLICAÇÃO EM ALIMENTOS. UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Florianópolis

2021

Luana de Souza Futigami

**APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE VINIFICAÇÃO PARA
OBTENÇÃO DE CORANTE NATURAL DE ANTOCIANINAS COM POTENCIAL
APLICAÇÃO EM ALIMENTOS. UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Vivian Maria Burin

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Futigami, Luana de Souza

Aproveitamento dos resíduos do processo de vinificação para obtenção de corante natural de antocianinas com potencial aplicação em alimentos. Uma revisão bibliográfica / Luana de Souza Futigami ; orientadora, Vivian Maria Burin , 2021.

57 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2. Bagaço. 3. Borra. 4. Extração. 5. Compostos fenólicos. I. Burin , Vivian Maria. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

Luana de Souza Futigami

**APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE VINIFICAÇÃO PARA
OBTENÇÃO DE CORANTE NATURAL DE ANTOCIANINAS COM POTENCIAL
APLICAÇÃO EM ALIMENTOS. UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos” e aprovado em sua forma final.

Florianópolis, 04 de maio de 2021.



Documento assinado digitalmente
Ana Carolina de Oliveira Costa
Data: 17/05/2021 18:49:15-0300
CPF: 951.255.740-15
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.^a Dr.^a Ana Carolina de Oliveira Costa
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Vivian Maria Burin
Data: 18/05/2021 09:50:36-0300
CPF: 004.528.930-11
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.^a Dr.^a Vivian Maria Burin
Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Carlise Beddin Fritzen Freire
Data: 18/05/2021 08:41:59-0300
CPF: 036.171.269-36
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.^a Dr.^a Carlise Beddin Fritzen Freire
Avaliadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Renata Dias de Mello Castanho Amboni
Data: 18/05/2021 08:51:21-0300
CPF: 932.703.489-91
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.^a Dr.^a Renata Dias de Mello Castanho Amboni
Avaliadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais e às minhas filhas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde e proteção.

A minha mãe, por tudo, principalmente pela vida, educação, carinho, proteção, dedicação e por me mostrar que a vida pode sempre ser mais leve e feliz. Ao meu pai, que me ensinou a importância do caráter, do estudo, da persistência e mesmo não estando mais aqui, encontrou uma maneira de me ajudar a realizar este sonho.

As minhas filhas Eduarda e Rafaela, por serem a minha alegria, minha força e por terem me apoiado nesta etapa, mesmo tendo que abrir mão de algumas coisas para que eu realizasse esse sonho. Obrigada por me admirar, me compreender, me ajudar e pela paciência com minha ausência em tantos momentos de estudo.

Aos meus irmãos, Luciano e Jorge, que mesmo longe, sempre me apoiaram e acreditaram em mim, e serão para sempre parte de mim. Aos meus avós, principalmente ao meu avô Antônio que sempre foi muito mais que um avô.

A minha orientadora, Profa. Dra. Vívian Maria Burin, por ter acreditado em mim, e ter compartilhado comigo o seu tempo e seus conhecimentos. Obrigada pelos direcionamentos, pelas conversas, por ter contribuído tanto para o meu crescimento acadêmico e principalmente por sempre conseguir fazer isto com carinho e dedicação. Meu eterno agradecimento e admiração.

A todos os professores que compartilharam seus conhecimentos e experiências e me ajudaram em todos os momentos. Minha eterna gratidão a todos pelo privilégio de ouvi-los.

Aos amigos de laboratório, Jeferson e Maiara, por terem me recebido tão bem, pelo carinho e por toda ajuda, e principalmente meu muito obrigada a Thalita, pela companhia, pela amizade e por nunca medir esforços pra me ajudar e tornar o nosso dia mais feliz.

A todos os colegas de curso que de alguma maneira fizeram parte desta minha caminhada. A Carol, Esther e Pilar, que fizeram dos meus primeiros semestres de faculdade os mais alegres, em meio às dificuldades de início de curso. Bárbara e Lissandra pela parceria em alguns trabalhos. E principalmente a Milena Dutra, por ter sido minha parceira de estudos, amizade, dúvidas e conhecimentos compartilhados até o final dessa etapa de nossa caminhada. Que possamos continuar nos ajudando.

Obrigada aos membros da banca examinadora deste trabalho, pela disposição e contribuições. A Universidade Federal de Santa Catarina, por proporcionar a minha formação.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

Albert Einstein

RESUMO

A produção de vinho é considerada uma das principais atividades agrícolas do mundo. De acordo com dados da Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV- *International Organisation of Vine and Wine*) 44,5 milhões de toneladas de uvas, foram destinadas a produção de vinho em todo o mundo no ano de 2018. Junto a essa produção, está uma enorme geração de resíduos, que acarreta não só em prejuízos ao meio ambiente quando descartados de maneira inadequada, como também em prejuízo para as indústrias produtoras de vinho para dar o destino correto a seus resíduos. Por outro lado, os principais resíduos do processo da vinificação, bagaço e borra, são ricos em compostos bioativos, principalmente os compostos fenólicos, com destaque para as antocianinas, que além de propriedade corante, apresentam benefícios a saúde, associados a capacidade antioxidante, antiinflamatória, anticarcinogênica, proteção contra doenças cardiovasculares, entre outros. Diante disto, o objetivo deste trabalho, foi realizar uma abordagem bibliográfica sobre a obtenção de pigmento natural de antocianinas a partir dos resíduos do processo de vinificação de uvas tintas, através de dados existentes na literatura científica, em bases de dados nacionais e internacionais. Para isto, foram consideradas as características químicas das antocianinas, estabilidade, métodos de extração e aplicabilidade do pigmento em matrizes alimentares, como potencial substituto de corantes artificiais em alimentos. Foram encontrados diferentes métodos de extração e otimização de extrações convencionais de antocianinas a partir dos resíduos da vinificação, bagaço e borra, como: extração sólido-líquido assistida por micro-ondas e/ou por ultrassom, utilização de solventes eutéticos, aplicação de enzimas, extração com líquidos iônicos, biossorção com *Saccharomyces cerevisiae*, descargas elétricas de alta tensão e utilização de campo elétrico pulsado. A aplicação destes métodos de extração apresenta como intuítos principais aumentar o rendimento do composto e acarretar em menor impacto ambiental, preservando a qualidade do extrato obtido. Apesar de os estudos apresentados demonstrarem resultados promissores quanto a otimização e extração de antocianinas do bagaço e borra da vinificação, ainda são poucos os trabalhos encontrados na literatura que realizaram a aplicação do extrato obtido, em diferentes matrizes alimentares com resultados promissores, frente a estabilidade do pigmento e vida de prateleira do produto. Sendo assim, faz-se necessário estudos futuros quanto a aplicação e estabilidade, visto que este resíduo é abundante e rico em compostos bioativos.

Palavras-chave: Bagaço. Borra. Extração. Compostos fenólicos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma básico do processo de vinificação e identificação dos resíduos bagaço e borra.....	18
Figura 2 – Evolução da produção mundial de vinho do ano 2000 até o ano 2018 em milhões de hectolitros.....	20
Figura 3– Estrutura básica o cátion <i>flavylium</i>	22
Figura 4 – Estrutura e a substituição do radical das antocianinas majoritariamente encontradas nas uvas.....	22
Figura 5 – Antocianina acilada (malvidina-3-(<i>p</i> -cumaroil) glu) encontrada na pele da uva...	23
Figura 6 – Formas estruturais predominantes de antocianinas presentes em diferentes níveis de pH.....	25
Figura 7 – Modelo hipotético de copigmentação intramolecular e intermolecular.....	26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Diferentes métodos de extração e obtenção de antocianinas dos resíduos bagaço e borra do processo de vinificação, entre os anos de 2015 e 2021.....	29
Quadro 2 – Classificação dos corantes utilizados em alimentos.....	41
Quadro 3 – Classificação de pigmentos de origem vegetal e animal com base na estrutura química.....	43
Quadro 4 – Principais corantes naturais permitidos em alimentos no Brasil.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

Ca – cálcio

CE – Comunidade Europeia

CO₂ – dióxido de carbono

DAD – Detector de Arranjo de Diodos

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (do inglês: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*)

FDA – Administração de Alimentos e Medicamentos (do inglês: *Food and Drug Administration*)

GHz – gigahertz

g – grama

HPLC – Cromatografia líquida de alta eficiência (do inglês: *High performance liquid chromatography*)

HVED – Descargas elétricas de alta tensão (do inglês: *High Voltage Electrical Discharges*)

IDA – Ingestão Diária Aceitável

INS – Sistema Internacional de Numeração

JECFA – Comitê Misto FAO/OMS de Especialistas em Aditivos Alimentares (do inglês: *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*)

K – potássio

K₂CO₃ – carbonato de potássio

K₃PO₄ – fosfato tripotássico

Kg – quilograma

KHz – kilohertz

LC – MS / MS – Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massas

MAE – Extração assistida por micro-ondas

MECOSUL- Mercado Comum do Sul

mg – miligrama

MHz – mega-hertz

MS – espectrometria de massas

MW – megawatt

Na – sódio

NADES – solvente eutético profundo natural (do inglês: *natural deep eutectic solvents*)

NH₄ – sal de amônio quaternário

OIV – Organização Internacional da Vinha e do Vinho (do inglês: *International Organisation of Vine and Wine*)

OMS – Organização Mundial da Saúde

PEF – Campos elétricos pulsados (do inglês: *pulsed electric field*)

pH – potencial hidrogeniônico

PHWE – água quente pressurizada (do inglês: *pressurized hot water*)

mg – microgramas

USN – ultrassom

UPLC – Cromatografia líquida de alto desempenho (do inglês: *ultra performance liquid chromatography*)

W – watt

v/v –volume/volume

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3	METODOLOGIA	16
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
4.1	PROCESSO DE VINIFICAÇÃO	17
4.1.1	Resíduos da vinificação.....	19
4.2	ANTOCIANINAS.....	21
4.2.1	Estabilidade das antocianinas.....	23
4.2.1.1	<i>Efeito do pH.....</i>	24
4.2.1.2	<i>Efeito da temperatura.....</i>	25
4.2.1.3	<i>Efeito da luz.....</i>	25
4.2.1.4	<i>Influência da copigmentação.....</i>	26
4.2.2	Extração das antocianinas.....	28
4.3	CORANTES ALIMENTÍCIOS.....	40
4.3.1	Corantes naturais.....	42
4.3.1.1	<i>Corante natural de antocianinas em alimentos.....</i>	44
5	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

A uva é uma das frutas mais cultivadas do mundo, sendo que no ano de 2018, sua produção alcançou 77,8 milhões de toneladas, 57% destinada a produção de vinho (OIV, 2019). Durante o processo de vinificação são gerados milhões de toneladas de resíduos mundialmente, que incluem o bagaço, borra, caules, além de águas residuais ricas em compostos orgânicos, que apresentam uma questão problemática quando descartados no meio ambiente sem tratamento (BUSTAMANTE *et al.*, 2008; ISEPPE *et al.*, 2021). O bagaço e a borra representam cerca de 60 e 25% respectivamente, dos resíduos da vinificação, porém é importante destacar que esses resíduos são ricos em compostos bioativos, como por exemplo os compostos fenólicos. Dentre os polifenóis, pode-se destacar as antocianinas que são os pigmentos responsável pela cor das uvas tintas que apresentam potencial para ser utilizadas como pigmento natural em alimentos. Neste contexto os resíduos da vinificação tornam-se uma fonte de produto de alto valor agregado, o que desperta cada vez mais o interesse científico e econômico (LAVELLI *et al.*, 2017).

Nos vinhos tintos, as antocianinas monoméricas e os pigmentos poliméricos formados a partir de sua condensação com outros compostos, são responsáveis pela cor e efeitos antioxidantes (BRAVO, 1998). Outros benefícios à saúde humana, tem sido associados as antocianinas, como proteção contra doenças cardiovasculares, atividade anticarcinogênica (SHARIF; KHOSHNOUDI-NIA; JAFARI, 2020), antiinflamatória, entre outras (HE; GIUSTI, 2010; MPOUNTOUKAS *et al.*, 2010; LANZI *et al.*, 2016; LANZI *et al.*, 2018). A elevada solubilidade em água e o alto poder corante das antocianinas, permitem sua incorporação em muitos sistemas alimentares. No entanto, assim como a maioria dos corantes naturais, ainda possuem alto custo de aplicação comparados aos corantes artificiais, além de apresentar instabilidade frente a fatores como pH, temperatura e luz (CHATHAM; HOWARD; JUVIK, 2019).

Estudos apontam que o consumo excessivo de corantes artificiais está associado a vários problemas de saúde, como reações alérgicas, irritações de pele, asma, entre outras (MPOUNTOUKAS *et al.*, 2010; NOWAK, 2020), impulsionando o crescente interesse na substituição de corantes artificiais por naturais. Diante disto, é observado na literatura, um aumento significativo nos últimos anos, de pesquisas relacionadas a diferentes métodos de extração de antocianinas à partir de resíduos da vinificação, com intuito de aumentar o rendimento, diminuir o tempo de extração, facilitar a transferência de massa entre as diferentes fases do sistema, reduzir o consumo de solvente e energia e acarretar em menor

impacto ambiental, além de visar a preservação da qualidade do extrato (ONGKOWIJOYO; LUNA-VITAL; MEJIA, 2018). Dentre os métodos utilizados, pode-se citar a extração sólido-líquido assistida por micro-ondas e/ou por ultrassom (CALDAS *et al.*, 2018; ROMERO-DIEZ *et al.*, 2019), utilização de solventes eutéticos (NADES) (PANIC *et al.*, 2019), aplicação de enzimas (DREVELEGKA; GOULA, 2020), extração com líquidos iônicos (LIMA *et al.*, 2017), bioextração com *Saccharomyces cerevisiae* (STAFUSSA *et al.*, 2016), descargas elétricas de alta tensão (HVED) e utilização de campo elétrico pulsado (PEF) (BARBA *et al.*, 2015; BARBA *et al.*, 2016).

