

Avanços Científicos e Tecnológicos em Bioprocessos

Alberdan Silva Santos
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2018

Alberdan Silva Santos
(Organizador)

Avanços Científicos e Tecnológicos em Bioprocessos

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

A946 Avanços científicos e tecnológicos em bioprocessos [recurso eletrônico] / Organizador Alberdan Silva Santos. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-47-5

DOI 10.22533/at.ed.475180110

1. Bioprocessos. 2. Bioquímica. 3. Biotecnologia. I. Santos, Alberdan Silva.

CDD 553.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Avanços Científicos e Tecnológicos em Bioprocessos é uma obra que reúne vinte e três capítulos com temas em pesquisas científicas realizadas no campo da biotecnologia, e que envolve agentes biológicos e bioquímicos na geração de produtos ou processos. Nesta obra se concentram diversos avanços descritos nas metodologias e nos resultados, distribuídos em quatro tópicos principais, envolvendo: processos químicos e biotecnológicos no aproveitamento de resíduos; produção de metabólitos e enzimas; métodos analíticos e de simulação; e biotratamentos envolvidos na geração de energias. Esta obra foi escrita por jovens pesquisadores brasileiros que estão desenvolvendo suas teses e/ou dissertações em instituições nacionais. Por este motivo, os aspectos inovadores e o alcance dos resultados apresentados podem ser um grande estímulo para aqueles que visam conhecer com maior amplitude alguns dos aspectos biotecnológicos estudados em algumas das instituições de nosso país.

Alberdan Silva Santos

SUMÁRIO

EIXO 1: PROCESSOS BIOTECNOLÓGICOS APLICADOS NA PRODUÇÃO DE ENZIMAS E PROTEÍNAS

CAPÍTULO 1 1

AMYLASES IN PROTEIN SECRETOME PROFILE FROM *Aspergillus sp* WITH POTENTIAL TO DECONSTRUCT INTEGRAL STARCH

Patrícia Suelene Silva Costa Gobira
Rubens Menezes Gobira
Ricardo Felipe Alexandre de Mello
Hellen Kempfer Phillippsen
Nelson Rosa Ferreira
Alberdan Silva Santos

CAPÍTULO 2 7

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DE FRUTOSILTRANSFERASE EXTRACELULAR MICROBIANA PARA A SÍNTESE DE FRUTOOLIGOSSACARÍDEOS EM ESCALA LABORATORIAL

Rafael Firmani Perna
Josivan de Sousa Cunha
Sergio Andres Villalba Morales
Michelle da Cunha Abreu Xavier
Cristiane Angelica Ottoni
Elda Sabino da Silva
Alfredo Eduardo Maiorano

CAPÍTULO 3 23

ENZYMATIC COCKTAIL PRODUCED BY *Fusarium sp* WITH POTENTIAL TO DECONSTRUCT CRUDE CASSAVA STARCH (*Manihot esculenta Crantz*).

Patrícia Suelene Silva Costa Gobira
Elaine Cristina Souza Medeiros
Rubens Menezes Gobira
Ricardo Felipe Alexandre de Mello
Alberdan Silva Santos

CAPÍTULO 4 28

THE SYSTEMATIC INVESTIGATION OF L-ASPARAGINASE PRODUCED BY FILAMENTOUS FUNGI

Eliane Silva e Silva
Alberdan Silva Santos
Márcia Gleice da Silva Souza
Rubens Menezes Gobira
Maria Inez de Moura Sarquis

CAPÍTULO 5 33

EVALUATION OF METHYLOCYSTIS HIRSUTA GROWTH ON SUPPLEMENTED MINERAL MEDIA USING METHANE AS CARBON SOURCE

Rodrigo Pimentel Fernandes
Ana Cristina Pantoja Simões
Manuela Temtemples de Carvalho
Camila Ruiz Lopes
Nei Pereira Jr

CAPÍTULO 6 37

BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTION OF ENZYMATIC EXTRACT WITH CELULOLYTICAL ACTIVITY FROM AGROINDUSTRY RESIDUES

