



Área: Tecnologia de Alimentos

MODIFICAÇÃO DE ARGILA BENTONITA POR TRATAMENTO TÉRMICO PARA PURIFICAÇÃO DE ANTOCIANINAS DO DE AÇAÍ (*Euterpe precatoria* Mart.) POR DRX

Alexandra Lizandra Gomes Rosas*, Ana Paula Miléo Guerra de Carvalho, Pedro Henrique Campelo.

Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEM), Manaus, Amazonas, Brasil.

*alexandrarosas@ufam.edu.br

RESUMO – Este estudo foi realizado para avaliar a inclusão das antocianinas do suco de açaí clarificado em argila bentonita. As argilas apresentam propriedades no processo de adsorção esta propriedade pode ser modificada por ativação térmica. O objetivo deste estudo é avaliar o potencial de argila ativada termicamente (de 300, 400°C) como proteção de compostos bioativos em sucos de açaí por meio de difração de raios X (DRX). O método utilizado foi a obtenção da matéria prima e elaboração da polpa do açaí para a clarificação do suco de açaí através da ultracentrifugação. A mistura do suco clarificado com a ACC foi realizada por agitação magnética e homogeneizada em um ultra-turrax, centrifugada posteriormente liofilizada gerando um complexo em pó contendo pigmento. A avaliação das incorporações do suco foi realizada por meio de FRX onde o Si, Fe, Al e Ca foram encontrados o que corresponde ao esperado já pois são elementos característicos da argila do grupo da montmorilonita. A difração de raios X dos complexos mostraram que o deslocamento dos picos em 2θ para a esquerda no difratograma estar relacionado com o volume do espaçamento interplanar da argila decorrente da incorporação das antocianinas. Conclui-se que as antocianinas do suco clarificado estão intercaladas entre as lamelas da ACC podendo tornasse um potencial de um corante natural.

Palavras-chave: Argila Montmorilonita; Adsorção de pigmentos; Corante natural; Ativação térmica.

1.0 INTRODUÇÃO

Os corantes artificiais, quando consumidos com frequência, podem prejudicar a pele, causando alergias, irritar a mucosa do estômago e causar problemas respiratórios (GUERRA *et al.*, 2017; LIPSKIKH *et al.*, 2018). Esses aditivos também podem interferir no processo metabólico do organismo. Uma alternativa para diminuir o consumo de corante artificial é a troca por um corante natural (GEBHARDT *et al.*, 2020).

Os corantes são usados nas indústrias farmacêuticas, têxteis, cosméticas, plásticas, de



papéis e alimentícias (KATHERESAN *et al.*, 2018; YAMJALA *et al.*, 2016). A degradação e a lixiviação dos corantes limitam seu longo prazo para o uso de corantes. O processo de pasteurização degrada as antocianinas dos sucos o que deprecia a aceitação pelo consumidor, para restaurar a cor característica do suco a indústria adiciona corante artificial (SILVEIRA *et al.*, 2019).

Argilas em seu estado natural ou após ativação física por tratamento térmico ou química por ativação ácida, tem a capacidade de adsorver pigmentos (ASUHA *et al.*, 2019; LEE *et al.*, 2019). As montmorilonitas apresentaram um conjunto de características estruturais que as tornam atraentes

para o desenvolvimento de catalisadores e material adsorvente tais como, área superficial elevada, capacidade de troca catiônica, baixo custo e abundância na natureza (CHAHARDAHMASOUMI *et al.*, 2019).

A ativação térmica introduz algumas mudanças na estrutura cristalina dos argilominerais modificadas pelo aquecimento (desidratação, desidroxilação, decomposição e formação de novas fases, vitrificação) (GEBHARDT *et al.*, 2020; ZHANG *et al.*, 2010). O tratamento térmico de montmorilonitas sob altas temperaturas pode conduzir a um completo colapso das camadas, ou mesmo a deformação da estrutura cristalina das camadas da montmorilonitas (BELHOCINE *et al.*, 2018; DENG *et al.*, 2017; SHANG *et al.*, 2018).

