



**CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E QUALIDADE NUTRICIONAL DE AMORA-
PRETA LIOFILIZADA ANTES DO CONGELAMENTO**

**CONCENTRATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY AND NUTRITIONAL QUALITY OF FREEZE-
DRIED BLACKBERRY BEFORE FREEZING**

**CONCENTRACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y CALIDAD NUTRICIONAL DE LA MORA
LIOFILIZADA ANTES DE LA CONGELACIÓN**

Giovana Prado Marques Freire¹, Ellen Mara Freire¹

e463372

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i6.3372>

PUBLICADO: 06/2023

RESUMO

A amora-preta (*Rubus sp.*) possui um elevado potencial antioxidante, principalmente pelos teores representativos de compostos fenólicos totais, flavonoides e o alto teor de antocianinas. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico/químicas e atividade antioxidante da amora-preta *in natura*, da polpa congelada e pré-liofilizada para congelamento. Para isso os frutos foram higienizados e separados em amostras *in natura*, congelados por 90 dias com pré-secagem por liofilização, antes do congelamento, por 90 dias. Todas as amostras foram avaliadas quanto à sua composição físico-químicas - umidade, proteína bruta, gorduras brutas, fibra, carboidratos, minerais, sólidos solúveis totais (°Brix), pH e acidez titulável. As polpas foram preparadas após o tempo de congelamento numa proporção 4:1 (fruta:água destilada), e posteriormente as polpas foram secas, trituradas e foi mensurada a concentração de compostos fenólicos e flavonoides. Foi observada diferença significativa para sólidos solúveis, teor de proteína bruta, carboidratos totais e flavonoides para o tratamento liofilizado comparado ao congelado, sendo que a polpa com amoras liofilizadas não diferiu dos teores da fruta *in natura*. Portanto, o processo de liofilização das amoras, previamente ao congelamento, mostrou-se mais apropriado, pois conservou melhor os nutrientes, podendo ser utilizado como método alternativo para evitar a perda na composição da amora pós-colheita, já que o fruto é encontrado em meados de novembro e dezembro.

PALAVRAS-CHAVE: Compostos fenólicos. Teor de Proteína. Pré-secagem. Preservação.

ABSTRACT

The blackberry (*Rubus sp.*) has a high antioxidant potential, mainly due to the representative contents of total phenolic compounds, flavonoids and the high content of anthocyanins. The objective of this work was to evaluate the physicochemical characteristics and antioxidant activity of blackberry *in natura*, frozen pulp and pre-lyophilized for freezing. For this, the fruits were sanitized and separated into *in natura* samples, frozen for 90 days with pre-drying by freeze-drying, before freezing, for 90 days. All samples were evaluated for their physicochemical composition - moisture, crude protein, crude fats, fiber, carbohydrates, minerals, total soluble solids (°Brix), pH and titratable acidity. The pulps were prepared after freezing time in a 4:1 ratio (fruit:distilled water), and then the pulps were dried, crushed and the concentration of phenolic compounds and flavonoids was measured. A significant difference was observed for soluble solids, crude protein content, total carbohydrates and flavonoids for the lyophilized treatment compared to the frozen one, and the pulp with freeze-dried blackberries did not differ from the contents of the fruit *in natura*. Therefore, the freeze-drying process of blackberries, prior to freezing, proved to be more appropriate, because it better preserved the nutrients, and can be used as an alternative method to avoid the loss in the composition of the post-harvest blackberry, since the fruit is found in mid-November and December.

KEYWORDS: Phenolic compounds. Protein content. Pre-drying. Preservation.

RESUMEN

La mora (*Rubus sp.*) tiene un alto potencial antioxidante, principalmente debido a los contenidos representativos de compuestos fenólicos totales, flavonoides y el alto contenido de antocianinas. El

¹ Universidade José do Rosário Vellano - UNIFENAS.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
AMORA-PRETA LIOFILIZADA ANTES DO CONGELAMENTO
Giovana Prado Marques Freire, Ellen Mara Freire

objetivo de este trabajo fue evaluar las características fisicoquímicas y la actividad antioxidante de la mora in natura, pulpa congelada y pre-lioofilizada para congelación. Para ello, los frutos fueron desinfectados y separados en muestras in natura, congelados durante 90 días con pre-secado por liofilización, antes de congelación, durante 90 días. Todas las muestras fueron evaluadas por su composición fisicoquímica: humedad, proteína cruda, grasas crudas, fibra, carbohidratos, minerales, sólidos solubles totales (^oBrix), pH y acidez titulable. Las pulpas se prepararon después del tiempo de congelación en una proporción de 4: 1 (fruta: agua destilada), y luego las pulpas se secaron, se trituraron y se midió la concentración de compuestos fenólicos y flavonoides. Se observó una diferencia significativa para sólidos solubles, contenido de proteína cruda, carbohidratos totales y flavonoides para el tratamiento liofilizado en comparación con el congelado, y la pulpa con moras liofilizadas no difirió del contenido de la fruta in natura. Por lo tanto, el proceso de liofilización de las moras, antes de la congelación, demostró ser más apropiado, porque conserva mejor los nutrientes y puede usarse como un método alternativo para evitar la pérdida en la composición de la mora postcosecha, ya que la fruta se encuentra a mediados de noviembre y diciembre.