As pesquisas têm demonstrado resultados promissores, quanto a otimização de extração das antocianinas de resíduos da vinificação, porém ainda são poucos os trabalhos encontrados na literatura com a aplicação deste pigmento em diferentes matrizes alimentares. Além disto, faz-se necessário estudos para garantir a estabilidade das antocianinas ao ser aplicada em alimentos e bebidas (RUBIO *et al.*, 2020; SHARIF; KHOSHNOUDI-NIA; JAFARI, 2020).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi realizar uma abordagem bibliográfica sobre a obtenção de pigmento natural de antocianinas a partir dos resíduos do processo de vinificação de uvas tintas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar pesquisas em bases de dados nacionais e internacionais afim de selecionar material bibliográfico para a elaboração de revisão bibliográfica;
- Descrever o processo de elaboração de vinhos e identificar os resíduos que apresentam potencial teor de antocianinas;
- Coletar dados da literatura sobre as principais características químicas das antocianinas presentes nos resíduos do processo de vinificação de uvas tintas, bagaço e borra;
- Realizar revisão bibliográfica sobre os estudos publicados na literatura referente aos diferentes métodos de extração e otimização das técnicas convencionais e emergentes de extração de antocianinas dos resíduos bagaço e borra.
- Realizar revisão bibliográfica das condições da estabilidade do pigmento frente a fatores como pH, temperatura e luz, para potencial aplicação do corante natural de antocianinas em matrizes alimentares, na substituição de corantes artificiais.

3 METODOLOGIA

Este trabalho é uma pesquisa do tipo revisão bibliográfica sobre os conhecimentos existentes na literatura, referentes a obtenção de pigmento natural de antocianinas a partir dos resíduos bagaço e borra do processo de vinificação de uvas tintas, bem como das características químicas das antocianinas e potencial para aplicação em alimentos em substituição de corantes artificiais.

A busca bibliográfica por artigos publicados na literatura referentes aos métodos de extração, purificação, separação e identificação do pigmento, abrangeu o período de 2015 até o ano de 2021. Também foram consultados, livros de referência e artigos importantes sobre o assunto, assim como a aplicação das antocianinas como pigmento natural em alimentos, além daqueles que abordam o potencial antioxidante das antocianinas e seus benefícios à saúde humana. As bases de dados utilizadas foram: ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com>), SciELO (<http://www.scielo.br>), Periódicos Capes (<http://www.periodicos.capes.gov.br>) e Google Acadêmico. Além dessas bases de dados, as bibliografias dos artigos selecionados, também foram revisadas para a obtenção de citações adicionais. Também foram consultadas legislações nacionais e internacionais sobre resíduos e corantes alimentícios. Para a pesquisa nas bases de dados, foram utilizadas as seguintes palavras-chave em português e inglês: extração de antocianinas, antocianinas, resíduo da vinificação, borra da vinificação, bagaço da vinificação, pigmento de antocianinas, corante natural, corante natural de antocianinas, corantes alimentícios, *anthocyanin extraction, anthocyanin, winemaking residues, wine less, grape pomace, anthocyanin pigment, natural dye, natural anthocyanin dye, food dyes*. Os dados foram coletados entre os meses de janeiro e março de 2021.

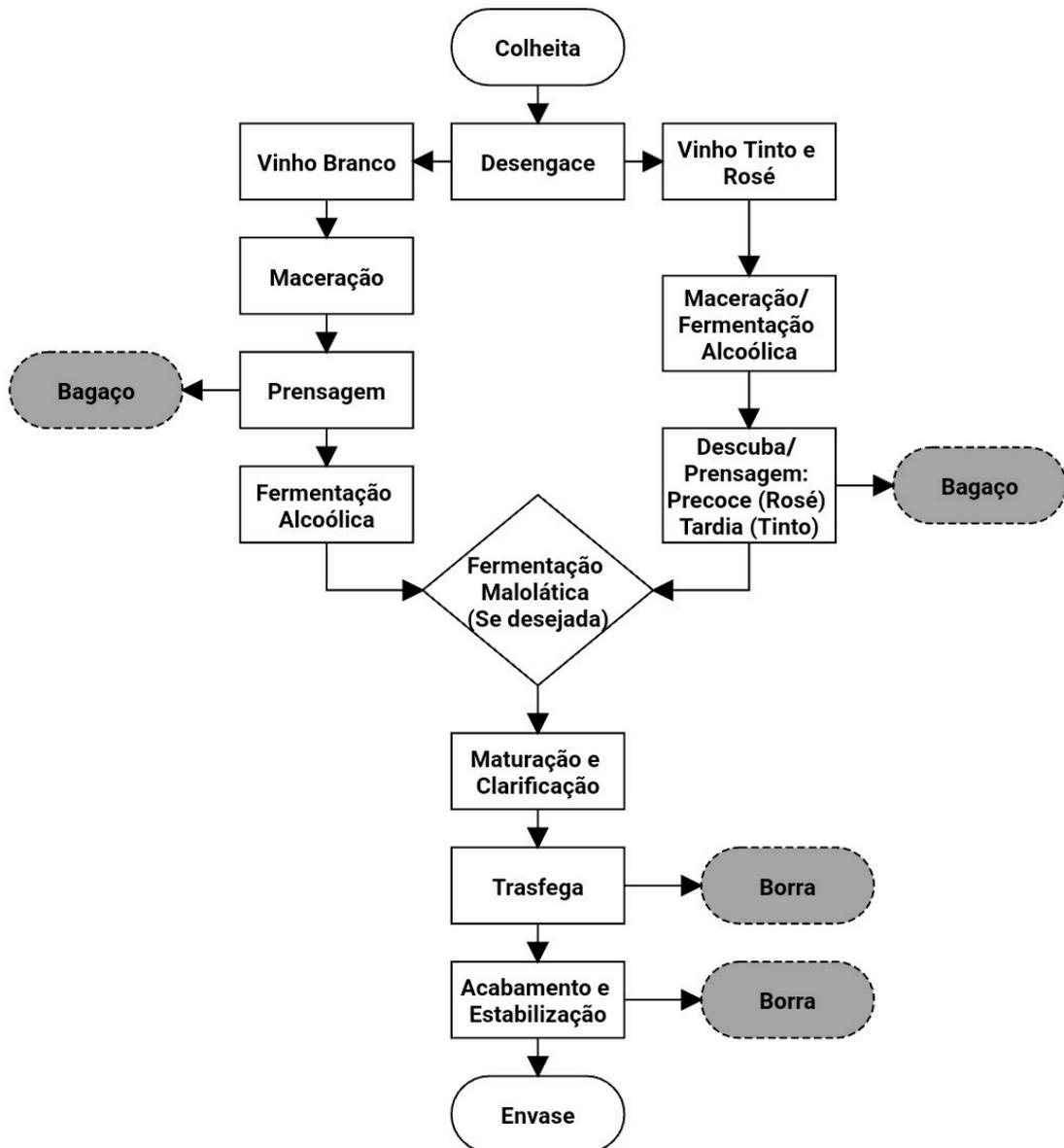
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 PROCESSO DE VINIFICAÇÃO

O processo de vinificação consiste na transformação da uva madura em vinho, que abrange um conjunto complexo de etapas pré-fermentativas que inicia com a colheita da uva, processo de fermentação alcoólica, fermentação malolática (opcional) e finaliza com o engarrafamento do vinho. A vinificação envolve uma série de transformações químicas e bioquímicas complexas, que junto com as características da uva, definem a composição química do vinho (JACKSON, 2008). Diferentes espécies de uvas tintas e brancas são utilizadas para elaboração de vinhos e espumantes, dentre estas destacam-se as *Vitis vinífera* (origem européia, utilizada para elaboração de vinho fino) e as *Vitis labrusca* L. (origem americana, utilizada principalmente para elaboração de vinho de mesa, sucos e geleias) (CAMARGO; TONIETTO, HOFFMANN, 2011).

A Figura 1 demonstra um fluxograma básico do processo de vinificação e identificação dos resíduos originados, bagaço e borra.

Figura 1 – Fluxograma básico do processo de vinificação e identificação dos resíduos bagaço e borra.



Fonte: Adaptado de Jackson (2008) e Tonon *et al.* (2018).

Na elaboração do vinho branco, que pode ser utilizado tanto uvas brancas como tintas, após a etapa de maceração, é realizado a separação do mosto das partes sólidas da uva (casca e sementes) que constitui o resíduo denominado de bagaço de uva não fermentado. O mosto é então submetido ao processo de fermentação alcoólica (TONON *et al.*, 2018). Nos vinhos tintos, de modo geral, a fermentação alcóolica do mosto é realizada junto com as partes sólidas da uva, de onde são extraídos principalmente compostos fenólicos (antocianinas e taninos), responsáveis pela cor e estrutura geral do vinho. Após esta etapa, ocorre a

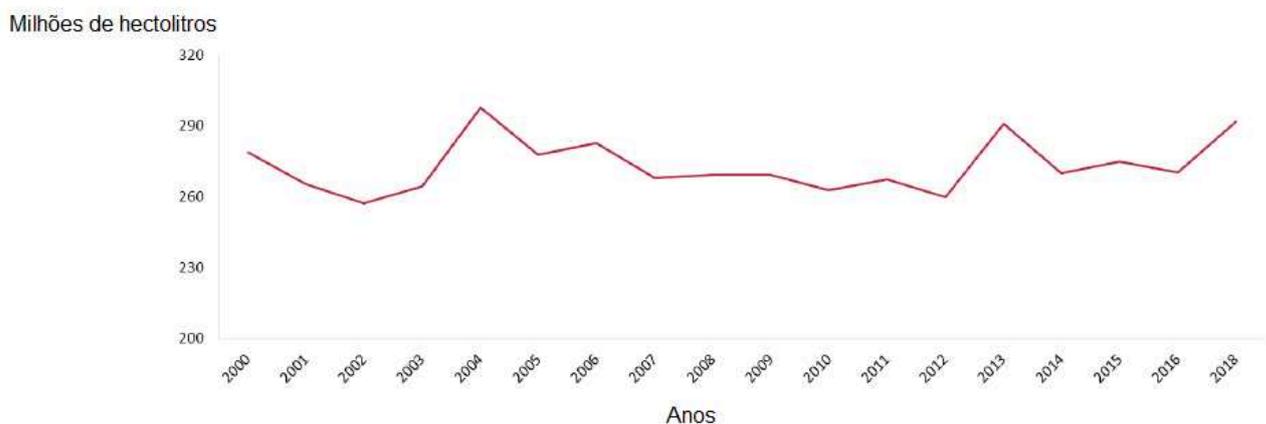
prensagem, onde a parte líquida é separada das partes sólidas, nesta etapa, obtém-se o resíduo da fermentação denominado de bagaço de uva fermentada (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006). O vinho pode ser submetido a uma segunda fermentação que transforma o ácido málico em ácido láctico e em outros compostos secundários. Este processo é denominado fermentação malolática e proporciona maior estabilidade biológica e complexidade de aroma e sabor aos vinhos (JACKSON, 2008).

Na sequência, o vinho é submetido a clarificação e maturação, sendo armazenado em condições de temperatura baixa. Depois de semanas ou meses, é realizada uma *trasfega*. Nesta etapa de *trasfega* é possível separar o vinho de partes sólidas insolúveis que se depositam no fundo do tanque, denominada de *borra*. A *borra* constitui um resíduo da produção do vinho sendo constituída, principalmente, por leveduras e células bacterianas, restos de células de uva, taninos precipitados, antocianinas, proteínas e cristais de tartarato de potássio. Em alguns tipos de vinho, é realizado um processo de acabamento e estabilização, onde também se gera a *borra* como resíduo. Quando todo o processo é finalizado o vinho pode ser engarrafado ou armazenado em barril de carvalho para posterior engarrafamento (JACKSON, 2020).

4.1.1 Resíduos da vinificação

A uva é uma das frutas mais antigas e consumidas do mundo, e grande parte de seu cultivo é destinado a produção de vinho. De acordo com dados da Organização Internacional da Uva e do Vinho (OIV), no ano de 2018 a produção mundial de uva foi de 77,8 milhões de toneladas, sendo 57% destinada a produção de vinho, alcançando uma estimativa de 292 milhões de hectolitros. O Brasil produziu no ano de 2018 aproximadamente 3,1 milhões de hectolitros, ocupando a 15^a posição mundial na fabricação da bebida (OIV, 2019). A Figura 2, apresenta a evolução mundial da produção de vinho do ano 2000 até o ano 2018 em milhões de hectolitros. Diante da elevada produção de uvas e vinhos, vale destacar que mundialmente esta indústria gera milhões de toneladas de resíduo anualmente que incluem bagaço, *borra*, caules, além de águas residuais ricas em compostos orgânicos. Dentre os resíduos produzidos, o bagaço equivale a cerca de 60% do resíduo dessa indústria e a *borra* aproximadamente 25%, sendo difícil estabelecer uma quantidade precisa, porque depende das técnicas de vinificação adotadas, fatores climáticos, higiene das bagas, além de fatores inerentes a própria constituição das uvas (ISEPPE *et al.*, 2021).

Figura 2- Evolução da produção mundial de vinho do ano 2000 até o ano 2018 em milhões de hectolitros.



Fonte: OIV (2019).

No Brasil, a maior parte dos resíduos é utilizado como subproduto de baixo valor, principalmente aplicado na alimentação animal e como adubo, e em alguns casos representa um custo ao produtor para dar um destino correto (TONON *et al.*, 2018). Problemas de gerenciamento destes resíduos podem acarretar em problemas, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. Países europeus possuem leis mais rigorosas a anos, como a Lei Espanhola de Resíduos (1998), que estabelece multas para as indústrias que não destinam de forma adequada os resíduos, com valores que aumentam de acordo com a toxicidade dos resíduos produzidos.

Pesquisas demonstram que a destinação dos resíduos apresenta uma questão problemática quando descartados no meio ambiente sem tratamento. Estudos apontam efeitos negativos no solo quando utilizados como fertilizante orgânico, podendo inibir o crescimento das raízes das plantas (FLAVEL, 2005; BUSTAMANTE *et al.*, 2008), poluir águas superficiais e subterrâneas, causar mau cheiro e atrair pragas e moscas que podem provocar doenças e esgotamento de oxigênio no solo e nas águas subterrâneas (CHRISTE; BURRITT, 2013). Por outro lado, pesquisadores afirmam que os resíduos oriundos do processo de vinificação são ricos em substâncias bioativas naturais, como por exemplo os compostos fenólicos, além de óleo e fibra alimentar, possuindo inúmeros benefícios a saúde, o que os torna uma fonte de produto com alto valor agregado, o que desperta o interesse científico e econômico (LAVELLI *et al.*, 2017).

O bagaço representa cerca de 25% do peso total da uva utilizada para vinificação, sendo o principal resíduo desta indústria, com maior quantidade de estudos científicos

explorando a extração e recuperação de compostos bioativos, como os polifenóis, que não foram totalmente extraídos da uva durante o processo de vinificação (CORRÊA *et al.*, 2017; LIMA *et al.*, 2017; MOHDMAIDIN; ORUNA-CONCHA; JAUREGI, 2019).