O potencial da montmorilonitas para adsorção de compostos bioativos, pigmentos, resíduos de sabões, fosfatídeos e produtos de oxidação contidos nos óleos vegetais corantes em geral (RODRIGUES *et al.*, 2013). Dá-se por suas principais características como a elevada capacidade de inchamento em água para formar uma suspensão coloidal ou gel altamente tixotrópico (ZHANG *et al.*, 2017).

Apresenta em sua configuração cátions interlamelares, que podem ser trocados por cátions orgânicos ou inorgânicos quando presentes em solução aquosa, influenciando suas propriedades físico-químicas e alterando seu espaçamento basal, essa propriedade é chamada de capacidade de troca catiônica (BURUGA *et al.*, 2019).

As montmorilonitas são muito utilizadas em processos de liberação controlada de compostos bioativos (ROY *et al.*, 2019). Estas argilas são capazes de adsorver corantes de alimentos, protegendo-os de possíveis degradações. Em corante rodamina 6G, outros autores (TEEPAKAKORN *et al.*, 2018), observaram que o uso de argilas melhorou a retenção corante pelo resfriamento do estado fotoexcitado do hospedeiro.

A estratégia consiste no uso de produto oriundo da biodiversidade amazônica, o açaí *Euterpe precatoria* Mart., de ocorrência natural apenas no estado do Amazonas, popularmente conhecida como açaí é muito apreciado com elevada concentração de fibra alimentar, aminoácidos, ácidos graxos, fibras alimentares, vitaminas, minerais e compostos polifenólicos, e especialmente antocianinas (BOEIRA *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2019; PEIXOTO *et al.*, 2016).

O objetivo principal deste trabalho é avaliar o potencial de argila ativada termicamente (de 300, 400°C) como proteção de compostos bioativos em sucos de açaí por meio de difração de raios X (DRX).

2.0 MATERIAL E MÉTODOS



2.1 Extração da polpa e produção do suco clarificado de açaí.

A matéria prima empregue nesta pesquisa consiste nos frutos do açaí in natura coletados no Instituto Federal do Amazonas – (IFAM – CMZL). O lote de frutos foi colhido com estado de maturação variado, onde os frutos verdes foram separados durante o preparo da matéria prima. Após serem pesados, foi feita a seleção do produto, os frutos verdes foram excluídos, pré-lavados em água corrente, flotados, sanitizada em água clorada por 20 minutos, utilizando uma solução de água sanitária de 2% de cloro ativo, 10 litros de água para 75 mL de cloro, aproximadamente 150 ppm de cloro livre. Após lavados e branqueados por imersão em água quente a 100° C por 5 minutos, passaram por imersão em água com gelo por 2 minutos, sendo, posteriormente, despolpados em uma despolpadeira de frutas (DES-10 aço Bivolt). As sementes foram pesadas novamente para o cálculo de rendimento chegando a 40%. Para medir a quantidade aproximada de açúcares da polpa fora utilizado um Refratômetro Digital Brix (Ma871), previamente calibrado com água destilada, e cuja análise, realizada em triplicata, apontou para 0,40 Kg de polpa Tipo A (brix), obtida de acordo com as normas padrões (BRASIL, 2018; ZENEBON *et al*, 2008). O suco de açaí clarificado (diluição de 1/1) foi obtido através de ultracentrifugação a 10.000 rpm durante 10 minutos a 4°C em centrífuga Hitachi (CR21GIII) (RIBEIRO *et al.*, 2018a). O suco clarificado foi armazenado para a produção dos complexos antocianinas/argila, permitindo avaliar o teor de umidade para determinar a quantidade de argila em cada concentração.