Ivanilton Almeida Nery
Karine Belo Rocha de Lima
Marlon Castro da Silva
Edmir Fernandes Ferreira

EIXO 2: APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS EM PROCESSOS BIOTECNOLÓGICOS E QUÍMICOS

CAPÍTULO 7 41

VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA PALMA DE ÓLEO (*ELAEIS SP*) PARA PRODUÇÃO DE POLISSACARÍDEOS EXTRACELULARES POR *PLEUROTUS OSTREATUS*

Jhonatas Rodrigues Barbosa
Maurício Madson dos Santos Freitas
Marcos Enê Chaves Oliveira

CAPÍTULO 8 50

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE *Bacillus subtilis* UFPEDA 86 E DA PRODUÇÃO DE BIOSURFACTANTE UTILIZANDO RESÍDUOS DE FRUTAS COMO SUBSTRATOS

Camylla Carneiro Soares
Adrielly Silva Albuquerque de Andrade
Fábio Cirqueira da Silva
Andréa Farias de Almeida
Janice Izabel Druzian
Ana Katerine de Carvalho Lima Lobato

CAPÍTULO 9 65

ESTUDO DO REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA INDÚSTRIA CACAUEIRA.

Rhuany de Oliveira Silva
Iara Rebouças Pinheiro
Isabela Nascimento Tavares Ferreira

CAPÍTULO 10 70

BIOPRODUCTS FROM *Trichoderma harzianum* AS INDUCER OF RESISTANCE TO ANTHRACNOSE IN BEANS

Emanuele Junges
Marlove Fátima Brião Muniz
Ângela Diniz Campos
Thiarles Brun
Cleudson José Michelin
Marcio Antônio Mazutti

CAPÍTULO 11 81

ANALYSIS OF PRE-TREATMENT OF PINEAPPLE WASTE WITH HYDROGEN PEROXIDE IN THE OBTENTION OF TOTAL REDUCING SUGARS

Fernanda Ferreira Freitas
Lorena Costa Vasconcelos Macedo

Carlos Alberto Galeano Suarez
Araceli Aparecida Seolato
Inti Doraci Cavalcanti-Montaño,
Paula Rubia Ferreira Rosa

EIXO 3: MÉTODOS ANALÍTICOS, CINÉTICA, SIMULAÇÃO E MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS EM PROCESSOS

CAPÍTULO 12 86

USE OF LINEAR EQUATIONS FOR DETERMINATION OF APPARENT KINETIC PARAMETERS IN CELLULOLYTIC MEDIUM WITH *Trichoderma virens*

Nelson Rosa Ferreira
Suelem Paixão da Silva
Rubens Menezes Gobira
Maria Inez de Moura Sarquis
Alberdan Silva Santos

CAPÍTULO 13 92

PRODUCTION OF COMMON ORANGE FERMENTED BEVERAGE: KINECTIC STUDY AND SENSORY ANALYSIS

Jacqueline de Moraes Campêlo
Olga Martins Marques

CAPÍTULO 14 97

MATHEMATICAL MODELING OF GLUCOSE ACCUMULATION DURING ENZYMATIC HYDROLYSIS OF CARRAGEENAN WASTE

Samuel Conceição Oliveira
Fernando Roberto Paz Cedeno
Fernando Masarin

CAPÍTULO 15 104

PRODUÇÃO DE ESPOROS DE *Metarhizium anisopliae* POR CULTIVO SÓLIDO EM BIORREATOR DE TAMBOR ROTATIVO COM ROTAÇÃO INTERMITENTE: APLICAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA PREDIÇÃO DE PERFIS DE TEMPERATURA

Érika Fernanda Rezendes Tada
Lucas Portilho da Cunha
João Cláudio Thoméo

CAPÍTULO 16 121

DETERMINAÇÃO DO FATOR DE EFETIVIDADE PARA ENZIMAS IMOBILIZADAS USANDO MÉTODOS DE REGRESSÃO SIMBÓLICA VIA PROGRAMAÇÃO GENÉTICA

Félix Monteiro Pereira
Luciano Eduardo Gomes Junior
Fabrício Maciel Gomes
Messias Borges Silva
Samuel Conceição Oliveira

CAPÍTULO 17 133

DEVELOPMENT OF ANALYTICAL METHOD, BY SPECTROSCOPY IN THE MIDINFRARED, AND MULTIVARIATE CALIBRATION FOR ETHANOL QUANTIFICATION IN THE FERMENTED MANGO

PULP (*Mangifera indica* L.) VARIETY BACURI.