A borra apresenta um grande potencial para extração de diversos compostos que podem ser utilizados não só pela indústria de alimentos e bebidas, como também nas indústrias farmacêuticas, cosmética e química. Exemplos de produção de etanol, extração de ácido tartárico, polifenóis (principalmente antocianinas), já tem sido abordados na literatura, além da utilização deste resíduo como meio de cultura microbiano e possível extração de beta glucanas e manoproteínas (GIACOBBO *et al.*, 2019; ISEPPE *et al.*, 2021).

Pesquisadores afirmam que o uso destes resíduos pode alcançar altos preços quando utilizado como aditivo nutricional, com grande interesse nos polifenóis (CRESPO; BRAZINHA, 2010). Este fato justifica e impulsiona a realização de estudos visando a recuperação dos polifenóis e aplicação em alimentos com alegação de propriedade funcional e na utilização das antocianinas como pigmento natural. O grande interesse nos compostos fenólicos é devido às suas propriedades biológicas e tecnológicas como ingredientes funcionais e aditivos naturais, as quais em sua maioria estão associadas à atividade antioxidante (BEREZ *et al.*, 2017; LAVELLI *et al.*, 2017; SHARIF; KHOSHNOUDI-NIA; JAFARI, 2021). Além dos benefícios à saúde, os polifenóis também mostram forte apelo para uso em alimentos por apresentarem a função de corante (antocianinas) e de antioxidante de origem natural em substituição dos corantes artificiais. No entanto, faz-se necessário estudos complementares para viabilizar os métodos de recuperação dos pigmentos a fim de obter boa relação custo-benefício, transpondo-os para escala comercial (ISEPPE *et al.*, 2021).

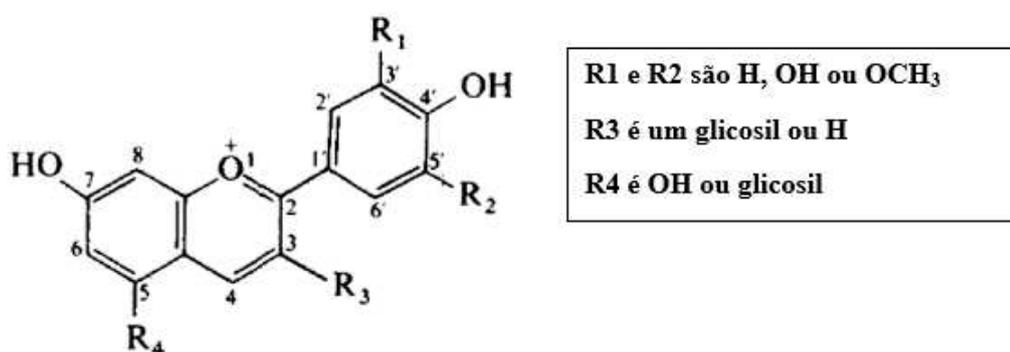
4.2 ANTOCIANINAS

As antocianinas fazem parte do grupo dos flavonoides, que por sua vez são um importante subgrupo dos compostos fenólicos. A origem da palavra antocianina, é derivada do grego, *anthos* (flor) e *kyanos* (azul). São um dos pigmentos de maior distribuição no reino vegetal, contribuindo com as cores azul, roxo, violeta, magenta, vermelho e laranja, dependendo da presença e número de substituintes ligados a molécula (DAMODARAM; PARKIN; FENNEMA, 2010). Na uva tinta as antocianinas estão localizadas na casca, e nas três ou quatro primeiras camadas da hipoderme (exceto as variedades *teinturier* que possuem polpa pigmentada) (JACKSON, 2020). São sintetizadas continuamente após início da coloração (*veraison*), e a quantidade do composto depende de vários fatores, como

temperatura, maturidade, exposição solar da planta e cachos, estado hídrico, área de produção, acúmulo de açúcares, fatores genéticos e rendimento de frutos (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009).

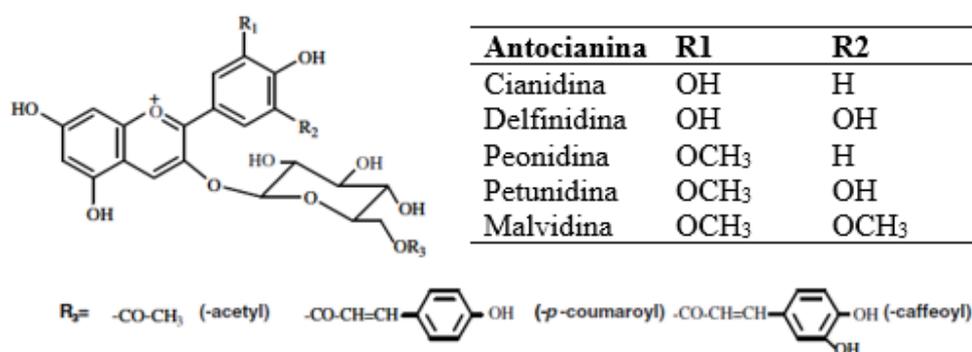
As antocianinas apresentam como estrutura básica o cátion *flavylium* (2-fenilbenzopirona), representado na Figura 3. São glicosídios poli-hidroxi e/ou polimetoxilados. A Figura 4 demonstra as antocianinas majoritariamente encontradas nas uvas: malvidina-3-glicosídeo, petunidina-3-glicosídeo, cianidina-3-glicosídeo, delphinidina-3-glicosídeo, peonidina-3-glicosídeo (MUÑOZ-ESPADA *et al.*, 2004).

Figura 3 – Estrutura básica o cátion *flavylium*.



Fonte: Adaptado de Mazza e Brouillard (1987).

Figura 4 - Estrutura e a substituição do radical das antocianinas majoritariamente encontradas nas uvas.

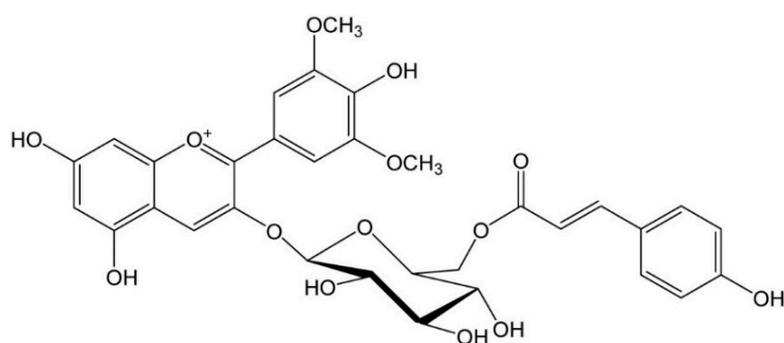


Fonte: adaptado de Moreno-Arribas e Polo (2009).

As antocianinas, geralmente, são compostas de duas ou três partes: uma estrutura básica não glicosilada denominada antocianidina ou aglicona (produto da hidrólise sem o açúcar), uma ou mais moléculas de açúcares (entre os mais comuns estão, glicose, ramnose,

galactose, arabinose, xilose, di e trissacarídeos homogêneos ou heterogêneos) e frequentemente, ligados aos açúcares uma ou mais moléculas de ácidos alifáticos (geralmente, malônico, acético, málico, succínico ou oxálico), ou aromáticos (mais comumente, *p*-cumárico, cafeico, ferrúlico, sinápico, gálico ou *p*-hidroxibenzoico) (MAZZA; BROUILLARD, 1987; DAMODARAM; PARKIN; FENNEMA, 2010). A Figura 5 representa uma antocianina acilada (malvidina-3-(*p*-cumaroil) glu) encontrada na casca da uva.

Figura 5 - Antocianina acilada (malvidina-3-(*p*-cumaroil) glu) encontrada na pele da uva.



Fonte: He e Giusti (2010).

Nos vinhos tintos, as antocianinas e os pigmentos poliméricos formados a partir de antocianinas por condensação com outros flavonóides são responsáveis pela cor e efeitos antioxidantes (BRAVO, 1998). Também apresenta diversos benefícios à saúde, como atividade anticarcinogênica e proteção contra doenças cardiovasculares (SHARIF; KHOSHNOUDI-NIA; JAFARI, 2020), além de vários estudos *in vivo* utilizando modelos animais e em ensaios clínicos em humanos sugerirem que o composto possui atividade antiinflamatória, controle de obesidade, propriedades de alívio de diabetes entre outras ações benéficas ao organismo (HE; GIUSTI, 2010; MPOUNTOUKAS *et al.*, 2010; LANZI *et al.*, 2016; LANZI *et al.*, 2018).

4.2.1 Estabilidade das antocianinas

Por serem relativamente instáveis, a degradação das antocianinas ocorre desde a extração a partir dos tecidos vegetais, até o processamento e armazenamento do alimento contendo o pigmento natural (BRIDLE; TIMERLAKE, 1997). Vários fatores afetam a estabilidade das antocianinas, com destaque para o pH, temperatura, luz e copigmentação. Outros fatores como a concentração de oxigênio, a presença de enzimas deteriorantes, ácido

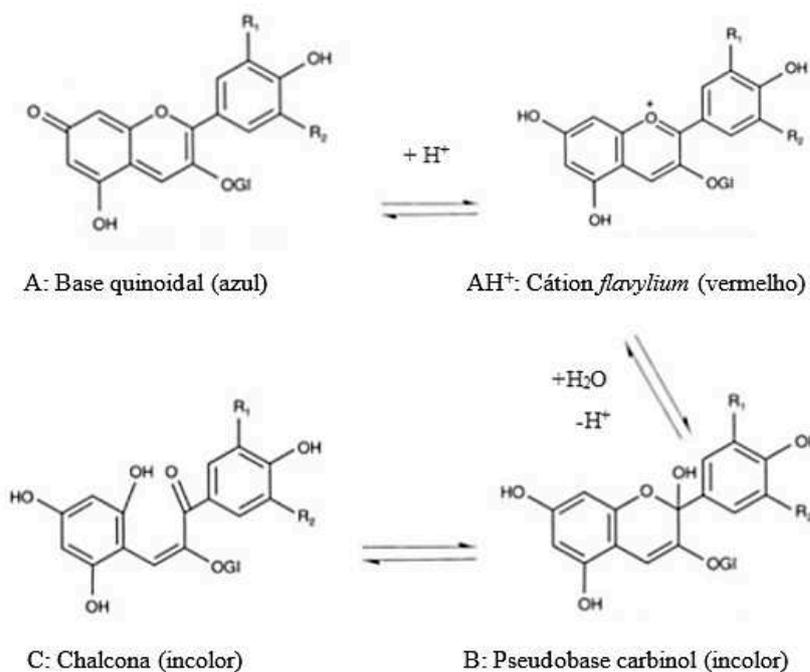
ascórbico, dióxido de enxofre, íons metálicos também podem interferir na estabilidade do pigmento.

4.2.1.1 Efeito do pH

O pH do alimento é um dos fatores que deve ser considerado quando há intenção de utilizar o corante natural de antocianinas em substituição a corantes sintéticos, que uma vez exerce influência direta na estabilidade da cor do pigmento (MOTIBELLER, 2017).

Em solução aquosa as antocianinas se encontram comumente como uma mistura de estruturas químicas em equilíbrio. Estas estruturas sofrem rearranjo, pois são dependentes do pH, onde o meio ácido favorece a forma colorida do pigmento (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006), e o aumento do pH favorece sua degradação. O cátion *flavylium*, de coloração vermelha, é a espécie dominante em soluções com pH ácido. Com o aumento do pH, uma série de reações químicas pode ocorrer (Figura 6) como a protonação da estrutura química levando à formação da base quinoidal azul (A); hidratação do cátion *flavylium* (AH^+), originando uma pseudobase carbinol incolor (B); tautomerização, responsável pela abertura do anel (reação irreversível), resultando na formação da chalcona (C), também incolor (TIMBERLAKE, 1980). Este fenômeno foi observado por pesquisadores que realizaram a extração de antocianinas do bagaço da vinificação, onde o corante se apresentou com maior estabilidade e intensidade de cor em pH ácido comparado a pH neutro (HE *et al.*, 2016).

Figura 6 - Formas estruturais predominantes de antocianinas presentes em diferentes níveis de pH.



Fonte: Adaptado de Timberlake (1980).

4.2.1.2 Efeito da temperatura

A temperatura é outro fator que afeta muito a estabilidade das antocianinas. Em geral as características estruturais que aumentam a estabilidade do pH também aumentam a estabilidade térmica. O aquecimento desloca o equilíbrio em direção a chalcona. As antocianinas metiladas, glicosiladas ou aciladas, são mais estáveis que as altamente hidroxiladas. O mecanismo da degradação térmica não foi totalmente elucidado (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010), porém diversos estudos demonstram a degradação e diminuição do tempo de meia vida das antocianinas, relacionadas com o aumento da temperatura, e que esta taxa de degradação do pigmento segue uma cinética de primeira ordem (JACKMAN *et al.*, 1987; ERSUS; YURDAGEL, 2007; HILLMAM; BURIN; BORDIGNON-LUIZ, 2011; BURIN *et al.*, 2014; PERON; FRAGA; ANTELO, 2017).

4.2.1.3 Efeito da luz

No que se refere a presença de luz frente a estabilidade de pigmentos, a literatura demonstra que a luz acelera a degradação e que as antocianinas substituídas no grupo

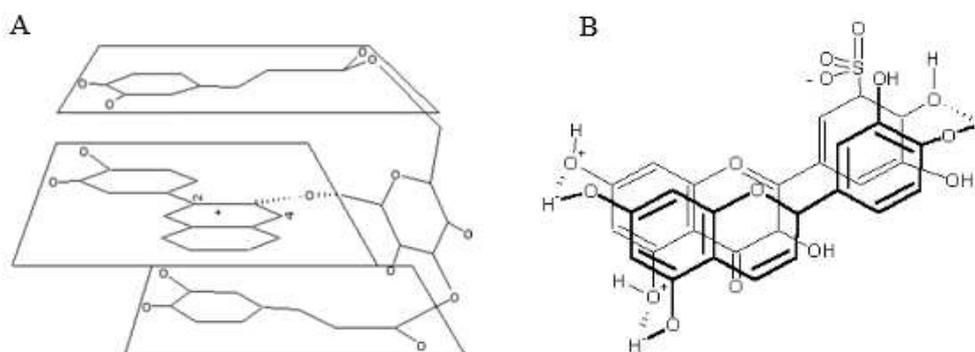
hidroxila C-5 são mais susceptíveis a fotodegradação que as não substituídas nesta posição. As antocianinas monossustituídas, ou não substituídas, são vulneráveis ao ataque nucleofílico nas posições C-2 e/ou C-4. A radiação ionizante e outras formas de energia radiante também resultam em degradação (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Pesquisa realizada por Montibeller (2017), utilizando corante antociânico obtido por extração enzimática de cascas de uva e incorporado em bebida carbonatada e kefir, demonstrou que a presença de luz afetou negativamente a concentração das antocianinas nas duas bebidas avaliadas, resultando em diminuição do tempo de meia vida, e consequentemente, no tempo de prateleira dos produtos.