PALABRAS CLAVE: *Compuestos fenólicos. Contenido proteico. Presecado. Conservación.*

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o cultivo de frutas vermelhas tem aumentado no país, principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais. O interesse dos produtores por frutas vermelhas está relacionado ao rápido retorno que pode trazer ao agricultor. Assim, esse cultivo tem sido importante fonte de renda para os agricultores locais, que buscam a diversificação da produção (CARVALHO, 2019).

As chamadas frutas vermelhas destacam-se por suas propriedades antioxidantes, que estão relacionadas à alta concentração de polifenóis (HIDALGO; ALMAJANO, 2017). Dentro das frutas vermelhas a mais promissora é a amora-preta pela alta demanda do mercado consumidor e em decorrência de sua composição nutricional e compostos fitoterápicos. A amora-preta possui coloração intensa, quase negra, é rica em açúcares e ácidos orgânicos, destacando-se o elevado teor de antocianinas.

Na sua composição há 85% de água, 10% de carboidratos, com elevado conteúdo de minerais, cálcio e ferro, além de vitamina A e B. Em relação às frutas, e entre as frutas vermelhas, é a que contém quantidade representativa de proteínas (1,7%) (MOTA, 2006).

Dentre os compostos fenólicos presentes na amora-preta, todos com atividade antioxidante e atuantes na eliminação de radicais livres no organismo, destacam-se as antocianinas: cianidina-3-glicosídeo e cianidina-3-rutinosídeo, que são as mais representativas; os flavanóis: quercetina e kaempferol; os ácidos hidroxicinâmicos: ácido p-cumárico, ácido cafeico, ácido ferúlico e os ácidos hidroxibenzoicos: ácido p-hidroxibenzoico, ácido elágico que encontra-se presente em quantidade mais significativa na forma de seu precursor, o ácido gálico (MÄÄTÄ-RIIHINENN *et al.*, 2004).

Contudo, a amora-preta é sazonal, sendo encontrada *in natura* apenas entre meados de novembro até janeiro. Assim, para manter a presença dessa fruta durante todo o ano é necessário fazer uso de processamento. Porém, a atividade antioxidante de alimentos processados pode se apresentar diferente quando comparada à fruta *in natura*, e com isso pode alterar a efetividade de possíveis benefícios proporcionados ao organismo humano (ARAÚJO, 2009).

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
AMORA-PRETA LIOFILIZADA ANTES DO CONGELAMENTO
Giovana Prado Marques Freire, Ellen Mara Freire

De acordo com Silva e Abud (2017), preservar frutas altamente perecíveis é um grande desafio para a agroindústria que quer atingir a demanda do consumidor. A utilização de amora-preta congelada ou desidratada é uma alternativa para seu consumo ao longo do ano e em razão de sua rápida perda de qualidade pós-colheita.

Sabendo que o uso de desidratação a quente pode implicar, na maioria das vezes, em redução do conteúdo de compostos bioativos presentes no produto (JACQUES *et al.*, 2010), o uso de liofilização seria uma alternativa. Pois ao liofilizar um produto, devido à perda de água, este concentra suas propriedades funcionais, proporcionando melhor qualidade nutricional, o que contribui diretamente para o melhor aproveitamento (LAMEIRO *et al.*, 2019).

O objetivo geral da pesquisa consistiu em avaliar a atividade antioxidante e as características físico-químicas da amora-preta em diferentes processamentos, *in natura*, congelada e pré-liofilizada para congelamento. Como objetivos específicos, buscou-se avaliar a liofilização do produto auxiliar para manter as características físicas da amora pós tempos de congelamento; analisar a influência do pré-processamento de desidratação, por liofilização, antes do congelamento sobre componentes químicos (antioxidantes e componentes nutricionais); verificar se o congelamento do produto *in natura* altera as propriedades químicas (antioxidantes e componentes nutricionais) da amora.

A amora-preta produzida pela Associação de Frutas Vermelhas do Município de Machado-MG é sazonal entre os meses de dezembro a janeiro, o que configura renda ao produtor em apenas um período do ano. Além disso, para um maior aproveitamento da amora, essas são frequentemente processadas, em forma de doces ou geleias. O processamento de frutas sazonais é uma forma de conservação da fruta, no entanto, gera grandes quantidades de subprodutos que não são aproveitados pela indústria e a eliminação destes subprodutos representa um custo adicional e um potencial impacto negativo sobre o meio ambiente (MACHADO, 2014).

As formas mais comuns de preservação do fruto inteiro seria a desidratação a quente ou congelamento, mas esses processamentos resultam em perda dos teores de nutrientes, principalmente, compostos bioativos. A atividade antioxidante de alimentos processados a quente apresenta-se diferente quando comparada a fruta *in natura* e com isso pode alterar a efetividade de possíveis benefícios proporcionados ao organismo humano (ARAÚJO, 2009). Assim, há necessidade de avaliar métodos de processamento que conservem a estrutura física e os atributos nutricionais e sensoriais da fruta.