Rubens Menezes Gobira
Patrícia Suelene Silva Costa Gobira
Ricardo Felipe Alexandre de Mello
Graziela Cristiane Telles da Silva
Sanclayton Geraldo Carneiro Moreira
Alberdan Silva Santos

CAPÍTULO 18 **138**

MÉTODOS DE IMOBILIZAÇÃO PARA ESTABILIZAÇÃO DE ENZIMAS

Anderson dos Santos Barbosa
Danyelle Andrade Mota
Lays Carvalho de Almeida
Juliana Lisboa Santana
Nayára Bezerra Carvalho
Sílvia Regina Soares Martins

CAPÍTULO 19 **156**

CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DAS ANTOCIANINAS E DA CORDO EXTRATO DE *Eugênia involucrata* NA PRESENÇA E NA AUSÊNCIA DE AGENTES CONSERVANTES NA TEMPERATURA DE 90°C

Lauren Menegon de Oliveira
Francine Antelo

EIXO 4: BIOTRATAMENTOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA E BIOPRODUTOS

CAPÍTULO 20 **163**

BIOTRATAMENTO DE VINHAÇA SINTÉTICA E GERAÇÃO DE ELETRICIDADE UTILIZANDO UMA CÉLULA A COMBUSTÍVEL MICROBIANA

Cristiane Angélica Ottoni
Marta Filipa Simões
Jonas Gomes dos Santos
Luciana Peixoto
Rodrigo Fernando Brambilla de Souza
Almir Oliveira Neto
Antônio Guerreiro de Brito
Alfredo Eduardo Maiorano

CAPÍTULO 21 **172**

RECUPERAÇÃO DE BIOPRODUTOS A PARTIR DA GASEIFICAÇÃO DO LODO DE ESGOTO SANITÁRIO

Renan Barroso Soares
Ricardo Franci Gonçalves

CAPÍTULO 22 **179**

BIOPROSPECTING CAROTENOIDS PRODUCTION IN THREE BRAZILIAN MICROALGAE SPECIES

Sabrina da Silva Mesquita
Natália Guimarães Figueiredo
Inaiã Costa Cutrim
Simone Carvalho Chiapetta
Cláudia Maria Luz Lapa Teixeira
Eliana Flávia Camporese Sérvulo

CAPÍTULO 23 184

EFFECT OF TEMPERATURE AND SALINITY ON THE PRODUCTION OF CAROTENOIDS AND LIPIDS BY MARINE MICROALGA

Nicéia Chies Da Fré
Alessandro de Oliveira Rios
André Jablonski
Rosane Rech
Nilson Romeu Marcílio

SOBRE O ORGANIZADOR..... 193

CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DAS ANTOCIANINAS E DA CORDO EXTRATO DE *Eugênia involucrata* NA PRESENÇA E NA AUSÊNCIA DE AGENTES CONSERVANTES NA TEMPERATURA DE 90°C

Lauren Menegon de Oliveira

Instituto Superior de Ensino de Sinop (ISES)

Sinop – Mato Grosso

Francine Antelo

Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Rio Grande – Rio Grande do Sul