4.2.1.4 Influência da copigmentação

A copigmentação é a formação de complexos entre antocianinas monoméricas e um cofator, também conhecido como copigmento. A copigmentação resulta, geralmente, em um aumento na absorbância, seguido ou não de um deslocamento no comprimento de onda de máxima absorção do pigmento. Antocianinas podem condensar-se entre si (autoassociação), ou com outros compostos orgânicos geralmente incolores (copigmentação), proporcionando aumento da estabilidade da cor (JACKSON, 2008). A reação ocorre intra ou intermolecularmente e o complexo formado melhora a estabilidade do pigmento durante o processamento e armazenamento (DAMODARAM; PARKIN; FENNEMA, 2010). O modelo hipotético de copigmentação intramolecular e intermolecular é demonstrado na Figura 7.

Figura 7- Modelo hipotético de copigmentação intramolecular (A) e intermolecular (B).



Fonte: A) Adaptado de Brouillard (1983) e B) adaptado de Iacobucci e Sweeny (1983).

A copigmentação intermolecular provoca um deslocamento no comprimento de onda de máxima absorção (efeito batocrômico), e aumento na intensidade da cor (efeito hiperacrômico), o que pode ser utilizado para evidenciar a reação de copigmentação (DAMODARAM; PARKIN; FENNEMA, 2010). Vários compostos atuam como copigmento de antocianinas, como os aminoácidos, ácidos orgânicos, flavonoides, alcaloides (MAZZA; BROUILLARD, 1987). O copigmento controla a extensão da reação de hidratação entre o cátion *flavilium* e as pseudobases incolores de carbinol (MAZZA; MINIATI, 1993).

Na copigmentação intramolecular, pigmento e copigmento fazem parte da mesma molécula, ligados covalentemente ao mesmo resíduo de açúcar (BROUILLARD, 1983). A copigmentação intramolecular é possivelmente responsável pela eficiente estabilidade dos cromóforos de antocianinas poliaciladas (MAZZA; MINIATI, 1993). Por outro lado, indica que as antocianinas monoaciladas são pouco estáveis, devido somente um lado do anel *flavylum* estar efetivamente protegido, o que permite a ação da água (HOSHINO; MATSUMOTO; GOTO, 1980).

A utilização de ácidos orgânicos como copigmento para antocianinas foi avaliada em estudo realizado por Gauche, Malagoli e Bordignon-luiz (2010), e observaram que o a utilização de ácido tânico como copigmento das antocianinas aumentou a estabilidade e o tempo de meia-vida de um extrato bruto de antocianinas extraídas de cascas de uva Cabernet Sauvignon. Além disto, os mesmos autores evidenciaram que a reação de copigmentação é influenciada tanto pela estrutura do copigmento como também pelo pH do meio. Este resultado está de acordo com um exemplo relatado por Stringheta (1991), onde as antocianinas apresentaram maior estabilidade com redução significativa nos seus níveis de degradação, quando o ácido tânico foi utilizado como copigmento.

O aumento da estabilidade ocorre porque o copigmento compete com a água e interage com as antocianinas, complexando as formas coloridas e modificando a natureza do copigmento. O mecanismo de associação, envolve ligações de hidrogênio ou processo de empilhamento das moléculas por interações hidrofóbicas (MAZZA; BROUILLARD, 1987). Fatores como o tipo e a concentração de antocianinas, tipo e concentração de copigmentos, pH, temperatura, influenciam significativamente na reação de copigmentação (RIBÉREAU-GAYON, 2006). O efeito máximo da reação de copigmentação ocorre em pH próxima a 3,5, no entanto pesquisadores afirmam que pode ocorrer também em valores de pH próximos a 1 até a neutralidade (MAZZA; MINIATI, 1993).

4.2.2 Extração das antocianinas

Diferentes métodos de extração são utilizados para extrair compostos fenólicos de matéria-prima de origem vegetal, como as antocianinas (LAVELLI *et al.*, 2017; SHADDEL *et al.*, 2018; FU *et al.*, 2021; KOWALSKA *et al.*, 2021; SABINO *et al.*, 2021). Considerando que as antocianinas são moléculas polares, estudos demonstram que são principalmente extraídas com soluções acidificadas, contendo água e solventes solúveis em água como etanol, metanol e acetona (DE LA TORRE; PRIEGO-CAPOTE; CASTRO, 2015; PEIXOTO *et al.*, 2018; PINTAC *et al.*, 2018; NAGAI *et al.*, 2019; ZHAO *et al.*, 2020).

Dentre as matérias-primas vegetais que apresentam elevado teor de antocianinas pode-se destacar a uva tinta. Durante o processo de elaboração dos derivados da uva, como o vinho e o suco, as antocianinas são transferidas das uvas para os produtos. No entanto, considerável concentração deste pigmento não é extraído e permanece no resíduo proveniente do processamento. Este fato justifica o interesse crescente em utilizar resíduos do processo de vinificação de uvas tintas como uma alternativa sustentável para a obtenção de pigmentos naturais (GARCIA-LOMILLO; GONZÁLEZ-SANJOSÉ, 2017; TONON *et al.*, 2018).

O Quadro 1, demonstra um resumo da bibliografia encontrada entre os anos de 2015 e 2021, sobre os diferentes métodos de extração e obtenção de antocianinas dos resíduos do processo de vinificação, como o bagaço e a borra.

Quadro 1- Diferentes métodos de extração e obtenção de antocianinas dos resíduos bagaço e borra do processo de vinificação, entre os anos de 2015 e 2021.

(continua)

Resíduo	Uva	Método de extração	Quantificação, Purificação e Identificação	Referência
Bagaço	Dunkelfelder (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração sólido-líquido (água) assistida por: - Ultrassom (USN) - Campos elétricos pulsados (PEF) - Descargas elétricas de alta tensão (HVED)	Identificação e Quantificação por HPLC-DAD	Barba <i>et al.</i> (2015)
Borra	Tempranillo (<i>Vitis vinifera</i>) 92% Tempranillo, 3% Cabernet, 5% Merlot (<i>Vitis vinifera</i>) Mazuelo (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração sólido-líquido (etanol/água acidificado com ácido fórmico) assistida por micro-ondas	Identificação e Quantificação por HPLC– MS / MS	De La Torre, Priego-Capote e Castro (2015)
Bagaço	Bordô (<i>Vitis labrusca</i>) Merlot, Cabernet Sauvignon e Tannat (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração sólido-líquido (etanol/água) seguida de recuperação dos compostos dos extratos por bioissorção com <i>Saccharomyces cerevisiae</i> de resíduo de cervejaria	- Antocianinas totais (método de pH diferencial) - Identificação e Quantificação por HPLC-DAD	Stafussa <i>et al.</i> (2016)
Bagaço	Tempranillo (<i>Vitis vinifera</i>)	Pré-tratamento com micro-ondas para melhorar a eficiência da extração sólido-líquido convencional (solvente: etanol/água acidificado)	- Antocianinas totais (método de pH diferencial) - Identificação e Quantificação por HPLC-DAD	Alvarez <i>et al.</i> (2017)

Quadro 1- Diferentes métodos de extração e obtenção de antocianinas dos resíduos bagaço e borra do processo de vinificação, entre os anos de 2015 e 2021.

(continuação)

Resíduo	Uva	Método de extração	Quantificação, Purificação e Identificação	Referência
Borra	Merlot (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração sólido-líquido assistida por ultrassom: com diferentes solventes eutéticos e etanol acidificado.	- Identificação e Quantificação por HPLC-DAD	Bosiljkov <i>et al.</i> (2017)
Bagaço	Merlot (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração sólido-líquido convencional (não acidificada) com agitação mecânica. Comparação do: - extrato de bagaço de uva bruto - extrato de bagaço de uva submetido à digestão <i>in vitro</i> - extrato de bagaço de uva submetido à fermentação colônica simulada	- Identificação e Quantificação por HPLC-DAD-ESI-MS	Corrêa <i>et al.</i> (2017)
Bagaço	Casta portuguesa (Variedade de uva não especificada)	Extração sólido-líquido com soluções aquosas do líquido iônico 1-etil-3-metilimidzaolium acetato [(C2 mim] OAc)	- Antocianinas totais (método de pH diferencial) - Purificação: Sistemas aquosos bifásicos (ATPS) utilizando líquido iônico 1-etil-3-metilimidzaolium acetato [(C2 mim] OAc) e os sais K ₃ PO ₄ e K ₂ CO ₃ . - Identificação: HPLC-DAD	Lima <i>et al.</i> (2017)
Bagaço	Uva tinta utilizada na produção de espumante (variedade não detalhada)	- Extração sólido-líquido convencional com agitação mecânica (mistura hidroalcoólicas (etanol 50%)). - Extração assistida por micro-ondas (MAE) - Extração assistida por ultrassom (USN)	Identificação e quantificação por HPLC-DAD	Caldas <i>et al.</i> (2018)

Quadro 1- Diferentes métodos de extração e obtenção de antocianinas dos resíduos bagaço e borra do processo de vinificação, entre os anos de 2015 e 2021.

(continuação)

Resíduo	Uva	Método de extração	Quantificação, Purificação e Identificação	Referência
Bagaço	Uva não detalhada (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração sólido-líquido (metanol acidificado com ácido trifluoroacético) em amostras de bagaço: -Pele -Semente -Pele e semente	Identificação e Quantificação por HPLC-DAD e HPLC-MS	Peixoto <i>et al.</i> (2018)
Bagaço	Merlot (<i>Vitis vinifera</i>) Cabernet Sauvignon (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração sólido-líquido com 6 soluções diferentes: - Metanol (80% v/v) - Etanol (80% v/v) - Acetona - Acetato de etila - Metanol acidificado (50% v/v) - Metanol acidificado (80% v/v)	Identificação e Quantificação por LC – MS / MS	Pintac <i>et al.</i> (2018)
Borra	Tempranillo (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração sólido-líquido com seis solventes de diferentes polaridades (água, acetona, metanol, etanol e duas misturas de etanol: água (50:50 e 75:25 v /v)	Identificação e Quantificação por HPLC-DAD e HPLC-MS / MS	Romero-Diez <i>et al.</i> (2018)
Bagaço	Agiorgitiko (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração assistida por micro-ondas, seguida de encapsulação por atomização, utilizando misturas de maltodextrina e concentrado de proteína de soro de leite (50:50)	Cor: colorímetro (CIELAB)	Tsali e Goula (2018)

Quadro 1- Diferentes métodos de extração e obtenção de antocianinas dos resíduos bagaço e borra do processo de vinificação, entre os anos de 2015 e 2021.

(continuação)

Resíduo	Uva	Método de extração	Quantificação, Purificação e Identificação	Referência
Bagaço	Syrah (<i>Vitis vinifera</i>) Marselan (<i>Vitis vinifera</i>) Tannat (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração sólido-líquido com solvente: metanol/ H ₂ O / ácido metanoico, em peles das uvas frescas e bagaço da vinificação Comparação da concentração de antocianinas no extrato de bagaço de vinificação, extrato de peles de uva fresca e no vinho	Identificação e quantificação por HPLC-DAD e HPLC-MS	Favre <i>et al.</i> (2019)
Bagaço	Barbera (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração hidroalcolólica (com e sem adição de ácido sórbico)	- Antocianinas totais (método de pH diferencial) - Identificação e Quantificação por HPLC-DAD - Cor: colorímetro (CIELAB)	Mohdmaidin, Oruna-Concha e Jauregi (2019)
Bagaço	Cabernet Sauvignon (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração enzimática	- Antocianinas totais (método de pH diferencial) - Identificação e Quantificação por HPLC-DAD	Montibeller <i>et al.</i> (2019)
Borra	Crimson Glory (<i>Vitis coignetiae Pulliat ex Planch</i>)	Extração sólido-líquido (metanol acidificado com 1% HCl) com agitação suave	Antocianinas Totais medidas por densidade óptica (535 nm)	Nagai <i>et al.</i> (2019)
Bagaço	Plavac mali (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração sólido-líquido simultânea por ultrassom / micro-ondas, utilizando solventes eutéticos profundos naturais (NADES)	Identificação e quantificação por HPLC-DAD	Panic <i>et al.</i> (2019)

Quadro 1- Diferentes métodos de extração e obtenção de antocianinas dos resíduos bagaço e borra do processo de vinificação, entre os anos de 2015 e 2021.

(continuação)

Resíduo	Uva	Método de extração	Quantificação, Purificação e Identificação	Referência
Borra	Uvas não detalhadas (Vinho do Porto) Tempranillo (<i>Vitis vinifera</i>) 1ª fermentação Tempranillo (<i>Vitis vinifera</i>) 2ª fermentação	Pré-tratamentos de micro-ondas (MAE) e ultrassom (USN) e extração sólido-líquido convencional (mistura hidroalcoólica com 50% de etanol)	- Antocianinas totais (método de pH diferencial) - Identificação e Quantificação por HPLC-DAD-MS / MS	Romero-Diez <i>et al.</i> (2019)
Bagaço	Cabernet Sauvignon (<i>Vitis vinifera</i>)	Pré-tratamento com plasma frio atmosférico de alta tensão (5, 10 e 15 minutos), seguido por extração sólido-líquido	- Antocianinas totais (método de pH diferencial) - Identificação e Quantificação por UPLC-PAD	Bao, Reddivari e Huang (2020)
Bagaço	Tannat (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração sólido-líquido (etanol/água) assistida por ultrassom, com o bagaço fresco e bagaço liofilizado	- Antocianinas totais (método de pH diferencial) - Identificação e Quantificação por HPLC-DAD	González <i>et al.</i> (2020)
Bagaço	Uvas tintas (Variedades não detalhadas)	Pré-tratamento com aquecimento ôhmico, seguido de extração sólido-líquido utilizando água como solvente	- Antocianinas totais (método de pH diferencial) - Identificação e Quantificação por HPLC-DAD	Pereira <i>et al.</i> (2020)

Quadro 1- Diferentes métodos de extração e obtenção de antocianinas dos resíduos bagaço e borra do processo de vinificação, entre os anos de 2015 e 2021.