Neste contexto, o uso de liofilização é uma técnica que possibilita a concentração dos nutrientes, por retirada da água, sem alteração nos constituintes. De acordo com Lameiro *et al.*, (2019), ao liofilizar um produto, devido à perda de água, este concentra suas propriedades funcionais, proporcionando melhor qualidade nutricional, o que contribui diretamente para o melhor aproveitamento.

Assim, aliar a técnica de liofilização, permitindo a conservação dos nutrientes com posterior congelamento, poderia permitir a manutenção da composição nutricional da fruta mais similar a *in natura*, não apenas na época de safra, mas o ano inteiro.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
AMORA-PRETA LIOFILIZADA ANTES DO CONGELAMENTO
Giovana Prado Marques Freire, Ellen Mara Freire

O consumo de frutas vermelhas vem crescendo e embora ela já seja produzida em escala no Brasil, ainda há limitações de época de produção, entre novembro e janeiro. A amora é uma fruta perecível, com alta atividade de água e para aumentar o seu tempo de prateleira, deve passar por processamento de conservação, como congelamento. Como problema da pesquisa, insta determinar se o congelamento pode reduzir alguns compostos bioativos, como antioxidantes, assim como alterar a composição bromatológica dos alimentos. Assim, novos processos têm que ser pesquisados para conservação desses elementos na amora, entre esses processos destaca-se a liofilização por conservar os nutrientes do fruto.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Amora-Preta

A amoreira-preta é uma planta de hábito arbustivo, com ou sem espinhos e caule subterrâneo e extremamente difundida em várias regiões do mundo.

No Brasil, há espécies nativas originárias dos Estados Unidos, Europa e Ásia, e existem várias cultivares de amora-preta, além de espécies silvestres, mas delimitou-se, por convenção, à vinte e um tipos de fruta da amoreira-preta pertencente à família da Rosaceae, apresentando elevada adaptabilidade e baixa exigência ao frio.

Nas regiões brasileiras de clima temperado, o cultivo da amora-preta foi impulsionado em 1974 pela Embrapa, a partir da introdução de cultivares provenientes do Estado de Arkansas (EUA), em Pelotas, RS.

Os primeiros genótipos lançados foram mais adequados à industrialização, devido ao seu elevado teor de acidez, porém em 1988, cultivares como 'Tupy', 'Guarani' e 'Caingangue' destacaram-se pelo sabor doce e pelo tamanho da fruta, aptos para o mercado de frutas frescas.

A cultura foi difundida nos Estados do Sul e Sudeste, ocupando o segundo lugar, dentre as pequenas frutas, em produção e área cultivada. Atualmente, estima-se que a área cultivada no Brasil seja de 110 hectares, com produção em torno de 1.300 toneladas anuais (PAGOT; HOFFMANN, 2003).

Na região Sudeste do Brasil, principalmente em Minas Gerais, a cultivar 'Brazos', provinda dos Estados Unidos, é uma das mais plantadas; são vigorosas, produtivas, de baixa necessidade em frio e semieretas, suas frutas são grandes, atrativas, porém bastante suscetíveis à reversão de cor após a colheita (EMBRAPA, 2015). Conforme Antunes *et al.*, (2000), também são recomendadas para o Sul de Minas as cultivares de amoreira-preta Tupy, Guarani, Caingangue, Brazos e Comanche.

Além disso, a crescente demanda pelos consumidores, resultante da atratividade atribuída à cor e ao sabor, bem como aos benefícios para a saúde, devido à presença de compostos antioxidantes, compostos fenólicos e vitamina C (GUEDES *et al.*, 2013), justificam a busca por informações técnicas, com objetivo de aumentar a produção e melhorar a qualidade dessa fruta.

Os principais compradores da fruta têm sido as agroindústrias, para produção de geleias, sucos e a polpa da fruta para os mais diversos usos e a grande dificuldade está na oferta ao



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
AMORA-PRETA LIOFILIZADA ANTES DO CONGELAMENTO
Giovana Prado Marques Freire, Ellen Mara Freire

consumidor por ser uma fruta perecível que deve chegar ao mercado no máximo 24 horas após a colheita.

A tendência será de aumento na produção de amora-preta, devido ao crescimento do seu consumo, assim também, como o grau de exigência da qualidade dessas frutas, o interesse de como é produzida, o que possibilitará oportunidades para o cultivo da produção orgânica levando em consideração a forma mais sustentável de produzir frutas. A amoreira-preta está entre as espécies frutíferas que permite retorno econômico relativamente rápido, considerando que entra em produção a partir do segundo ano da instalação do pomar (ANTUNES *et al.*, 2014).

1.2 Caracterização nutricional da amora-preta

A amora-preta *in natura* é altamente nutritiva. Contém 85% de água, 10% de carboidratos, com elevado conteúdo de minerais, cálcio e vitaminas A e B, além de ser, entre as frutas vermelhas, a que contém quantidade representativa de proteínas (MOTA, 2006).