RESUMO: A cor é um importante atributo na aparência, processamento e aceitabilidade de alimentos. As antocianinas, pigmentos naturais pertencentes à família dos flavonoides, presentes amplamente na natureza, destacam-se como potenciais fontes de corantes para a indústria, sobretudo alimentícia. Diante disso esse trabalho teve como objetivo caracterizar a cinética do processo termodegradativo a 90°C da concentração e da cor das antocianinas de *E. involucrata*, na ausência e na presença de esteviosídeo, sacarose, frutose e ácido cítrico como agentes conservantes. A cinética de degradação da concentração das antocianinas seguiu um modelo de primeira ordem, assim como para os parâmetros de cor C^* e TCD, enquanto que o parâmetro da cor h° seguiu um modelo de cinética de ordem zero. A adição de 15 g.L⁻¹ de esteviosídeo na temperatura estudada aumentou a meia-vida do extrato, reduzindo, dessa forma, o processo degradativo, ou seja, reduzindo o valor de k_d .

PALAVRAS-CHAVE: Corantes alimentícios,

esteviosídeo, sacarose, frutose, coroma.

ABSTRACT: Color is an important attribute in the appearance, processing and acceptability of food. Anthocyanins, natural pigments belonging to the family of flavonoids, widely present in nature, stand out as potential sources of dyes for the industry, especially of food. The objective of this work was to characterize the kinetics of the thermodegradation process at 90 °C of the concentration and color of the anthocyanins of *E. involucrata*, in the absence and presence of stevioside, sucrose, fructose and citric acid as preservatives. The degradation kinetics of the concentration of anthocyanins followed a first order model, as well as for the color parameters C^* and TCD, while the color parameter h° followed a zero order kinetic model. The addition of 15 g.L⁻¹ of stevioside at the temperature studied increased the half-life of the extract, thus reducing the degradation process, that is, reducing the value of k_d .

KEY WORDS: Food colorings, stevioside, sucrose, fructose, coroma.

1 | INTRODUÇÃO

Inúmeros produtos alimentícios originalmente não apresentam cor ou ela pode ser perdida ou alterada durante o

processamento, surgindo então à necessidade da adição de corantes com a finalidade de conferir ou restaurar a coloração (VIDOTTI e ROLLEMBERG, 2006).

A coloração é a primeira qualidade sensorial pelo qual os alimentos são julgados e, portanto, amplamente utilizada na indústria alimentícia para atender as expectativas dos consumidores, que usualmente associam cor ao sabor, cheiro ou qualidade do produto. Por essa razão, o setor alimentício preocupa-se tanto com a aplicação de cores (através do uso de corantes) e obtenção de alimentos que agradem aos olhos do consumidor, pois além de necessária para sobrevivência, a alimentação também é fonte de prazer e satisfação (CONSTANT, STRINGHETA, SANDI, 2002).

As antocianinas são compostos da família dos flavonoides e constituem o grupo de pigmentos responsáveis por grande parte das cores em flores, frutas, folhas, caules e raízes de plantas (MARKAKIS, 1982). Sua estabilidade química é o foco principal de muitos estudos, devido ao grande potencial de aplicação, aos seus efeitos benéficos e ao seu uso como alternativa aos corantes artificiais nos alimentos (OTT, 1992).

Prevenir a degradação de antocianinas é um aspecto muito importante que pode beneficiar os dois lados, consumidores e processadores. Dessa forma deve haver uma busca por minimizar as perdas de pigmentos durante o processamento, garantindo assim a qualidade do produto final. É difícil prever a perda de antocianinas individuais durante o processo de aquecimento, então para se poder ter uma maior compreensão da degradação térmica das antocianinas e prever as mudanças de qualidade que ocorrem durante o tratamento térmico é necessário investigar a cinética de degradação da sua concentração e da cor (KARA & ERÇELEBI, 2013).

Segundo Wrolstad et al. (1990), a concentração elevada de açúcar estabiliza as antocianinas e este efeito pode ser explicado pelo fato de que a adição de açúcar, mesmo que em pequenas concentrações, reduz a atividade de água, e esse fato pode ter impacto sobre a estabilidade do pigmento.