(conclusão)

Resíduo	Uva	Método de extração	Quantificação, Purificação e Identificação	Referência
Bagaço	Bordeaux (<i>Vitis labrusca</i>) Cabernet Sauvignon (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração sólido-líquido (etanol 40%), seguida de microencapsulação (<i>spray drying</i>) utilizando <i>Saccharomyces cerevisiae</i> de resíduo de cervejaria.	- Cor: colorímetro (CIELAB)	Rubio <i>et al.</i> (2020)
Bagaço	Merlot (<i>Vitis vinifera</i>)	Extração sólido-líquido (metanol acidificado com 2% de ácido fórmico), assistido por ultrassom (59 kHz) por 10 min à temperatura ambiente (25-35 ° C).	-Purificação do extrato bruto por cromatografia em coluna XAD-7HP - separação utilizando HPLC semi-preparativa -Identificação dos monômeros por HPLC-DAD-MS / MS	Zhao <i>et al.</i> (2020)

Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com a literatura a extração sólido-líquido é amplamente utilizada para a obtenção de antocianinas tanto de frutas como dos seus resíduos do processamento. Esta técnica consiste na interação do material sólido com o solvente, que permite a separação dos compostos solúveis presentes no sólido (BARBA *et al.*, 2016). Para a escolha do solvente, é importante conhecer e considerar as características químicas e físicas do composto de interesse, para eliminar ou minimizar as interferências inerentes a matriz (COELHO *et al.*, 2020). Parâmetros experimentais, como, pH, polaridade do solvente, proporção sólido-líquido, tempo, temperatura, tamanho de partícula e agitação, devem ser otimizados, na busca de se obter uma extração satisfatória dos compostos de interesse (BAIANO, 2014). As soluções utilizadas na extração de antocianinas são geralmente acidificadas, tanto para facilitar a extração, como também conferir estabilidade as antocianinas, uma vez que a mesma se apresenta mais estável em pH ácido, predominando a forma de *catium flavilium* (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009).

É comum encontrar na literatura trabalhos que avaliam diferentes solventes e polaridades em diferentes concentrações para a extração de antocianinas. Um estudo realizado por Pintac *et al.* (2018) analisou a eficácia de seis solventes como metanol (80 % v/v), etanol (80 % v/v), acetato de etila, acetona, solução de metanol acidificado (50 % v/v) e solução de metanol acidificado (80 % v/v) para extração de antocianinas a partir de bagaço da vinificação de uvas Merlot e Cabernet Sauvignon. Os autores observaram que a solução de metanol acidificado (50 % v/v) foi a mais eficiente frente a extração das diferentes antocianinas monoméricas, com destaque para a variedade Cabernet Sauvignon. Os mesmos autores atribuem este fato a espessura da casca da uva Merlot ser mais fina, comparada a outra variedade, sugerindo que durante a fermentação alcoólica do vinho, o etanol produzido foi capaz de extrair a maioria das antocianinas da uva Merlot, enquanto na Cabernet Sauvignon, uma quantidade significativa se manteve no bagaço após fermentação. Assim, os dados obtidos neste estudo demonstram a importância não só da escolha do solvente, e tipo de extração para obtenção de pigmento, como também da variedade da uva utilizada na vinificação.

Um estudo realizado por Garcia-Becerra e colaboradores (2016), comparou o teor de compostos fenólicos e antocianinas totais em extratos de bagaço de uva Ruby Cabernet (*Vitis vinifera*) por meio de extração sólido-líquido convencional, utilizando metanol como solvente, e extração pelo método de Soxhlet. Concluíram que embora o método sólido-líquido tenha apresentado teor de compostos fenólicos totais duas vezes maior, as antocianinas foram encontradas em maior concentração no extrato a partir do método de Soxhlet. Este estudo

demonstra que os extratos a partir deste resíduo podem ser utilizado pela indústria alimentícia, aplicando o melhor método de extração para a finalidade pretendida.

No mesmo sentido, uma pesquisa conduzida por Favre *et al.* (2019), utilizando como solvente uma mistura de 50: 48,5: 1,5 (v/v) de metanol / água / ácido metanoico, para extrair antocianinas do bagaço de vinificação das uvas Syrah, Marselan e Tannat, observaram que o resíduo da variedade Syrah apresentou melhor potencial quantitativo e qualitativo na obtenção do pigmento, visto que apresentou maior teor de antocianinas aciladas (mais estáveis que as não aciladas), assim como de malvidina-3-glicosídeo.

Cabe destacar que para a aplicação do pigmento em alimentos, a extração utilizando como solvente o etanol é preferível, já que este não apresenta toxicidade, é biodegradável e derivado de fonte renovável (MARKAKIS, 1982).

Devido ao crescente interesse pela substituição dos corantes artificiais por naturais, outras tecnologias não convencionais estão sendo empregadas para otimizar a eficiência da extração de antocianinas. Estas técnicas são utilizadas principalmente com intuito de aumentar o rendimento, diminuir o tempo de extração, facilitar a transferência de massa entre as diferentes fases do sistema, reduzir o consumo de solvente e energia, acarretar em menor impacto ambiental, além de visar a preservação da qualidade do extrato (ONGKOWIJOYO; LUNA-VITAL; MEJIA, 2018). Dentre estas tecnologias utilizadas pode-se citar a extração sólido-líquido assistida por micro-ondas e/ou por ultrassom (CALDAS *et al.*, 2018; ROMERO-DIEZ *et al.*, 2019), utilização de solventes eutéticos (NADES) (PANIC *et al.*, 2019), aplicação de enzimas (MONTIBELLER *et al.*, 2019; DREVELEGKA; GOULA, 2020), extração com líquidos iônicos (LIMA *et al.*, 2017), biossorção com *Saccharomyces cerevisiae* (STAFUSSA *et al.*, 2016), descargas elétricas de alta tensão (HVED) e utilização de campo elétrico pulsado (PEF) (BARBA *et al.*, 2015; BARBA *et al.*, 2016). Em conjunto com estas técnicas, com o intuito de aprimorar a qualidade do produto extraído e visionar a aplicação deste pigmento em matriz alimentícia, é realizada a identificação, purificação e separação das antocianinas, visando uma melhor utilização como potencial pigmento natural em alimentos (STAFUSSA *et al.*, 2016; ZHAO *et al.*, 2020).

A otimização da extração utilizando micro-ondas (MAE) e ultrassom (USN), vem sendo amplamente utilizada tanto como pré-tratamento de extração (ROMERO-DIEZ *et al.*, 2019), como também para otimizar o tempo e aumentar a concentração do composto (PANIC *et al.*, 2019). O uso de micro-ondas é considerado uma técnica que obedece os princípios da “química verde” e consiste em ondas eletromagnéticas (frequência de 300 MHz a 300 GHz) que interagem diretamente com compostos polares, promovendo calor tanto no sólido como

também no solvente (BARBA *et al.*, 2016). O aquecimento se dá por meio de condução iônica e rotação do dipolo, provocando atrito e colisões entre íons e dipolos (CALDAS *et al.*, 2018). Este calor fornecido, chega ao interior da célula, facilitando sua ruptura, e conseqüentemente a penetração do solvente e extração dos compostos, além de diminuir o tempo de extração, volume de solvente e aumentar o teor das substâncias de interesse (DREVELEGKA; GOULA, 2020). Quando utilizado no pré-tratamento, o micro-ondas é utilizado por curta duração, porém o pico de energia é capaz de aumentar a temperatura, realizar a ruptura da parede celular, facilitando a etapa seguinte de extração sólido-líquido convencional (ALVAREZ *et al.*, 2017).

Pesquisadores avaliaram a aplicação de diferentes técnicas para a extração de antocianinas presentes nas borras obtidas durante a vinificação, e observaram que a aplicação de micro-ondas como pré-tratamento acarretou no aumento da extração de antocianinas em até duas vezes (6,20 mg equivalentes de malvidina / g borra seca), assim como reduziu o tempo de extração de 15 minutos para 90 segundos, quando comparado as amostras controle (extração com solução de etanol 50 v/v). Neste mesmo trabalho, foi avaliado o pré-tratamento com uso de ultrassom, que também possibilitou diminuir o tempo de extração em relação ao controle (15 para 5 minutos), no entanto não apresentou aumento na concentração do pigmento extraído (ROMERO-DIEZ *et al.*, 2019). Outros pesquisadores também observaram que o pré-tratamento por micro-ondas, aumentou a eficiência da extração das antocianinas (14,04 mg equivalentes de cianidina-glicosídeo / g extrato seco), comparado ao controle, sem pré-tratamento por micro-ondas (10,8 mg equivalentes de cianidina-glicosídeo / g extrato seco) (ALVAREZ *et al.*, 2017).

Panic *et al.* (2019) investigaram a aplicação de micro-ondas e ultrassom, simultaneamente, para aprimorar extração sólido-líquido, de bagaço da vinificação, utilizando solvente NADES (Solvente eutético), na busca não só de otimização do método, mas também, uso de solvente de acordo com a “química verde”. NADES, são misturas de dois ou três compostos que são capazes de formar ligações de hidrogênio intramoleculares, como os doadores de hidrogênio (açúcar, álcool, aminoácido, ácidos orgânicos, entre outros) e os receptores de hidrogênio, como os sais orgânicos (sal de amônio quaternário ou fosfônio), podendo conter até 50% (v / v) de água. As melhores condições encontradas foram a extração simultânea por ultrassom / micro-ondas (potência MW a 300 W, potência US 50 W), por 10 min com 30% (v / v) de água, resultando em 1,77 mg (equivalentes a malvidina-3-O-monoglicosídeo) /g de peso seco. Outras pesquisas da literatura, confirmam otimização da

extração com a utilização de micro-ondas e ultrassom como pré-tratamentos (DE LA TORRE *et al.*, 2015; CALDAS *et al.*, 2018; ZHAO *et al.*, 2020).

A técnica de ultrassom consiste em ondas ultrassônicas através de cavitação, agitação e aquecimento. Na cavitação ocorre formação e colapso de microbolhas, que provocam ruptura das paredes celulares vegetais (GONZÁLEZ *et al.*, 2020), juntamente com agitação e aquecimento, permitem maior transferência de calor e massa, maior penetração do solvente, maior rendimento, menor tempo de resistência, menor consumo de energia e menor quantidade de solvente (BARBA *et al.*, 2016). A partir de resíduo bagaço da vinificação, Zhao *et al.* (2020) avaliaram o uso de ultrassom para otimizar a extração de antocianinas, utilizando metanol como solvente, resultando em um extrato bruto com 56,15mg de antocianinas totais em 50g de bagaço, os extratos foram purificados (cromatografia em coluna XAD-7HP), isolados e identificado por cromatografia líquida (HPLC-DAD-MS / MS) quatorze monômeros de antocianinas com alta pureza (>90%).

Estudo realizado por Bosiljkov e colaboradores (2017) com o bagaço de vinificação comparou a eficácia de técnicas de extração de antocianinas utilizando como solventes: etanol acidificado e diferentes NADES, ambos assistidos por ultrassom. Dentre os NADES testados, o cloreto de colina com ácido málico (como doador de ligações de hidrogênio) apresentou melhor eficiência de extração. Os autores sugerem que esta pode ser uma alternativa de extração ecologicamente correta, mas ainda há necessidade de mais estudos que visem a recuperação e reciclagem do NADES.

Cabe destacar que o preparo do resíduo é um fator que pode influenciar no processo de extração, como demonstrado por González *et al.* (2020), que avaliaram a extração com solvente (etanol/água) assistido por ultrassom, utilizando bagaço fresco e bagaço liofilizado. Os autores observaram que o maior teor de antocianinas foi obtido no extrato liofilizado ($5,25 \pm 1,0$ mg cianidina por grama de peso seco) quando comparado ao extrato de bagaço fresco ($4,0 \pm 1,0$ mg cianidina por grama de peso seco). Além das características e benefícios mencionados, o ultrassom, pode ser facilmente incorporado a dispositivos de plantas tecnológicas já existente, ou a nova linha de produção, para melhorar a eficiência da extração de antocianinas, bem como de outros compostos fenólicos (BARBA *et al.*, 2016).

A utilização de enzimas como pectinases, celulases, hemicelulases, entre outras, também tem sido utilizadas na otimização da extração, pois a degradação dos polissacarídeos da parede celular, é uma etapa fundamental para facilitar a liberação de compostos fenólicos, uma vez que são capazes de catalisar a hidrólise e decompor a estrutura da parede celular (FERNANDES; VEGA; ASPÉ, 2015). Nesta linha, pesquisadores, investigaram a extração

enzimática de diferentes variedades de uvas *Vitis vinifera* e *Vitis labrusca*, e observaram resultados promissores com a aplicação de enzimas, havendo um aumento no teor de antocianinas quando realizada a aplicação de enzimas (MONTIBELLER *et al.*, 2019). Outra pesquisa utilizou o pré-tratamento enzimático na otimização e comparação de extração convencional assistida por micro-ondas e ultrassom na extração de compostos fenólicos. Os autores evidenciaram por análises de microscopia eletrônica de varredura, maior rompimento das paredes celulares do bagaço quando utilizado pré-tratamento enzimático (DREVELEGKA; GOULA, 2020). Os resultados encontrados estão de acordo com os demonstrados por Montibeller e colaboradores (2019), evidenciando que a utilização de enzimas é capaz de aumentar a eficiência da extração, comparado ao mesmo processo sem a presença desta etapa.

Pereira *et al.* (2020) avaliaram a utilização de aquecimento ôhmico como pré-tratamento para a extração de antocianinas com água. Comparados aos extratos obtidos sem o pré tratamento, o aquecimento ôhmico foi capaz de aumentar o teor de antocianinas e a intensidade da cor dos extratos (de 756 para 1349 $\mu\text{g} / \text{g}$). Outros autores utilizaram plasma frio (plasma não térmico) como pré-tratamento e demonstraram aumento de 30,9% e 22,3% (5 e 15 minutos de tratamento) na extração de antocianinas de bagaço de vinho Cabernet Sauvignon, comparados ao controle sem pré-tratamento (BAO; REDDIVARI; HUANG, 2020). Esta técnica, consiste em um gás ionizado quase neutro, composto principalmente de íons e elétrons livres, fótons e átomos excitados e não excitados de carga neutra líquida (PANKAJ; KEENER, 2017).

Estudo realizado por Barba *et al.* (2015) compararam a obtenção de antocianinas e outros compostos fenólicos no bagaço, por tratamentos alternativos de descarga elétrica de alta tensão (HVED), micro-ondas (MAE) e campos elétricos pulsados (PEF). Estes três tratamentos físicos são capazes de induzir danos a parede celular e foram aplicados em suspensões aquosas de bagaço de uva sem a utilização de solvente. Os autores concluíram que o uso de HVED, permitiu recuperação em proporções equivalente de compostos fenólicos totais e de antocianinas totais. Já o USN e o PEF, apresentaram maior seletividade em relação a extração de antocianinas. Tais achados são importantes e devem ser considerados na escolha da técnica de extração do composto de interesse na indústria alimentícia, como é o caso de obtenção de pigmento natural de antocianinas (STAFUSSA *et al.*, 2016).