Outro atributo é a doçura da amora, um dos fatores mais importantes para a preferência do consumidor, que é determinada pela qualidade e quantidade de açúcares. Também são excelentes fontes de fibras, proteínas, dentre outros nutrientes (Tabela 1).

Tabela 1. Características nutricionais em 100 g de amora-preta (*Rubus spp*)

Componente	<i>In natura</i>	Congelada
Água, g	86	82
Calorias, kcal	52	64
Proteína, g	1	1
Lipídios totais, g	0	0
Carboidrato, g	13	16
Fibra alimentar total, g	5	5
Cinzas, g	0	0
Cálcio, mg	32	29
Ferro, mg	1	1
Magnésio, mg	20	272
Fósforo, mg	21	30
Potássio, mg	196	140
Vitamina C, ácido ascórbico total	21	3

Fonte: USDA Nutrient Database for Standard Reference

1.3 Atividade Antioxidante

A amora-preta (*Rubus sp.*) está entre as espécies de bagas com alta produção e cultivo em todo o mundo, devido ao baixo custo de produção, facilidade de manejo, rusticidade e necessidade de utilização de poucos defensivos agrícolas, quando comparada à outras culturas. Além disso, essa



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
AMORA-PRETA LIOFILIZADA ANTES DO CONGELAMENTO
Giovana Prado Marques Freire, Ellen Mara Freire

demanda é atribuída a diferentes variáveis, de econômicas a sociais, mas também às suas características fitoquímicas, que podem ter atividade nutracêutica (ANTUNES *et al.*, 2014).

As amoras-pretas produzidas no Brasil apresentam elevado potencial antioxidante, principalmente pelos teores representativos de compostos fenólicos totais, flavonoides e o alto teor de antocianinas, com destaque para o conteúdo da antocianina cianidina 3-glucosídeo (FERREIRA *et al.*, 2010).

Amoras são fontes ricas em antocianina, um polifenol, sendo o conteúdo total de antocianina da amora-preta superior ao de outras frutas (HALVORSEN *et al.*, 2006; VIZZOTTO *et al.*, 2012; WEN *et al.*, 2016). Principalmente pelos teores representativos de compostos fenólicos totais, estas frutas apresentam elevado potencial antioxidante (CELANT *et al.*, 2016) com destaque para o alto conteúdo da antocianina cianidina-3-glicosídeo (WU; PRIOR, 2005; FERREIRA *et al.*, 2010). A Figura 1 apresenta a estrutura molecular do composto cianidina-3-glicosídeo, de massa molecular 449,4 g/mol.

Uma série de funções e constituintes químicos é relatada na literatura internacional relacionada às qualidades da amora-preta, estando, entre eles, o ácido elágico. O ácido elágico (C₁₄H₆O₈) é característico das frutas: morango (*Fragaria spp*), groselha preta (*Ribes nigrum*), amoreira-preta (*Rubus* subgênero *Eubatus*), framboesa (*Rubus* subgênero *Idaeobatus*), entre outras espécies. O ácido elágico é um constituinte fenólico de algumas espécies, ocorre naturalmente a formação de hidróxido e elagitanina, especialmente em frutas e nozes. Em alguns testes laboratoriais feitos nos EUA, foi demonstrado que o ácido elágico possui funções anti-mutagênica, anticancerígena, além de ser um potente inibidor da indução química do câncer e replicação do vírus HIV transmissor da Aids.

2 MÉTODO

Foram utilizados frutos de amora-preta (*Rubus fruticosus*) da cultivar cv.Tupy cultivados na cidade de Machado-MG, município a 907 metros de altitude, localizado a Latitude: 21° 39' 40" Sul, Longitude: 45° 55' 30" Oeste. Os frutos foram colhidos manualmente, no período de novembro/2022 a dezembro/2022, em seu estágio apropriado de maturação, selecionados, colocados em caixas de plástico e transportados ao laboratório de Bromatologia da UNIFENAS-Alfenas-MG, sob refrigeração (4°C) em caixas de isopor.

Os frutos foram higienizados em solução de água clorada com concentração de 10 ppm à temperatura ambiente, na qual as frutas serão mantidas de 15-20 minutos, após escorridos por 2 min. Após a lavagem dos frutos, procede-se a aleatorização em três tratamentos: *in natura*, congelamento por 90 dias e pré-secagem por liofilização antes do congelamento por 90 dias. Os frutos *in natura* foram avaliados assim que chegaram no laboratório. Os frutos congelados foram colocados em sacos plásticos e levados para o freezer para congelamento a -18 °C. Os frutos liofilizados, forma pré-liofilizados até secagem, colocados em sacos plásticos e congelamento -18 °C por 90 dias. Ao todo



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
AMORA-PRETA LIOFILIZADA ANTES DO CONGELAMENTO
Giovana Prado Marques Freire, Ellen Mara Freire

foram três tratamentos com três repetições cada, a repetição foi considerada o saco de frutas, e as análises foram realizadas em duplicata.