Aliados a estudos de avaliação da degradação térmica de antocianinas é importante avaliar a degradação da cor. A vantagem de usar os parâmetros de cor visual é que eles podem ser medidos instantaneamente usando colorímetros e indicados como controle de qualidade instantâneo durante o processamento térmico da indústria de alimentos (YANG *et. al.*, 2008).

As coordenadas mais comuns L^* a^* b^* não expressam a cor de forma direta e são difíceis de interpretar de forma independente, assim, C^* e h° e TCD podem preferencialmente ser utilizados como índices de qualidade dos produtos alimentícios (MINOLTA, 1993).

Dessa forma, esse trabalho buscou caracterizar a cinética do processo termodegradativo a 90°C da concentração e da cor das antocianinas de *E. involucreta*, na ausência e na presença de agentes conservantes.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Extração das antocianinas

As cerejeiras-do-mato foram coletadas na cidade de Santo Antônio da Patrulha, RS, Brasil, foram acondicionadas em potes de plástico e congeladas à temperatura média de -11 °C no Laboratório de Cinética e Termodinâmica dos Processos Degradativos (LCTPD - FURG) e as antocianinas foram extraídas conforme Oliveira (2017).

2.2 Determinação da cinética de degradação das antocianinas

Amostras de 5 mL do extrato puro e adicionado dos agentes conservantes nas suas respectivas concentrações, foram mantidas em tubos de ensaio com tampa de rosca e foram submetidas à 90°C e retiradas periodicamente até que atingissem a metade da concentração inicial. O monitoramento da degradação dos extratos foi feito através de leitura espectrofotométrica a 535 nm e calculados segundo Fuleki & Francis (1968), conforme a Equação (1):

$$C_A = \left(\frac{Abs_{535} \times PM_{cian-3,5-glicosídeo} \times FD}{\epsilon} \right) * 100 \quad (1)$$

onde C_A é a concentração de antocianinas totais expressas em mg de cianidina-3,5-glicosídeo.100g de amostra⁻¹, Abs_{535} é a absorvância do extrato lida à 535 nm, $PM_{cian-3,5-glicosídeo}$ é a massa molar da cianidina-3,5-glicosídeo igual a 664,5 g.mol⁻¹, FD é o fator de diluição e ϵ é o coeficiente de extinção molar da cianidina-3,5-glicosídeo em solução de etanol acidificada à 535 nm, cujo valor é 1,25x10³ L.mol⁻¹.cm⁻¹. Os agentes conservantes utilizados e suas respectivas concentrações foram: esteviosídeo, 0,75 e 15%, sacarose, 20 e 40%, frutose, 20 e 40% e ácido cítrico, 25 e 50% (em concentrações massa:volume). Todas as análises foram realizadas em triplicata. O extrato teve seu pH corrigido para 3 com HCl 0,1 M, valor que garante maior estabilidade às antocianinas. O monitoramento da cor foi realizado por análise colorimétrica (colorímetro CR 400 Minolta), determinando-se os parâmetros L, a* e b* para cada amostra.

2.3 Parâmetros da cor

O valor do Cromo (C^*) e do ângulo Hue (h°) foram calculados através das Equações 2 e 3 e a diferença total de cor (TDC) através da Equação 4 (MINOLTA, 1993):

$$C^* = \frac{(a^*)^2 + (b^*)^2}{2} \quad (2)$$

$$h^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (3)$$

$$TCD = \sqrt{(L^*_0 - L^*)^2 + (a^*_0 - a^*)^2 + (b^*_0 - b^*)^2} \quad (4)$$

onde L^*_0 , a^*_0 e b^*_0 são as leituras iniciais da cor, sem tratamento térmico e L^* , a^* e b^* são as leituras da cor em determinado tempo e temperatura.