É encontrado na literatura, outras técnicas de extração de compostos fenólicos e antocianinas, a partir de matérias-primas vegetais, incluído casca da uva, que apresentam potencial para ser utilizadas para a extração de pigmentos a partir de resíduos da vinificação

(BARBA *et al.*, 2016; CHOWDHARY *et al.*, 2021). Como exemplo pode-se citar a extração com fluido supercrítico (SFE), sendo o dióxido de carbono (CO₂) o gás mais utilizado, pois alcança facilmente as condições supercríticas, não apresenta toxicidade, baixo custo, além de ser fácil de reciclar (KOUBAA *et al.*, 2015, MANNA; BUGNONE; BANCHERO, 2015; PEREIRA, 2015; GARCIA-MENDOZA *et al.*, 2017; COELHO *et al.*, 2020); a extração magnética em fase sólida, que se baseia em nano partículas magnéticas como adsorvente (YARI; RASHNOO, 2017; ZHANG *et al.*, 2020); a extração com água quente pressurizada (PHWE) que utiliza água quente ou vapor pressurizado, sob pressão controlada, vazão e condições de temperatura específicas (100 °C a temperatura crítica T_c) (VERGARA-SALINAS JR, *et al.*, 2015; KOVAČEVIĆ *et al.*, 2018).

Além das técnicas de extração, tem sido cada vez mais frequente encontrar na literatura trabalhos com o intuito de melhorar a estabilidade do pigmento natural de antocianinas a ser aplicado em alimentos, como a nanoencapsulação e microencapsulação do composto após o processo de extração (FLORES; SINGH; KONG, 2014; HE *et al.*, 2017; SHARIF; KHOSHNOUDI-NIA; JAFARI, 2020). Para esta técnica de encapsulação pode-se utilizar diferentes veículos, como por exemplo, maltodextrina e concentrado proteico de soro de leite, isolados ou em combinação (FLORES; SINGH; KONG, 2014; TSALI; GOULA, 2018), gelatina + goma arábica (MAHDAVI *et al.*, 2016; SHADDEL *et al.*, 2018), alginato de sódio + carbonato de cálcio (ZHANG *et al.*, 2020), bioencapsulação por *spray drying* utilizando levedura residual da indústria cervejeira (*Saccharomyces cerevisiae*) (RUBIO *et al.*, 2020), quitosana (HE *et al.*, 2017), lecitina (GULDIKEN *et al.*, 2017; CHI *et al.*, 2019) entre outros compostos.

4.3 CORANTES ALIMENTÍCIOS

Nos alimentos, a cor é uma das características mais importantes, visto que esta, pode influenciar significativamente na qualidade sensorial, tanto na apreciação do aroma como também no sabor do alimento, impactando na decisão de compra do consumidor. Durante as etapas de processamento dos alimentos, estocagem, embalagem e distribuição, ocorrem transformações indesejáveis, como a alteração de cor (MARTINS *et al.*, 2016). Assim, para tornar o produto mais atraente, são permitidos no Brasil a adição de alguns corantes nos alimentos (BRASIL, 1977).

Os corantes são considerados aditivos alimentares. No Brasil, a lista, a quantidade e a atualização de aditivos permitidos é de competência da ANVISA (Agência Nacional de

Vigilância Sanitária) que segue acordos tanto com o MERCOSUL como também com legislações internacionais reconhecidas como o *Codex Alimentarius/JECFA*, a União Europeia e o *Food and Drug Administration* (FDA) (BRASIL, 2015).

Todavia, o número e os tipos de corantes permitidos para adição em alimentos variam consideravelmente entre os países, o que acaba acarretando em barreiras comerciais para alguns alimentos, principalmente no comércio internacional. A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO- *Food and Agriculture Organization of the United Nations*) e a Organização Mundial da Saúde (OMS), vem tentando harmonizar os regulamentos alimentares entre os diferentes países por meio de *Codex Alimentarius/JECFA*, assim como estabelecer IDA (Ingestão Diária Aceitável (mg/Kg peso corpóreo)) para cada aditivo, pois enquanto alguns países ainda permitem uma lista considerável de corantes artificiais, outros, como a Noruega, proíbe o uso de qualquer corante sintético na indústria de alimentos (BRASIL, 2009; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Segundo a Portaria SVS/MS nº 540, de 27 de outubro de 1997, considera-se corante a substância ou a mistura de substâncias que possuem a propriedade de conferir ou intensificar a coloração de alimentos e bebidas (BRASIL, 1997). O Quadro 2 apresenta a classificação dos corantes.

Quadro 2 - Classificação dos corantes utilizados em alimentos.

Corante	Descrição
Corante orgânico natural	Aquele obtido a partir de vegetal, ou eventualmente, de animal, cujo princípio corante tenha sido isolado com o emprego de processo tecnológico adequado.
Corante orgânico sintético	Aquele obtido por síntese orgânica mediante o emprego de processo tecnológico adequado.
Corante artificial	É o corante orgânico sintético não encontrado em produtos naturais.
Corante orgânico sintético idêntico ao natural	É o corante orgânico sintético cuja estrutura química é semelhante à do princípio ativo isolado de corante orgânico natural.
Corante inorgânico	Aquele obtido a partir de substâncias minerais e submetido a processos de elaboração e purificação adequados a seu emprego em alimento.
Caramelo	O corante natural obtido pelo aquecimento de açúcares à temperatura superior ao ponto de fusão.
Caramelo (processo amônia)	É o corante orgânico sintético idêntico ao natural obtido pelo processo amônia, desde que o teor de 4-metil, imidazol não exceda no mesmo a 200mg/kg.

Fonte: Adaptado de Brasil (1977).

Corantes artificiais são aqueles produzidos a partir de síntese química. Comparados aos corantes naturais, é inegável as vantagens tecnológicas, uma vez que apresentam elevada estabilidade, principalmente a fatores como pH, temperatura, luz e oxigênio, ao serem adicionados a matrizes alimentares, além de alto poder corante, isenção de contaminação microbiológica, e baixo custo. Porém, uma crescente busca pela indústria de alimentos pela substituição dos corantes artificiais por pigmentos naturais é observada em muitos países (RODRIGUEZ-AMAYA, 2016; SUN; XIN; ALPER, 2021). Este fato vem sendo impulsionado por estudos que apontam que o consumo excessivo de corantes artificiais está associado a ocorrência de vários problemas de saúde, como reações alérgicas, irritações de pele, asma, entre outras (NOWAK, 2020).

A fim de investigar o potencial genotóxico, citotóxico e citostático dos corantes artificiais tartrazina, amarantho e eritrosina, Mpountoukas *et al.* (2010), realizaram um estudo *in vitro* em células sanguíneas periféricas humanas. Os resultados indicaram que esses corantes alimentares apresentaram potencial tóxico para os linfócitos humanos (*in vitro*) podendo ligar-se diretamente ao DNA dos consumidores.

Aliado a estes fatores, atualmente destacam-se as ações legislativas visando reduzir o uso de corantes sintetizados quimicamente, como também a crescente procura dos consumidores por um estilo de vida mais saudável com o consumo de alimentos naturais (MARTINS *et al.*, 2016; SAMPAIO *et al.*, 2021).

De acordo com o preconizado pelo Regulamento (CE) N° 1333/2008, do Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia, os alimentos que contém os corantes artificiais tartrazina, ponceau 4R, vermelho allura, carmosina, amarelo de quinoleína, amarelo-sol, tem a obrigatoriedade de incluir uma informação adicional na rotulagem como “pode causar efeitos negativos na atividade e na atenção das crianças”. No Brasil, os alimentos coloridos com corantes artificiais devem apresentar no rótulo a indicação “colorido artificialmente”, e constar na lista de ingredientes por meio de sua classe funcional seguida do nome completo ou número INS (Sistema Internacional de Numeração), exceto os alimentos que contém tartrazina (INS 102), que devem obrigatoriamente declarar o nome por extenso (BRASIL, 2002).

4.3.1 Corantes naturais

Corantes naturais são sintetizados e acumulados, ou excretados a partir de células vivas. Geralmente, suas estruturas químicas tendem a ser complexas, a qual pode ser utilizada

para sua classificação, conforme demonstra o Quadro 2 (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Quadro 3- Classificação de pigmentos de origem vegetal e animal com base na estrutura química.

Grupo químico	Pigmento	Exemplos	Coloração	Ocorrência (exemplos)
Tetrapirróis	Compostos heme Clorofilas	Oximioglobina Mioglobina Metamioglobina Clorofila a Clorofila b	Vermelha Púrpura/Vermelha Marrom Verde-azulada Verde	Carnes frescas Carnes embaladas Brócolis, alface, espinafre
Tetraterpenóides	Carotenóides	Caroteno Licopeno	Amarelo-alaranjado Laranja-avermelhada	Cenouras, laranjas Tomates
Compostos O-heterocíclicos/ Quinona	Flavonoides/ fenólicos	Antocianinas Flavonóis Taninos	Laranja/vermelho/azul Branco-amarelada Vermelho-marrom	Frutas vermelhas (uva), repolho roxo, rabanete Cebolas, couve-flor Vinho envelhecido
Compostos N-heterocíclicos	Betalaínas	Betanina Betaxantinas	Púrpura/vermelho Amarelo	Beterraba vermelha, beterraba branca, figo-da-índia

Fonte: Adaptado de Damodaran, Parkin e Fennema (2010).

Dentre os corantes naturais mais conhecidos e empregados na indústria alimentícia, estão os extratos de urucum, carmim de cochonilha, curcumina, antocianinas, betalaínas, carotenoides e clorofila (CONSTANT; STRINGHETA; SANDI, 2002; RIBEIRO; VELOSO, 2021). O apelo mercadológico por alimentos naturais estimula cada vez mais o desenvolvimento de novos estudos para a utilização de pigmentos naturais, com o intuito de superar as limitações tecnológicas existentes da sua aplicação. Cabe ressaltar que os corantes naturais, além de serem mais seguros, sem efeitos colaterais tóxicos, ainda são promotores de saúde, podendo apresentar características funcionais aos alimentos, como por exemplo, atividade antioxidante (MARTINS *et al.*, 2016).

Os principais corantes naturais permitidos no Brasil, estão descritos no Quadro 4. Cabe destacar que dentre as substâncias permitidas estão as antocianinas assim como o extrato da casca da uva.

Quadro 4 - Principais corantes naturais permitidos em alimentos no Brasil.

INS	Nome do Aditivo Alimentar
100 i	Cúrcuma, curcumina
101 i	Riboflavina
101 ii	Riboflavina 5' fosfato de sódio
120	Carmin, cochonilha, ácido carmínico, sais de Na, K, NH ₄ e Ca
140 i	Clorofila
141 i	Clorofila cúprica
150 ^a	Caramelo I – simples
153	Carvão vegetal
160a ii	Carotenos: extratos naturais (alfa, beta e gama)
160b	Urucum, bixina, norbixina,
160c	Páprica, capsorubina, capsantina
160d	Licopeno
160d ii	Extrato de licopeno de tomate
160e	Beta-apo-8' - carotenal
160f	Éster metílico ou etílico do ácido beta-apo-8' carotenóico
161b	Luteína
162	Vermelho de beterraba, betanina
163 i	Antocianinas (de frutas e hortaliças)
163 ii	Extrato de casca de uva

Fonte: Adaptado de Brasil (2008, 2018, 2019).

4.3.1.1 Corante natural de antocianinas em alimentos

O corante natural de antocianinas é uma alternativa atraente, pois pode ser extraído de diferentes fontes vegetais, como as uvas tintas que apresentam elevada concentração de antocianinas. Considerando que durante o processamento da uva parte da concentração do pigmento permanece nos resíduos, estes podem ser considerados boas fontes sustentáveis de antocianinas (CHOWDHARY *et al.*, 2021).

As antocianinas apresentam alto poder corante e elevada solubilidade em água, o que permite sua incorporação em muitos sistemas alimentares. No entanto, assim como a maioria dos corantes naturais, ainda possuem alto custo na sua utilização quando comparados aos corantes artificiais, apresentam instabilidade frente a fatores como pH, temperatura e luz, o

que pode limitar sua aplicação em alguns alimentos e bebidas (CHATHAM; HOWARD; JUVIK, 2020).

Com o intuito de estudar a estabilidade a adição de antocianinas extraídos de resíduo da vinificação em produtos lácteos, He *et al.* (2016) realizaram uma pesquisa com misturas de extratos de antocianinas com caseína e com proteínas do soro do leite, em pH ácido e neutro. Os autores observaram que as proteínas do leite formam complexos com as antocianinas, sendo capazes de aumentar a estabilidade e retardar significativamente a degradação do composto. A adição de proteínas do soro do leite junto com as antocianinas apresentaram excelentes resultados em relação ao tempo de meia vida do pigmento, diminuindo a degradação térmica, oxidativa e fotodegradação das antocianinas em 71,59%, 32,22% e 56,92% em pH 3,2 e 54,91%, 22,89% e 46,68% a pH 6,3, respectivamente, quando comparado ao controle (sem adição de proteínas do leite).

Pesquisa realizada com a adição de antocianinas provenientes do resíduo do processo de vinificação (bagaço) em quefir apresentou resultados promissores para a indústria alimentícia quanto a estabilidade do pigmento nesta bebida (MONTIBELLER, 2017). Outros autores também analisaram a utilização do corante em outros produtos alimentares, por exemplo, Garcia (2019), avaliou a estabilidade do pigmento de uva Alicante Bouschet (*Vitis vinífera L.*) adicionado a um sorvete e observou boa aceitação sensorial do produto sendo que a coloração roxa, característica da antocianina, permaneceu estável sob congelamento a -18°C por 45 dias de estocagem.

Garcia (2017), realizou extração sólido-líquido do pigmento, de cascas de uva Isabel (solvente hidroalcolico, com e sem presença de luz) e avaliou a adição do extrato líquido e em pó (secagem por *Spray dryer*) em gelatina. O autor observou que as melhores condições de extração foram em ausência de luz e aplicação do extrato líquido, o que conferiu boa intensidade de cor quando aplicado no sorvete.

Burin *et al.* (2011), também demonstraram a influência da presença de luz, além da temperatura de armazenamento (25 e 4°C) na estabilidade das antocianinas assim como avaliaram a eficiência de diferentes agentes (maltodextrina, maltodextrina/ γ -ciclodextrina e maltodextrina/goma arábica) para encapsulação e estabilidade de um corante de antocianinas de cascas de uva Cabernet Sauvignon (*Vitis vinífera L.*), em um sistema de bebida isotônica. Os melhores resultados encontrados foram com maltodextrina/goma arábica como agente encapsulante, que apresentou o maior tempo de meia-vida e menor constante de degradação para todas as condições avaliadas, sendo que em ausência de luz e sob refrigeração a 4°C apresentaram os melhores resultados quanto a intensidade da cor e vida de prateleira.