2-1 Processamento no liofilizador

Os frutos foram congelados a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ em *ultrafreezer* e imediatamente liofilizadas, em liofilizador de bancada (FD 5505). Em seguida as frutas foram acondicionadas em embalagens de plástico (0,45 micra) por 90 dias em freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.2 Preparo das amostras

As amostras *in natura* foram divididas em duas alíquotas, uma utilizada para avaliação física (pH, aw, acidez titulável e °Brix) e outra foi seca em estufa para posterior análise químicas da composição nutricional.

Após tempo de congelamento de 90 dias, os frutos foram mantidos à temperatura -4°C (resfriamento) até o descongelamento, as amoras foram divididas em duas alíquotas, uma para a análise físico-química, a segunda para análise dos compostos bioativos. Todas as análises foram realizadas em duplicata.

Após congelamento, as amostras inicialmente foram trituradas. Para tal, foi utilizado a proporção 4:1 de massa de fruta e volume de água destilada e foi realizada a extração com auxílio de *mixer* (marca Walita, 400 watts).

2.3 Caracterização física e físico-química

As características físico-químicas das amoras foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da UNIFENAS- Alfenas-MG, Brasil.

Foi inicialmente realizada as análises de pH, acidez titulável e sólidos solúveis totais (°Brix). O pH foi mensurado na solução preparada com com 10g de amora diluída em 100 mL de água destilada com o auxílio de pHmetro digital da Tecnal (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Os sólidos solúveis totais (°Brix) foram realizados por leitura direta em refratômetro de bancada e a acidez total titulável (% ácido cítrico) foi desenvolvido pelo método volumétrico, através de titulação com NaOH 0,1N, sendo os resultados expressos em % de ácido cítrico, segundo método do Instituto Adolfo Lutz (2005).

Na sequência as amoras foram secas em liofilizador, em seguida foram moídas em moinho de faca (Tecnal) para obter a granulometria de 1 mm e divididas em duas alíquotas, uma para análise de composição centesimal e outra para análise dos compostos fenólicos.

As determinações de umidade, cinzas, proteínas, lipídios e fibra bruta foram realizadas segundo metodologias descritas pelo AOAC, conforme segue:

Umidade (%) - determinada gravimetricamente com secagem direta em estufa a 105°C até obtenção de massa constante (AOAC, 2012).

Proteína bruta (%) - determinadas pelo método *Kjeldahl*, sendo o teor proteico, calculado pela multiplicação do teor de nitrogênio pelo fator 6,25 (AOAC, 2012).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
AMORA-PRETA LIOFILIZADA ANTES DO CONGELAMENTO
Giovana Prado Marques Freire, Ellen Mara Freire

Lipídios totais (%) - determinados por extração sólido-líquido com Soxhlet (AOAC, 2012).

Fibra alimentar - determinada pelo método enzimático-gravimétrico com utilização do kit-enzimático da marca Sigma (AOAC, 2012).

Cinzas (%) - determinadas gravimetricamente por carbonização das amostras e incineração em mufla a 550°C até obtenção de massa constante (AOAC, 2012).

Carboidratos solúveis totais (%) - determinados subtraindo-se de 100, a soma dos valores obtidos de umidade, proteína, lipídios, fibras e cinzas (AOAC, 2012).

Valor energético (Kcal/100g) – determinado por meio dos fatores de conversão de Atwater, sendo 4 Kcal/g para proteínas, 9 Kcal/g para lipídios e 4 Kcal/g para carboidratos (Atwater & Woods, 1896).

2.4 Determinação de capacidade antioxidante

A determinação da atividade antioxidante foi realizada pela técnica de redução do cátion ABTS•+ em meio alcoólico, segundo metodologia descrita por Re *et al.*, (1999), com modificações. As amostras de sucos foram incubadas com solução alcoólica do radical ABTS•+, por 30 minutos ao abrigo da luz. Transcorrido o período de incubação, as absorbâncias foram determinadas a 734 nm em espectrofotômetro (UV-2600, Shimadzu, Japão). Como substância antioxidante padrão utilizou-se Trolox e uma curva-padrão foi preparada sob as mesmas condições descritas para as amostras. Os resultados finais foram expressos em $\mu\text{mol ET/L}$ de suco.

2.5 Análise estatística

Foram três repetições por tratamento e todos os procedimentos foram realizados em duplicata e os resultados expressos como média. Os dados foram avaliados no *Software R* e submetidos à teste de normalidade, homogeneidade e, posteriormente, análise de variâncias e teste F e *Tukey*, com nível significância estabelecido em 5%.

3 RESULTADOS

Foi observada diferença ($P < 0,01$) para as variáveis de pH, sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$) e acidez de acordo com o tipo de processamento que foi empregado nas amoras (Tabela 1). O pH dos tratamentos liofilização (3,21) e congelamento (3,28) foram significativamente maiores, comparado ao pH *in natura* (2,27). Entre as frutas processadas, as frutas liofilizadas preservaram maior sólidos solúveis (7,25 $^{\circ}\text{Brix}$) comparada a frutas congeladas sem liofilização (5,42 $^{\circ}\text{Brix}$) demonstrando que o processo de liofilização pode conservar melhor os nutrientes da fruta. A acidez não diferiu entre os tratamentos processados (liofilizado (0,67%) x congelado (0,56%), apenas comparado a fruta *in natura* (1,2%). A relação entre sólidos solúveis e acidez total foi de 6,0 para amora *in natura* e de 14,3 e 9,9 para amora liofilizada e congelada, respectivamente.