2.4 Constante cinética de degradação

A constante de degradação térmica para a concentração foi definida através da regressão dos dados experimentais da concentração inicial com o tempo, como descreveu Fogler (2012), para um modelo de cinética de primeira ordem (Equação 5).

$$\ln \frac{C_{A_0}}{C_A} = k_d \times t \quad (5)$$

onde C_{A_0} e C_A são as concentrações de antocianinas inicial e em um determinado tempo em mg de cianidina-3,5-glicosídeo.100g de amostra⁻¹, t é o tempo em h e k_d é a constante cinética de degradação em h⁻¹. A Equação 5 foi utilizada para a determinação da k_d dos parâmetros C^* e TDC. O modelo de ordem zero foi utilizado para a determinação do k_d em relação ao parâmetro h° , de acordo com a Equação 6, segundo Fogler (2009).

$$\text{Parâmetro de cor} = k_d \cdot t \quad (6)$$

2.5 Meia vida

A meia-vida ($t_{1/2}$) do extrato é dada pela Equação 7 (FOGLER, 2006):

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k_d} \quad (7)$$

onde k_d é a constante cinética de degradação em h⁻¹.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das constantes cinéticas de degradação térmica (k_d) e da meia-vida ($t_{1/2}$) em relação à concentração estão apresentados na Tabela 1 assim como os coeficientes de determinação (R^2), que confirmam o modelo cinético de primeira ordem. Estes dados estão de acordo com Wang e Xu (2007) e Harbourne *et al.* (2008), que relataram que a cinética de primeira ordem é o modelo mais adequado para ser utilizado em extratos de frutas.

AMOSTRA	k_d (h ⁻¹)	$t_{1/2}$ (h)	R ²
Controle	0,180 ± 0,000 ^a	3,854	0,90
Esteviosídeo 0,75%	0,180 ± 0,000 ^a	3,854	0,90
Esteviosídeo 1,5%	0,160 ± 7,07E ^{-08 f}	4,336	0,90
Sacarose 20%	0,180 ± 0,000 ^a	3,854	0,95
Sacarose 40%	0,324 ± 0,000 ^b	2,141	0,97
Frutose 20%	0,216 ± 0,000 ^e	3,212	0,94
Frutose 40%	0,252 ± 0,000 ^d	2,753	0,95
Ác. Cítrico 25%	0,720 ± 0,000 ^c	0,963	0,98
Ác. Cítrico 50%	0,360 ± 0,000 ^b	1,927	0,98

Tabela 1 - Valores das constantes cinéticas de degradação térmica (k_d) e meia-vida ($t_{1/2}$) para cada condição de extrato proposta quando submetidos a temperatura de 90°C.

*Letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as médias em cada coluna, com $p < 0,05$.

Os extratos adicionados de 20% de sacarose e 0,75% de esteviosídeo não reduziram a degradação do extrato visto que as constantes cinéticas obtidas não apresentaram diferença estatística significativa em relação ao valor obtido para o extrato branco, apresentando para estas condições uma meia-vida igual a 3,85 h. Contudo, a adição de 1,5% de esteviosídeo ao extrato foi a única condição que promoveu um aumento na meia-vida da concentração do extrato, correspondendo a um ganho de 11,11% em relação à obtida para o branco. Consequentemente, foi o ensaio que a menor constante cinética de degradação (k_d).

Os valores de k_d relacionados com os parâmetros colorimétricos estão apresentados na Tabela 2, assim como os coeficientes de determinação (R²), que confirmam que os parâmetros da cor C* e TCD, seguiram um modelo de cinética de primeira ordem enquanto que o parâmetro de cor h° seguiu um modelo de ordem zero. Kara e Erçelebi (2013) e Yang *et al.* (2008) observaram essa mesma dinâmica em seus estudos de degradação das antocianinas extraídas de *Morus nigra* L. e *Zea mays* L., nessa ordem.