2.2 Teor de umidade

Este método avalia o teor total de água eliminada do suco e determina sua base seca. Nesse processo fora utilizada uma estufa, inicialmente aquecida na temperatura de 105°C. Pesou-se em uma balança analítica, 2,0 mL da amostra em cadinhos de porcelana secos, já pesados e registrados anteriormente. O transporte desses cadinhos foi realizado com o auxílio da pinça, para que não fossem contaminados com a umidade das mãos. Posteriormente, foram colocados na estufa a 105°C por 30 minutos, e em seguida transferidos para o dessecador de sílica gel até atingir a temperatura ambiente. Após esse procedimento, os cadinhos foram pesados, e levados novamente à estufa por mais 30 minutos (ZENEBON *et al*, 2008a). Esse processo foi repetido, até que sua massa permanecesse constante. A massa dos cadinhos foi descontada para a obtenção do teor de umidade e o fator de correção de umidade. Por este motivo os resultados deste trabalho foram expressos em base seca. O fator de correção de umidade encontrada foi de 98,55% de água é 1,45 % de sólidos.

2.3 Preparo da argila ativada termicamente

A ACC foi submetida ao tratamento térmico em um forno tubular horizontal: modelo FT - 1200/H sem atmosfera controlada. O procedimento foi realizado para as temperaturas de 300 e 400°C. Quando atingido a temperatura desejada, as amostras permaneceram por um período de 24 horas para esfriar.

2.4 Sorção de antocianinas em argila.

A argila clarificante Custom (ACC) fornecida pela BENTONISA do Nordeste S.A. (João Pessoa, Brasil). Foi adicionada o teor de 8% m/m (base seca) de ACC pura sem tratamento termico e com tratamento térmico (300 e 400°C), em 100 mL de suco de açaí clarificado, cada. A mistura dos complexos antocianinas/argila foi agitada por agitação magnética (MARTE - MAG6) a 50 rpm durante 1 hora, homogeneizada em um Ultra-Turrax (Gehaka HU-15/5 220V) a 30.000 rpm durante



5 minutos, centrifugar por 3.000 rpm durante 10 minutos e liofilizada a -55°C adaptado de (RIBEIRO *et al.*, 2018).

2.5 Fluorescência de raios X (FRX)

Com o objetivo de quantificar elementos constituintes da argila comercial, utilizou-se a técnica de Espectrometria de Fluorescência de raios X (FRX), realizada em equipamento da marca Panalytical modelo Epsilon 3-X, com tensão máxima de 50 kV, corrente máxima de 3 mA; Gás Hélio (pressão 10 atm./10 kgf/cm²).

2.6 Difração de Raios X (DRX)

Os complexos em pó foram levados para a análise de DRX equipamento da marca Panalytical, modelo Empyrem. Operando com a radiação de Cuka ($\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$), na voltagem de 40kV e corrente de 40mA, sendo controlado por um software. As medidas das amostras realizadas neste equipamento são analisadas no modo espelho Bragg-Brentano HD, com uma fenda angular de $0,02^{\circ}$ cm 2θ e no intervalo angular de 3° para 60° com tamanhos de passos de 0,01313 com 60 segundos cada passo. Para o cálculo do espaçamento basal após a intercalação utilizou-se a equação obtida pela lei de Bragg ($n\lambda = 2d \sin\theta$) equação 1, em que λ é o comprimento de onda da radiação incidente, d o espaçamento interplanar dos cristais e θ o ângulo de difração. Os dados da amostra foram normalizados, fitados e plotados gerando gráficos de difratometria com o cartão CIF-GLOBAL obtido na base de dados American Mineralogist encontrado no banco de dados do site: <http://rruff.geo.arizona.edu/AMS/amcsd.php>.

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fluorescência de raios X (FRX)

As porcentagens dos elementos presentes na amostra da ACC podem ser observadas na Tabela 1. Observou-se que o elemento de maior concentração foi o Silício (Si) com 56,06% seguido por Ferro (Fe) com 20,48%, Alumínio (Al) como 12,84%, é Cálcio (Ca) com 2,96% o que corresponde ao esperado já pois são elementos característicos da argila montmorilonita (PLATA *et al.*, 2021; RABAT *et al.*, 2020).