Pesquisadores realizaram a extração de antocianinas a partir do resíduo da produção de vinho tinto e purificação do extrato, e foi possível isolar simultaneamente 14 monômeros de antocianinas com alta pureza, que apresentam potencial para ser utilizados em diferentes matrizes alimentares ou como suplementos nutricionais (ZHAO *et al.*, 2020).

5 CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho, foi possível realizar uma abordagem bibliográfica sobre diferentes métodos de extração de antocianinas provenientes dos resíduos da vinificação, bagaço e borra, com potencial de utilização como pigmento natural pela indústria de alimentos e bebidas. Os dados utilizados para a realização deste trabalho, apontam que diferentes estudos demonstram métodos promissores sobre a extração de antocianinas obtidas a partir dos resíduos da vinificação, bagaço e borra, principalmente relacionado com a pureza do extrato obtido e também com identificação de diferentes antocianinas monoméricas nestes resíduos. No entanto, ainda são poucos os trabalhos encontrados na literatura com resultados satisfatórios em relação ao tempo de prateleira estendido, manutenção da estabilidade da cor dos produtos acrescidos desse pigmento como potencial substituto para a indústria alimentícia.

Sendo assim, faz-se necessário estudos quanto a aplicação em diferentes matrizes alimentares e bebidas, e estabilidade das antocianinas obtidas a partir dos resíduos da vinificação, uma vez que a elaboração de vinhos no mundo está em expansão, aumentando também a geração de resíduos desta indústria. Além disto, os resíduos da vinificação são ricos em compostos fenólicos, que garantem além da cor, benefícios à saúde, com grande potencial de utilização nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética, dentro do conceito de economia circular.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, A.; POEJO, J.; MATIAS, A. A.; DUARTE, C. M.; COCERO, M. J.; MATO, R. B. Microwave pretreatment to improve extraction efficiency and polyphenol extract richness from grape pomace. Effect on antioxidant bioactivity. **Food and Bioproducts Processing**, v. 106, p. 162-170, 2017.
- BAIANO, A. Recovery of biomolecules from food wastes. A review. **Molecules**, v. 19, n. 9, p. 14821-14842, 2014.
- BAO, Y.; REDDIVARI, L.; HUANG, J. Y. Enhancement of phenolic compounds extraction from grape pomace by high voltage atmospheric cold plasma. **LWT**, v. 133, p. 109970, 2020.
- BARBA, F. J.; BRIANCEAU, S.; TURK, M.; BOUSSETTA, N.; VOROBIEV, E. Effect of alternative physical treatments (ultrasounds, pulsed electric fields, and high-voltage electrical discharges) on selective recovery of bio-compounds from fermented grape pomace. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 5, p. 1139-1148, 2015.
- BARBA, F. J.; ZHU, Z.; KOUBAA, M.; SANT'ANA, A. S.; ORLIEN, V. Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 49, p. 96-109, 2016.
- BERES, C.; COSTA, G. N.; CABEZUDO, I.; SILVA-JAMES, N. K.; TELES, A. S.; CRUZ, A. P.; FREITAS, S. P. Towards integral utilization of grape pomace from winemaking process: A review. **Waste Management**, v. 68, p. 581-594, 2017.
- BOSILJKOV, T.; DUJMIĆ, F.; BUBALO, M. C.; HRIBAR, J.; VIDRIH, R.; BRNČIĆ, M.; JOKIĆ, S. Natural deep eutectic solvents and ultrasound-assisted extraction: Green approaches for extraction of wine lees anthocyanins. **Food and Bioproducts Processing**, v. 102, p. 195-203, 2017.
- BRASIL. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução nº 44 de 1977. Dispõe sobre as condições gerais de elaboração, classificação, apresentação, designação, composição e fatores essenciais de qualidade dos corantes empregados na produção de alimentos e bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 01 fev. de 1978.
- BRASIL. Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. Dispõe sobre aditivos alimentares- definições, classificação e emprego. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 de out. 1997.
- BRASIL. Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 64, de 16 de setembro de 2008. Dispõe sobre atribuição de aditivos e seus limites máximos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17. set. 2008.
- BRASIL. Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de procedimentos para pedidos de inclusão e extensão de uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia de fabricação na legislação brasileira**. 2 ed. Brasília, DF, 2009, 24 p.
- BRASIL. Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. **Informe Técnico**, n. 68, 2015, 7p.

BRASIL. Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 340, de 13 de dezembro de 2002. Dispõe sobre estabelecer normas, propor, acompanhar e executar as políticas, as diretrizes e as ações de vigilância sanitária e, estabelecer normas e padrões sobre limites de contaminantes, resíduos tóxicos, desinfetantes, metais pesados e outros que envolvam risco à saúde. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18. dez. 2002.

BRASIL. Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 239, de 26 de julho de 2018. Dispõe sobre estabelecer os aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em suplementos alimentares. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 27. jul. 2018.

BRASIL. Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 281, de 29 de abril de 2019. Dispõe sobre autorizar o uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia em diversas categorias de alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02. jun. 2019.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. **Nutrition Reviews**, v. 56, n. 11, p. 317-333, 1998.

BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C. F. Anthocyanins as natural food colours: selected aspects. **Food Chemistry**, v. 58, n. 1-2, p. 103-109, 1997.

BROUILLARD, R. The in vivo expression of anthocyanin colour in plants. **Phytochemistry**, v. 22, n. 6, p. 1311-1323, 1983.

BURIN, V. M.; ROSSA, P. N.; FERREIRA-LIMA, N. E.; HILLMANN, M. C.; BOIRDIGNON-LUIZ, M. T. Anthocyanins: optimisation of extraction from Cabernet Sauvignon grapes, microcapsulation and stability in soft drink. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 46, n. 1, p. 186-193, 2011.

BURIN, V. M.; FERREIRA-LIMA, N. E.; PANCERI, C. P.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Bioactive compounds and antioxidant activity of *Vitis vinifera* and *Vitis labrusca* grapes: Evaluation of different extraction methods. **Microchemical Journal**, v. 114, p. 155-163, 2014.

BUSTAMANTE, M. A.; MORAL, R.; PAREDES, C.; PÉREZ-ESPINOSA, A.; MORENO-CASELLES, J.; PÉREZ-MURCIA, M. D. Agrochemical characterisation of the solid by-products and residues from the winery and distillery industry. **Waste Management**, v. 28, p. 372-380, 2008.

CALDAS, T. W.; MAZZA, K. E.; TELES, A. S.; MATTOS, G. N.; BRÍGIDA, A. I. S.; CONTE-JUNIOR, C. A.; TONON, R. V. Phenolic compounds recovery from grape skin using conventional and non-conventional extraction methods. **Industrial crops and products**, v. 111, p. 86-91, 2018.

CAMARGO, U. A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. Progressos na viticulturabrasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. SPE1, p. 144-149, 2011.

CHATHAM, L. A.; HOWARD, J. E.; JUVIK, J. A. A natural colorant system from corn: Flavone-anthocyanin copigmentation for altered hues and improved shelf life. **Food chemistry**, v. 310, p. 125734, 2020.

CHI, J.; GE, J.; YUE, X.; LIANG, J.; SUN, Y.; GAO, X.; YUE, P. Preparation of nanoliposomal carriers to improve the stability of anthocyanins. **LWT**, v. 109, p. 101-107, 2019.

CHOWDHARY, P.; GUPTA, A.; GNANSOUNOU, E.; PANDEY, A.; CHATURVEDI, P. Current trends and possibilities for exploitation of Grape pomace as a potential source for value addition. **Environmental Pollution**, v. 278, p. 116796, 2021.

CHRIST, K. L.; BURRITT, R. L. Critical environmental concerns in wine production: an integrative review. **Journal of Cleaner Production**, v. 53, p. 232-242, 2013.

COELHO, M. C.; PEREIRA, R.; RODRIGUES, A. S.; TEIXEIRA, J. A.; PINTADO, M. E. Anthocyanins as natural food colours: selected aspects. **Trends in Food Science & Technology**, v. 106, p. 182-197, 2020.

CONSTANT, P. B. L.; STRINGHETA, P. C.; SANDI, D. Corantes alimentícios. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 20, n. 2, 2002.

CORRÊA, R. C.; HAMINIUK, C. W.; BARROS, L.; DIAS, M. I.; CALHELHA, R. C.; KATO, C. G.; FERREIRA, I. C. Stability and biological activity of Merlot (*Vitis vinifera*) grape pomace phytochemicals after simulated in vitro gastrointestinal digestion and colonic fermentation. **Journal of Functional Foods**, v. 36, p. 410-417, 2017.

CRESPO, J. G.; BRAZINHA, C. Membrane processing: Natural antioxidants from winemaking by-products. **Filtration & Separation**, v. 47, n. 2, p. 32-35, 2010.

DAMODARAN, S., PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Arned, 4^a ed., 2010, 900p.

DE LA TORRE, M. P. D.; PRIEGO-CAPOTE, F.; CASTRO, M. D. L Characterization and comparison of wine lees by liquid chromatography–mass spectrometry in high-resolution mode. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 63, n. 4, p. 1116-1125, 2015.

DREVELEGKA, I.; GOULA, A. M. Recovery of grape pomace phenolic compounds through optimized extraction and adsorption processes. **Chemical Engineering and Processing-Process Intensification**, v. 149, p. 107845, 2020.

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

ESPANHA. Governo da Espanha. Lei 10/1998 de 21 de abril. Dispõe sobre redução, reutilização, reciclagem e outras formas de valorização de diferentes tipos de resíduos. Disponível em: <https://www.boe.es/eli/es/l/1998/04/21/10>. Acesso em: 3 jan. 2021.

FALCAO, L. D.; BARROS, D. M.; GAUCHE, C.; LUIZ, M. T. B. Copigmentação intra e intermolecular de antocianinas: uma revisão. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 21, n. 2, 2003.

FAVRE, G.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; PICCARDO, D.; GÓMEZ-ALONSO, S.;

GONZÁLEZ-NEVES, G. Selectivity of pigments extraction from grapes and their partial retention in the pomace during red-winemaking. **Food chemistry**, v. 277, p. 391-397, 2019.

FERNÁNDEZ, K.; VEGA, M.; ASPÉ, E. An enzymatic extraction of proanthocyanidins from País grape seeds and skins. **Food chemistry**, v. 168, p. 7-13, 2015.

FLAVEL, T. C.; MURPHY, D. V.; LALOR, B. M.; FILLERY, I. R. P. Gross mineralization rates after application of composted grape marc to soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 37, p. 1397–1400, 2005.

FLORES, F. P.; SINGH, R. K.; KONG, F. Physical and storage properties of spray-dried blueberry pomace extract with whey protein isolate as wall material. **Journal of Food Engineering**, v. 137, p. 1-6, 2014.

FU, X.; WANG, D.; BELWAL, T.; XIE, J.; XU, Y.; LI, L.; LUO, Z. Natural deep eutectic solvent enhanced pulse-ultrasonication assisted extraction as a multi-stability protective and efficient green strategy to extract anthocyanin from blueberry pomace. **LWT**, v. 144, p. 111220, 2021.

GARCÍA-BECERRA, L.; MITJANS, M.; RIVAS-MORALES, C.; VERDE-STAR, J.; ORANDAY-CÁRDENAS, A.; MARÍA, P. V. Antioxidant comparative effects of two grape pomace Mexican extracts from vineyards on erythrocytes. **Food chemistry**, v. 194, p. 1081-1088, 2016.

GARCÍA-LOMILLO, J.; GONZÁLEZ-SANJOSÉ, M. L. Applications of wine pomace in the food industry: Approaches and functions. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, n. 1, p. 3-22, 2017.

GARCIA-MENDOZA, M. P.; ESPINOSA-PARDO, F. A.; BASEGGIO, A. M.; BARBERO, G. F.; JUNIOR, M. R. M.; ROSTAGNO, M. A.; MARTÍNEZ, J. Extraction of phenolic compounds and anthocyanins from juçara (*Euterpe edulis* Mart.) residues using pressurized liquids and supercritical fluids. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 119, p. 9-16, 2017.

GARCIA, Y. M. **Extração de corante natural do resíduo da uva isabel (*Vitis vinífera*) via solvente hidroalcoólico**. 2017. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

GARCÍA, Y. R. **Obtenção de um extrato concentrado a partir da casca de uva cv. Alicante Bouschet (*Vitis vinifera* L.): caracterização química, bioacessibilidade e aplicação como corante**. 2019. 122 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2019.

GAUCHE, C.; MALAGOLI, E.; S.; BORDIGNON LUIZ, M. T. Effect of pH on the copigmentation of anthocyanins from Cabernet Sauvignon grape extracts with organic acids. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 1, p. 41-46, 2010.

GIACOBBO, A.; DIAS, B. B.; ONOREVOLI, B.; BERNARDES, A. M.; PINHO, M. N.; CARAMÃO, E. B.; JACQUES, R. A. Wine lees from the 1st and 2nd rackings: valuable by-products. **Journal of food science and technology**, v. 56, n. 3, p. 1559-1566, 2019.

GONZÁLEZ, M.; BARRIOS, S.; BUDELLI, E.; PÉREZ, N.; LEMA, P.; HEINZEN, H. Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds in fresh and freeze-dried *Vitis vinifera* cv. Tannat grape pomace. **Food and Bioproducts Processing**, v. 124, p. 378-386, 2020.

GULDIKEN, B.; GIBIS, M.; BOYACIOGLU, D.; CAPANOGLU, E.; WEISS, J. Impact of liposomal encapsulation on degradation of anthocyanins of black carrot extract by adding ascorbic acid. **Food & function**, v. 8, n. 3, p. 1085-1093, 2017.

HE, J.; GIUSTI, M. M. Anthocyanins: Natural Colorants with Health-Promoting Properties. **Food Science and Technology**, v. 1, p. 163–87, 2010.

HE, Z.; XU, M.; ZENG, M.; QIN, F.; CHEN, J. Preheated milk proteins improve the stability of grape skin anthocyanins extracts. **Food chemistry**, v. 210, p. 221-227, 2016.

HE, B.; GE, J.; YUE, P.; YUE, X.; FU, R.; LIANG, J.; GAO, X. Loading of anthocyanins on chitosan nanoparticles influences anthocyanin degradation in gastrointestinal fluids and stability in a beverage. **Food Chemistry**, v. 221, p. 1671-1677, 2017.