	C* (1° ordem)			h° (ordem zero)			TCD (1° ordem)		
	k_d (h ⁻¹)	$t_{1/2}$ (h)	R ²	k_d (h ⁻¹)	$t_{1/2}$ (h)	R ²	k_d (h ⁻¹)	$t_{1/2}$ (h)	R ²
Controle	0,208 ^a	3,337	0,91	0,117 ^a	5,919	0,91	0,117 ^a	5,914	0,92
Esteviosídeo 0,75%	0,196 ^a	3,540	0,90	0,121 ^a	5,752	0,95	0,112 ^a	6,178	0,90
Esteviosídeo 1,5%	0,222 ^a	3,117	0,91	0,136 ^a	5,093	0,96	0,098 ^a	7,087	0,90
Sacarose 20%	0,229 ^a	3,028	0,90	0,142 ^a	4,892	0,93	0,111 ^a	6,267	0,92
Sacarose 40%	0,181 ^a	3,836	0,92	0,147 ^a	4,712	0,93	0,113 ^a	6,134	0,91
Frutose 20%	0,162 ^a	4,289	0,91	0,178 ^a	3,898	0,92	0,120 ^a	5,762	0,91
Frutose 40%	0,210 ^a	3,302	0,90	0,169 ^a	4,115	0,78	0,100 ^a	6,945	0,90
Ác. Cítrico 25%	0,328 ^b	2,116	0,93	0,231 ^c	2,999	0,94	0,613 ^b	1,131	0,90
Ác. Cítrico 50%	0,341 ^b	2,034	0,92	0,334 ^c	2,078	0,92	0,834 ^c	0,831	0,91

Tabela 2 - Valores das constantes cinéticas de degradação térmica (k_d) para os parâmetros C*, h° e TCD e meia-vida ($t_{1/2}$) para cada condição de extrato proposta quando submetidos a temperatura de 90°C.

*Letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as médias em cada coluna, com $p < 0,05$.

O Croma (C^*) caracteriza a saturação e é definido pela distância de h° ao centro do diagrama tridimensional, sendo que o valor igual zero fica localizado no centro e vai aumentando de acordo com a distância que está do raio. Já o parâmetro h° caracteriza a tonalidade e demonstra a localização da cor no diagrama da cor (MINOLTA, 1993) onde o ângulo 0° representa vermelho puro; o 90° , o amarelo puro; o 180° , o verde puro e o 270° , o azul puro. Segundo Kara e Erçelebi (2013), a percepção da cor é resultado das mudanças em a^* , b^* e L^* , cuja interpretação independente apresenta certa dificuldade. Dessa forma, o uso do TCD (Diferença Total de Cor) pode ser mais adequado para a predição do processo degradativo das antocianinas.

A partir dos dados obtidos é possível observar que as constantes cinéticas de degradação para os parâmetros C^* , h° e TCD obtidas quando adicionado ao extrato algum dos agentes conservantes, não apresentaram diferença estatística significativa em relação ao valor obtido para o extrato controle, com exceção da incorporação do ácido cítrico. A adição desse ácido pode induzir a degradação da antocianinas devido à redução do pH, ocasionando uma rápida hidratação do cátion flavílium, resultando na formação do carbinol que é incolor (PATRAS *et al.*, 2010).

4 | CONCLUSÃO

A degradação da concentração das antocianinas de cerejeira-do-mato assim como do Croma (saturação da cor) e da Diferença Total de Cor seguiu um modelo de cinética de primeira ordem enquanto que o processo degradativo do ângulo Hue (tonalidade da cor) seguiu um modelo de ordem zero. A análise dos parâmetros cinéticos para cada condição proposta demonstrou que a 90°C a adição de 15 g/L de esteviosídeo foi promissora na minimização da termodegradação da concentração do flavonóide enquanto que as incorporações não alteraram o processo degradativo da cor.

REFERÊNCIAS

CONSTANT, P. B. L., STRINGHETA, P. C., SANDI, D., 2002. **Corantes alimentícios**. Boletim do CEPPA, 20, 203-220.

FOGLER, H. S. **Elementos de engenharia das reações químicas**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

FULEKI, T., FRANCIS, F. J., 1968. **Quantitative methods for anthocyanins: 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries**. Journal of Food Science. 33, 72-77.

HARBOURNE, N., JACQUIER, J. C., MORGAN, D. J., LYNG, J. G., 2008. **Determination of the degradation kinetics of anthocyanins in a model juice system using isothermal and non-isothermal methods**. Food Chemistry. 111, 204-208.