Para a composição centesimal foi observada diferença nos teores de proteína bruta, gordura bruta e carboidrato ($P < 0,05$), onde os teores desses nutrientes nas amostras liofilizadas não diferiram



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
AMORA-PRETA LIOFILIZADA ANTES DO CONGELAMENTO
Giovana Prado Marques Freire, Ellen Mara Freire

da amostra *in natura*, exceto para teor de gordura, onde as amostras congeladas (0,32%) e liofilizadas (0,33%) apresentaram valores semelhantes estatisticamente.

Tabela 2. Características físico-químicas de amora-preta *in natura*, liofilizadas antes do congelamento e congeladas para posterior armazenamento por 90 dias

Variável	Processamento da Amora			EP	p-valor*
	<i>in natura</i>	liofilizada	congelada		
Ph	2,27 ^b	3,21 ^a	3,28 ^a	0,113	0,01
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	9,67 ^a	7,25 ^b	5,42 ^c	0,471	0,01
Acidez titulável (% ácido cítrico) g/100g (MS)	1,19 ^a	0,67 ^b	0,56 ^b	0,953	0,01
Umidade	91,29	91,16	90,92	0,883	0,47
Proteína Bruta	0,48 ^a	0,47 ^a	0,34 ^b	0,028	0,04
Gordura Bruta	0,51 ^a	0,33 ^b	0,32 ^b	0,027	0,01
Carboidratos	4,67 ^a	4,51 ^a	4,57 ^b	0,159	<0,01
Fibra	2,95	3,34	2,72	0,130	0,13
Mineral	1,53	1,81	2,23	0,219	0,47
Calorias (kcal/ kg)	24,81	22,93	26,07	0,564	0,06

*médias seguidas de letras minúsculas na mesma linha diferiram significativamente ($P < 0,05$) pelo teste de *Tukey*

Fonte: Elaborado pelas autoras (2023)

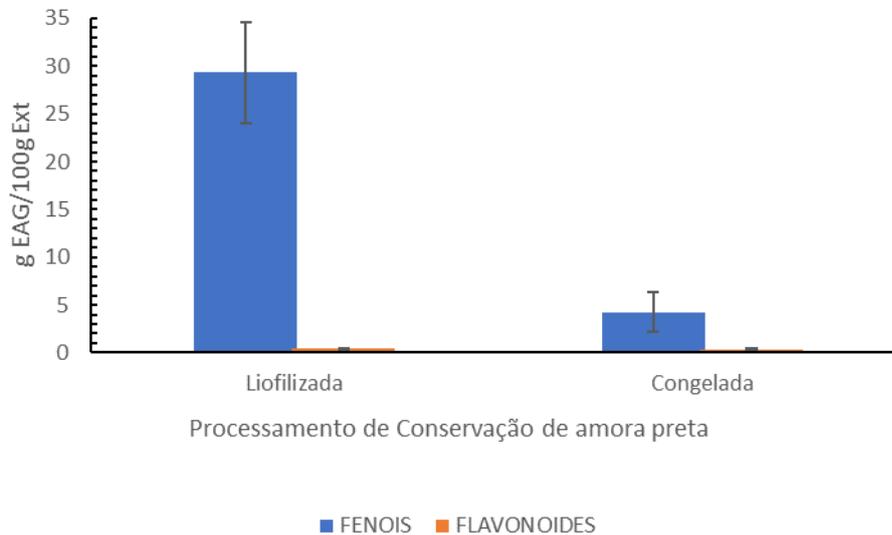
O teor de compostos fenólicos da amora-preta congelada por 90 dias com ou sem liofilizada prévia antes da conservação variou estatisticamente ($p=0,04$), sendo que o processo de liofilização possibilitou maior conservação dos compostos fenólicos (29,33 g EAG/100g Ext) quando comparada ao congelamento (5,85 g EAG/100g Ext) do fruto sem desidratação (Figura 1). Não foi observada diferença estatística para o teor de flavonoides (480 e 370 mg EAG/100g Ext para amoras liofilizadas e congeladas, respectivamente), conforme Gráfico 1.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
AMORA-PRETA LIOFILIZADA ANTES DO CONGELAMENTO
Giovana Prado Marques Freire, Ellen Mara Freire

Gráfico 1. Concentração de fenóis e flavonoides em amora-preta liofilizadas antes do congelamento e congeladas para posterior armazenamento por 90 dias.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023)

4 DISCUSSÃO

O pH *in natura* (2,27) foi o mais indicado para a redução de decomposição, uma vez que, pH inferior a 3,0 são mais estáveis frente a fatores que aceleram sua decomposição (LIMA *et al.*, 2002). A hipótese é que a inclusão de água para a formação da polpa após descongelamento promoveu aumento do pH. Os pHs inferiores a 3 também são mais propícios para a manutenção dos compostos bioativos (LIMA *et al.*, 2002).