HILLMANN, M. C. R.; BURIN, V. M.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Thermal degradation kinetics of anthocyanins in grape juice and concentrate. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, p. 1997–2000, 2011.

IACOBUCCI, G. A.; SWEENEY, J. G. The chemistry of anthocyanins, anthocyanidins and related flavylum salts. **Tetrahedron**, v. 39, n. 19, p. 3005-3038, 1983.

ISEPPI, A.; MARANGON, M.; VINCENZI, S.; LOMOLINO, G.; CURIONI, A.; DIVOL, B. A novel approach for the valorization of wine lees as a source of compounds able to modify wine properties. **Food Science and Technology**, v. 136, p. 110274, 2021.

JACKMAN, R. L.; YADA, R. Y.; TUNG, M. A.; SPEERS, R. A. Anthocyanins as food colorants: a review. **Journal of food biochemistry**, v. 11, n. 3, p. 201-247, 1987.

JACKSON, R. S. **Wine science: Principles and applications**. 3rd. ed. London: Academic Press, 2008, 789p.

JACKSON, R. S. **Wine science: Principles and applications**. 3rd. ed. London: Academic Press, 2020, 1015p.

KOUBAA, M.; ROSELLO-SOTO, E.; ŠIĆ ŽLABUR, J.; REZEK JAMBRAK, A.; BRNCIC, M.; GRIMI, N.; BARBA, F. J. Current and new insights in the sustainable and green recovery of nutritionally valuable compounds from *Stevia rebaudiana* Bertoni. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 31, p. 6835-6846, 2015.

KOVAČEVIĆ, D. B.; BARBA, F. J.; GRANATO, D.; GALANAKIS, C. M.; HERCEG, Z.; DRAGOVIĆ-UZELAC, V.; PUTNIK, P. Pressurized hot water extraction (PHWE) for the green recovery of bioactive compounds and steviol glycosides from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves. **Food chemistry**, v. 254, p. 150-157, 2018.

KOWALSKA, G.; WYROSTEK, J.; KOWALSKI, R.; PANKIEWICZ, U. Evaluation of glycerol usage for the extraction of anthocyanins from black chokeberry and elderberry

fruits. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 22, p. 100296, 2021.

LANZI, C. R.; PERDICARO, D. J.; ANTONIOLLI, A.; FONTANA, A. R.; MIATELLO, R. M.; BOTTINI, R.; PRIETO, M. A. V. Grape pomace and grape pomace extract improve insulin signaling in high-fat-fructose fed rat-induced metabolic syndrome. **Food & function**, v. 7, n. 3, p. 1544-1553, 2016.

LANZI, C. R.; PERDICARO, D. J.; LANDA, M. S.; FONTANA, A.; ANTONIOLLI, A.; MIATELLO, R. M.; PRIETO, M. A. V. Grape pomace extract induced beige cells in white adipose tissue from rats and in 3T3-L1 adipocytes. **The Journal of nutritional biochemistry**, v. 56, p. 224-233, 2018.

LAVELLI, V.; SRI HARSHA, P. S. C.; PIOCHI, M.; TORRI, L. Sustainable recovery of grape skins for use in an apple beverage with antiglycation properties. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 52, n. 1, p. 108-117, 2017.

LIMA, Á. S.; SOARES, C. M. F.; PALTRAM, R.; HALBWIRTH, H.; BICA, K. Extraction and consecutive purification of anthocyanins from grape pomace using ionic liquid solutions. **Fluid Phase Equilibria**, v. 451, p. 68-78, 2017.

MAHDAVI, S. A.; JAFARI, S. M.; ASSADPOOR, E.; DEHNAD, D. Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 85, p. 379-385, 2016.

MANNA, L.; BUGNONE, C. A.; BANCHERO, M. Valorization of hazelnut, coffee and grape wastes through supercritical fluid extraction of triglycerides and polyphenols. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 104, p. 204-211, 2015.

MARKAKIS, P. Stability of anthocyanins in foods. **Anthocyanins as food colors**, v. 163, p. 180, 1982.

MARTINS, N.; RORIZ, C. L.; MORALES, P.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. **Trends in Food Science & Technology**, v. 52, p. 1-15, 2016.

MAZZA, G.; BROUILLARD, R. Recent developments in the stabilization of anthocyanins in food products. **Food Chemistry**, v. 25, p. 207-225, 1987.

MAZZA, G.; MINIATI, E. **Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains**. New York: CRC Press, 1993, p. 115.

MOHDAIDIN, N.; ORUNA-CONCHA, M. J.; JAUREGI, P. Surfactant TWEEN20 provides stabilisation effect on anthocyanins extracted from red grape pomace. **Food chemistry**, v. 271, p. 224-231, 2019.

MORENO-ARRIBAS, M. V.; POLO, M. C. **Wine Chemistry and Biochemistry**. New York: Springer Science, 2019. 715p.

MONTIBELLER, M. J. **Extração enzimática em cascas de uva: processo sustentável para obtenção de corante antocianico**. 2017. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

MONTIBELLER, M. J.; MONTEIRO, P. L.; STOLL, L.; TUPUNA-YEROVI, D. S.; RODRIGUES, E.; RODRIGUES, R. C.; MANFROI, V. Improvement of enzymatic assisted extraction conditions on anthocyanin recovery from different varieties of *V. vinifera* and *V. labrusca* grape pomaces. **Food Analytical Methods**, v. 12, n. 9, p. 2056-2068, 2019.

MORENO-ARRIBAS, M. V.; POLO, M. C. **Wine Chemistry and Biochemistry**. New York: Springer Science, 2019. 715p.

MPOUNTOUKAS, P.; PANTAZAKI, A.; KOSTARELI, E.; CHRISTODOULOU, P.; KARELI, D.; POLILIOU, S.; LIALIARIS, T. Cytogenetic evaluation and DNA interaction studies of the food colorants amaranth, erythrosine and tartrazine. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, n. 10, p. 2934-2944, 2010.

MUNOZ-ESPADA, A. C.; WOOD, K. V.; BORDELON, B.; WATKINS, B. A. Anthocyanin quantification and radical scavenging capacity of Concord, Norton, and Marechal Foch grapes and wines. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 52, n. 22, p. 6779-6786, 2004.

NAGAI, T.; TANOUE, Y.; KAI, N.; SUZUKI, N. Characteristics of strained lees of wines made from crimson glory vine (*Vitis coignetiae* Pulliat ex Planch.) berries as low economic waste by-product. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 14, p. 100180, 2019.

NOWAK, P. M. Simultaneous quantification of food colorants and preservatives in sports drinks by the high performance liquid chromatography and capillary electrophoresis methods evaluated using the red-green-blue model. **Journal of Chromatography A**, v. 1620, p. 460976, 2020.

OIV. International organization of Vine and Wine. **Statistical Report on World Vitiviniculture**, 2019.

ONGKOWIJOYO, P.; LUNA-VITAL, D. A.; MEJIA, E.; G. Extraction techniques and analysis of anthocyanins from food sources by mass spectrometry: An update. **Food chemistry**, v. 250, p. 113-126, 2018.

PANIĆ, M.; GUNJEVIĆ, V.; CRAVOTTO, G.; REDOVNIKOVIC, I. R. Enabling technologies for the extraction of grape-pomace anthocyanins using natural deep eutectic solvents in up-to-half-litre batches extraction of grape-pomace anthocyanins using NADES. **Food chemistry**, v. 300, p. 125185, 2019.

PANKAJ, S. K.; KEENER, K. M. Cold plasma: Background, applications and current trends. **Current Opinion in Food Science**, v. 16, p. 49-52, 2017.

PEIXOTO, C. M.; DIAS, M. I.; ALVES, M. J.; CALHELHA, R. C.; BARROS, L.; PINHO, S. P.; FERREIRA, I. C. Grape pomace as a source of phenolic compounds and diverse bioactive properties. **Food Chemistry**, v. 253, p. 132-138, 2018.

PEREIRA, C. V. L. **Extratos bioativos de frutos amazônicos por química verde: extração por líquido pressurizado (PLE) e fluido supercrítico (SFE)**. 2015. 96 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

PEREIRA, R. N.; COELHO, M. I.; GENISHEVA, Z.; FERNANDES, J. M.; VICENTE, A. A.; PINTADO, M. E. Using Ohmic Heating effect on grape skins as a pretreatment for anthocyanins extraction. **Food and Bioproducts Processing**, v. 124, p. 320-328, 2020.

PERON, D. V.; FRAGA, S.; ANTELO, F. Thermal degradation kinetics of anthocyanins extracted from juçara (*Euterpe edulis* Martius) and “Italia” grapes (*Vitis vinifera* L.), and the effect of heating on the antioxidant capacity. **Food chemistry**, v. 232, p. 836-840, 2017.

PINTAĆ, D.; MAJKIĆ, T.; TOROVIĆ, L.; ORČIĆ, D.; BEARA, I.; SIMIN, N.; LESJAK, M. Solvent selection for efficient extraction of bioactive compounds from grape pomace. **Industrial Crops and Products**, v. 111, p. 379-390, 2018.

UNIÃO EUROPÉIA. The European Parliament and the Council of the European Union, Regulamento (CE) N° 1333/2008 de 16 de dezembro de 2008. Dispõe sobre os aditivos alimentares. **Official Journal of the European Union**, Strasbourg, FR, 16 dez. 2008. Disponível em: <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=celex%3A32008R1333>. Acesso em: 15 abr. 2021.

RIBEIRO, J. S.; VELOSO, C. M. Microencapsulation of natural dyes with biopolymers for application in food: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 112, p. 106374, 2021.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. **Handbook of Enology: The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments**. 2nd ed. West Sussex: Wiley & Sons, 2006, p. 451.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Natural food pigments and colorants. **Current Opinion in Food Science**, v. 7, p. 20-26, 2016.

ROMERO-DÍEZ, R.; RODRÍGUEZ-ROJO, S.; COCERO, M. J.; DUARTE, C. M.; MATIAS, A. A.; BRONZE, M. R. Phenolic characterization of aging wine lees: Correlation with antioxidant activities. **Food chemistry**, v. 259, p. 188-195, 2018.

ROMERO-DÍEZ, R.; MATOS, M.; RODRIGUES, L.; BRONZE, M. R.; RODRÍGUEZ-ROJO, S.; COCERO, M. J.; MATIAS, A. A. Microwave and ultrasound pre-treatments to enhance anthocyanins extraction from different wine lees. **Food chemistry**, v. 272, p. 258-266, 2019.

RUBIO, F. T. V.; HAMINIUK, C. W. I.; MARTELLI-TOSI, M.; SILVA, M. P.; MAKIMORI, G. Y. F.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Utilization of grape pomaces and brewery waste *Saccharomyces cerevisiae* for the production of bio-based microencapsulated pigments. **Food Research International**, v. 136, p. 109470, 2020.

SABINO, L. B. S.; ALVES FILHO, E. G.; FERNANDES, F. A. N.; BRITO, E. S.; SILVA JÚNIOR, I. J. Optimization of pressurized liquid extraction and ultrasound methods for recovery of anthocyanins present in jambolan fruit (*Syzygium cumini* L.). **Food and Bioproducts Processing**, v. 127, p. 77-89, 2021.

SAMPAIO, S. L.; LONCHAMP, J.; DIAS, M. I.; LIDDLE, C.; PETROPOULOS, S. A.; GLAMOČLIJA, J.; BARROS, L. Anthocyanin-rich extracts from purple and red potatoes as natural colourants: Bioactive properties, application in a soft drink formulation and sensory analysis. **Food Chemistry**, v. 342, p. 128526, 2021.

SHADDEL, R.; HESARI, J.; AZADMARD-DAMIRCHI, S.; HAMISHEHKAR, H.; FATHI-ACHACHLOUEI, B.; HUANG, Q. Use of gelatin and gum Arabic for encapsulation of black raspberry anthocyanins by complex coacervation. **International journal of biological macromolecules**, v. 107, p. 1800-1810, 2018.

SHARIF, N.; KHOSHNOUDI-NIA, S.; JAFARI, S. M. Nano/microencapsulation of anthocyanins; a systematic review and meta-analysis. **Food Research International**, v. 132, p. 109077, 2020.

STAFUSSA, A. P.; MACIEL, G. M.; ANTHERO, A. G. S.; SILVA, M. V.; ZIELINSKI, A. A. F.; HAMINIUK, C. W. I. Biosorption of anthocyanins from grape pomace extracts by waste yeast: kinetic and isotherm studies. **Journal of Food Engineering**, v. 169, p. 53-60, 2016.

STRINGHETA, P. C. **Identificação da estrutura e estudo da estabilidade das antocianinas extraídas da inflorescência de capim gordura (*Melinis minutiflora*, Pal de Beauv)**. 1991. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

SUN, L.; XIN, F.; ALPER, H. S. Bio-synthesis of food additives and colorants-a growing trend in future food. **Biotechnology Advances**, v. 47, p. 107694, 2021.

TIMBERLAKE, C. F. Anthocyanins--occurrence, extraction and chemistry. **Food Chemistry**, v. 5, p. 69-80, 1980.

TONON, R. V, SILVA, C. M.; GALDEANO, M. C.; SANTOS, K. M. O. Tecnologias para o Aproveitamento Integral dos Resíduos da Indústria Vitivinícola. **Embrapa Agroindústria de Alimentos-Documents (INFOTECA-E)**, 2018.

TSALI, A.; GOULA, A. M. Valorization of grape pomace: Encapsulation and storage stability of its phenolic extract. **Powder Technology**, v. 340, p. 194-207, 2018.

VERGARA-SALINAS, J. R.; VERGARA, M.; ALTAMIRANO, C.; GONZALEZ, Á.; PÉREZ-CORREA, J. R. Characterization of pressurized hot water extracts of grape pomace: chemical and biological antioxidant activity. **Food chemistry**, v. 171, p. 62-69, 2015.

YARI, A.; RASHNOO, S. Optimization of a new method for extraction of cyanidin chloride and pelargonidin chloride anthocyanins with magnetic solid phase extraction and determination in fruit samples by HPLC with central composite design. **Journal of chromatography**, v. 1067, p. 38-44, 2017.

ZHANG, R.; ZHOU, L.; LI, J.; OLIVEIRA, H.; YANG, N.; JIN, W.; HE, J. Microencapsulation of anthocyanins extracted from grape skin by emulsification/internal gelation followed by spray/freeze-drying techniques: Characterization, stability and bioaccessibility. **LWT**, v. 123, p. 109097, 2020.

ZHAO, X.; ZHANG, S. S.; ZHANG, X. K.; HE, F.; DUAN, C. Q. An effective method for the semi-preparative isolation of high-purity anthocyanin monomers from grape pomace. **Food chemistry**, v. 310, p. 125830, 2020.