KARA, S., ERÇELEBI, E. A., 2013. **Thermal degradation kinetics of anthocyanins and visual colour of Urmu mulberry (*Morus nigra* L.)**. Journal of Food Engineering. 116, 541-547.

MARKAKIS, P. **Stability of anthocyanins in foods. In: Anthocyanins in color foods.** New York: Ed. Academic Press, 1982.

MINOLTA, 1993. **Precise Color Communication – Color control, from feeling to instrumentaion.** Minolta Camera Co.,Ltd., Osaka-Japan.

OLIVEIRA, L. M., 2017. **Determinação das melhores condições de extração e caracterização cinética e termodinâmica do processo degradativo de antocianinas de *Eugenia involucrata* (Cerejeira-do-mato).** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

OTT, D. B. **Manual de laboratório de ciência de los alimentos.** Zaragoza: Ed. Acribia S. A., 1992.

PATRAS, A., BRUNTON, N. P., O'DONNELL, C., TIWARI, B. K., 2010. **Effect of termal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation.** Trends of Food Science and Technology. 21, 3-11.

VIDOTTI, E. C., ROLLEMBERG, M. C. E., 2006. **Espectrofotometria derivativa: uma estratégia simples para a determinação simultânea de corantes em alimentos.** Química Nova. 29, 230-233.

WANG, W. D., XU S. Y., 2007. **Degradation kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate.** Journal of Food Engineering. 82, 271-275.

WROLSTAD, R.;SPANOS, G. A.; HEATHERBELL, D. A., 1990. **Influence of processing and storage on the phenolic composition of apple juice.** Journal of Agricultural and Food Chemistry. 38, 1572-1579

YANG Z., HAN Y., GU Z., FAN G., CHEN Z., 2008. **Thermal degradation kinetics of aqueous anthocyanins and visual color of purple corn (*Zeamays L.*).** Innovative Food Science and Emerging Technologies. 9, 341-347. =

SOBRE O ORGANIZADOR

ALBERDAN SILVA SANTOS é Professor associado das faculdades de Química e Biotecnologia da UFPA; É Engenheiro Químico graduado pela UFPA; É Mestre em Química e Biotecnologia pelo Instituto de Química e Biotecnologia da UFPA; É Doutor em Bioquímica (Biotransformações com ênfase em oxidações microbiológicas) pelo Instituto de Química da UFRJ. Realizou Estágio pós-doutoral no Departamento de Biotecnologia do Instituto de Agroquímica e Tecnologia de Alimentos - IATA de Valencia, na Espanha. Atua no ensino de graduação e Pós-graduação no qual orienta Mestrandos e Doutorandos. Coordena projetos de cunho acadêmico-científico nos Laboratórios de Investigação Sistemática em Biotecnologia e Biodiversidade Molecular da UFPA, em áreas estratégicas como: Biotransformações; produção de enzimas; desenvolvimento de processos biotecnológicos no aproveitamento de resíduos agroindustriais para a produção de biomoléculas de interesse médico, cosméticas e farmacêutica; produção de biomoléculas a partir de cultivo de micro-organismos e cultivo de células vegetais. Aplica técnicas avançadas de Metabolômica e Lipidômica (CG/EM, LC/MS) na investigação metabólica de plantas e micro-organismos. Contribuiu na criação do curso de graduação e do programa de pós-graduação em Biotecnologia da UFPA. Foi o 1º Diretor da Faculdade de Biotecnologia da UFPA no período de 2009-2011. Atuou como vice-coordenador protempore do Programa de Pós-graduação em Biotecnologia da UFPA. Possui diversas publicações nas áreas da Química e Biotecnologia, assim como patentes. Recebeu a primeira Carta Patente na UFPA em dezembro de 2013. É pioneiro na otimização de processo de produção de metabólitos secundários e enzimas em cultura de células vegetais e de micro-organismos na Região Norte do Brasil.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-47-5