Sólido solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) diferiu entre os tratamentos, sendo maior para as amostras *in natura*, possivelmente devido a maior concentração de açúcares nas frutas *in natura* que não foram diluídas com água para a formação de polpa. Lameiro *et al.*, (2019) também observaram decréscimo nos teores de acidez e um aumento no valor do pH, em amostras processadas comparadas a *in natura* e à medida que aumenta o grau de diluição das amostras, assim como no presente estudo.

O processo de congelamento do fruto *in natura* pode resultar em rompimento das estruturas celulares, sendo esse fenômeno já observado em peras e, inclusive, em bagas como morangos (HÄKKINEN *et al.*, 2000) resultando em redução da composição nutricional e dos compostos fenólicos. Por outro lado, o processo de congelamento com liofilização, atua na desaceleração do processo de degradação dos alimentos, pois no processo há perda do conteúdo de água sem que haja rompimento das estruturas moleculares e celulares, preservando os nutrientes presentes no alimento e seu valor nutricional.

Os teores dos componentes nutricionais observados neste experimento para a amora-preta (cv Tupi) *in natura* corrobora com os valores da literatura que apresentam entre 88 e 92% de umidade; 0,28 a 5,7% de fibra; 0,1 a 0,95% de proteína bruta e 0,15 a 0,53% de gordura bruta e carboidrato 4,3% (LAMEIRO *et al.*, 2019; HIRSCH *et al.* 2012; ARAÚJO *et al.*, 2009). A composição



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
AMORA-PRETA LIOFILIZADA ANTES DO CONGELAMENTO
Giovana Prado Marques Freire, Ellen Mara Freire

nutricional da amora liofilizada possibilitou melhor preservação dos nutrientes durante a conservação por 90 dias sob congelamento.

Gonçalves, Portari e Jordão relataram diminuição em 60,2% dos fenólicos totais em peras congeladas a -20 °C e redução de aproximadamente 30% dos fenólicos totais em goiaba congelada em -20 °C por 8 semanas. Portanto, expor frutas ao congelamento pode diminuir o conteúdo e a biodisponibilidade dos compostos fenólicos, uma vez que são componentes suscetíveis a processos altamente instáveis.

A liofilização preserva as características estruturais do alimento, sendo capaz de remover a umidade em baixas temperaturas, aumentar a estabilidade do produto durante o período de estocagem e diminuir o risco de reações de degradação. Mesmo sendo considerado um processo caro, torna-se extremamente vantajoso como método de conservação, pois ao se ter produtos liofilizados, diminui-se o gasto com câmaras de conservação, gás, energia para o comerciante e ainda permite acesso por parte do consumidor a um produto de qualidade.

O teor de compostos fenólicos nas amoras (cv Tupi) congeladas por 90 dias foi 2,8 vezes maior se liofilizadas (480 mg EAG/100g Ext) e 2,1 vezes maior se congeladas (370 mg EAG/100g Ext) que o observado por Araújo *et al.*, (2009) para amoras armazenado congelado sem liofilização por 90 dias (173 mg EAG/100g Ext). Contudo, no experimento de Araújo *et al.*, (2009), a polpa estava três vezes mais diluída. Os autores relataram que o teor de fenóis foi reduzindo conforme o tempo de armazenamento devida aos processos de complexação e polimerização de taninos. Assim, o processo de liofilização pode preservar melhor o teor de fenóis durante o armazenamento.

5 CONSIDERAÇÕES

O processo de liofilização das amoras mostrou-se mais apropriado, pois conservou melhor os nutrientes, preservou maior sólidos solúveis e concentrou maior atividade antioxidante, permitindo a manutenção da composição nutricional da fruta mais similar a *in natura*, não apenas na época de safra, mas o ano inteiro.

Podendo ser utilizado como método alternativo para evitar a perda de hortifrutis no pós-colheita, já que o fruto só é encontrado em meados de novembro e dezembro, além de apresentar o produto de forma diferenciada e mais atrativa ao consumidor.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, L. E. C. *et al.* Produção de amoreira-preta no Brasil. **Rev. Bras. Frutic**, Jaboticabal - SP, v. 36, n. 1, p. 100-111, 2014.

ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; REISSER JÚNIOR, C. Morango: crescimento constante em área e produção. **Anuário Campo & Negócio HF**, v. 37, p. 88-92, 2020.

ARAÚJO, P. F. **Atividade antioxidante de néctar de amora-preta (*Rubus spp.*) e sua influência sobre os lipídios séricos, glicose sanguínea e peroxidação lipídica em hamsters (*Mesocricetus auratus*) hipercolesterolêmicos**. 2009. 123f. Dissertação (Mestrado) - Programa de

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E QUALIDADE NUTRICIONAL DE AMORA-PRETA LIOFILIZADA ANTES DO CONGELAMENTO
Giovana Prado Marques Freire, Ellen Mara Freire

pós-graduação em Ciências e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

ARAÚJO, P. F. de; RODRIGUES, R. S.; MACHADO, A. R.; SANTOS, V. S.; SILVA, J. A. Influência do congelamento sobre as características físico-químicas e o potencial antioxidante de néctar de amora-preta B. **CEPPA**, Curitiba-Pr, v. 27, n. 2, p. 199-206, 2009.

CARVALHO, D. G. **A influência dos custos de transação na cadeia produtiva de frutas vermelhas orgânicas da região dos campos de cima da serra (RS)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – RS, Porto Alegre, 2019.

CELANT, Viviane Marcela et al. Phenolic composition and antioxidant capacity of aqueous and ethanolic extracts of blackberries. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 2, e411, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452016411>.

FERREIRA, D. S.; ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Compostos bioativos presentes em amora-preta (*Rubus* spp.). **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 3, p. 664-674, set. 2010.

GUEDES, M. N. S. *et al.* Antioxidant activity and total phenol content of blackberries cultivated in a highland tropical climate. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 39, n. 1, p. 43-48, jan./mar. 2017.

HALVORSEN, Bente L. *et al.* Content of redox-active compounds (ie, antioxidants) in foods consumed in the United States. **The American Journal of Clinical Nutrition**, [S. l.], v. 84, n. 1, p. 95-135, 1 jun. 2006.

HIDALGO, Gábor-indra; ALMAJANO, María. Red Fruits: Extraction of Antioxidants, Phenolic Content, and Radical Scavenging Determination. **Antioxidants**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 7, 19 jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/antiox6010007>.

HIRSCH, G. E.; FACCOII, E. M. P.; RODRIGUES, D. P.; VIZZOTTO, M.; EMANUELLI, T. Caracterização físico-química de variedades de amora-preta da região sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 42, n. 5, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Ed. digital, 2008. 1002 p.

JACQUES, A. C. *et al.* Bioactive and volatile organic compounds in Southern Brazilian blackberry (*Rubus fruticosus*) fruit cv. Tupy. **Food Sci. Technol**, Campinas, v. 34, n. 3, p. 636-643, july/sept. 2014.

LAMEIRO, M. G. S.; MACHADO, M. I. R.; MACHADO, A. R.; ZAMBIAZ, R. C. características físico-químicas da amora-preta (*Rubus fruticosus*) e mirtilo (*Vaccinium ashei* reade) em seus produtos liofilizados. **Sci Technol**, Rio Verde, v. 12, n. 01, p.173-182, 2019.

MÄÄTÄ-RIIHINEN, K. R.; KAMAL-ELDIN, A.; TÖRRÖNEN, A. R. Identification and Quantification of Phenolic Compounds in Berries of *Fragaria* and *Rubus* Species (family Rosaceae). **J. Agric. Food Chem.**, v. 52, p. 6178-6187, 2004.

MACHADO, H. *et al.* Flavonóides e seu potencial terapêutico. **Bol. Cent. Biol. Reprod.**, Juiz de Fora, v. 27, n. 1/2, p. 33-39, jan./dez. 2014.

MOTA, R. V. Caracterização do suco de amora-preta elaborado em extrator caseiro. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, n. 2, v. 26, p. 303-308, abr./jun. 2006.

PAGOT, E.; HOFFMANN, A. Produção de pequenos frutos. **Seminário Brasileiro sobre pequenas frutas**, 1., p. 9-17, 2003.

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

CONCENTRAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
 AMORA-PRETA LIOFILIZADA ANTES DO CONGELAMENTO
 Giovana Prado Marques Freire, Ellen Mara Freire

RE, Roberta et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, [S. l.], v. 26, n. 9-10, p.1231-1237, maio 1999. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3).

SILVA, R. S.; VENDRUSCOLO, J. L.; TORALLES, R. P. Avaliação da capacidade antioxidante em frutas produzidas na região sul do RS. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 3-4, p. 398-400, jul./set, 2017.

SOUZA J. C.; SILVA R. A.; SILVEIRA E. C., ABREU F. A., TOLEDO M. A. Ocorrência de nova praga nas lavouras de morango no Sul de Minas. **Epamig, Circular Técnica**, v. 180, p. 1-5, 2013.

VIZZOTTO, Márcia et al. Teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante em diferentes genótipos de amoreira-preta (*Rubus* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S. l.], v. 34, n. 3, p.853-858, set. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-29452012000300027>.

WEN, Yao et al. A polyamide resin based method for adsorption of anthocyanins from blackberries. **New Journal of Chemistry**, [S. l.], v. 40, n. 4, p.3773-3780, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1039/c6nj00054a>.

WU, Xianli; PITTMAN, Hoy E.; PRIOR, Ronald L. Fate of Anthocyanins and Antioxidant Capacity in Contents of the Gastrointestinal Tract of Weanling Pigs Following Black Raspberry Consumption. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S. l.], v. 54, n. 2, p.583-589, 22 dez. 2005.