Tabela 1: Análise elementar de Argila Clarificante Custom

Elementos	Si	Fe	Al	Ca	k	Mg	Ti	P	Outros
% (m/m)	56,06	20,48	12,84	2,96	2,67	1,94	1,12	1,06	0,87

Com a ativação, pode ocorrer diminuição do espaço interlamelar, pois ocorre troca dos cátions de compensação por H⁺. O que está dentro do normal para montmorilonitas que têm como principal cátion de compensação o cálcio (LI *et al.*, 2018; TOURNASSAT *et al.*, 2011).



3.2 Difração de raios X (DRX)

O difratograma apresenta os resultados dos perfis da ACC pura é tratada termicamente. Através da análise de DRX é possível verificar a eficiência do processo de intercalação de antocianinas através do aumento do espaçamento interplanar basal (d_{001}) da ACC em relação à modificação na argila.

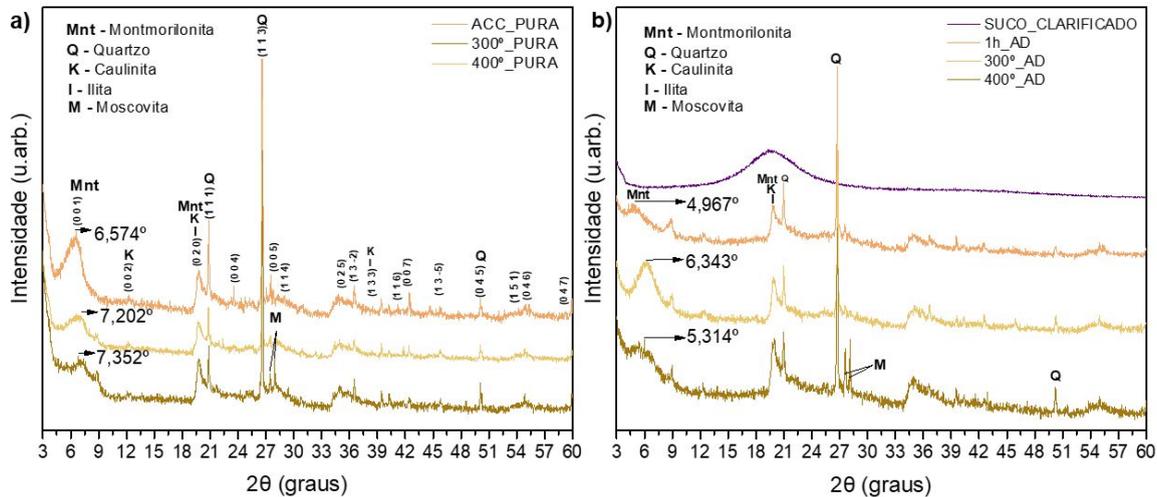


Figura 1: Padrão de DRX. a) perfil de DRX da ACC_PURA sobrepondo o perfil ACC tratada termicamente (300° e 400° C pura); b) perfil de DRX do suco clarificado liofilizado sobrepondo o perfil de DRX dos complexos antocianinas/argila.

A Figura 1a exibe o padrão de DRX da ACC pura sobrepondo os perfis da ACC 300° e 400°C puras. Foram associados ao padrão cristalográficos conhecidos como CIF (Crystallographic Information File), identificado desta forma as fases cristalinas segundo as posições dos picos e pelas distâncias interplanares.

Ao analisar os difratograma podemos observar que em todos os padrões de difração, os picos de difração observados em valores 2θ de 6,574°, 12,088°, 19,866°, 20,829°, 23,532°, 26,597°, 27,493°, 28,543°, 35,141°, 36,501°, 39,534°, 41,141°, 42,424°, 45,721°, 50,090°, 54,879°, 55,229°, 59,905°, correspondendo a (0 0 1), (0 0 2), (0 2 0), (1 1 1), (0 0 4), (1 1 3), (0 0 5), (1 1 4), (0 2 5), (1 3 -2), (1 3 3), (1 1 6), (0 0 7), (1 3 -5), (0 4 5), (1 5 1), (0 4 6), (0 4 7) planos cristalográficos, respectivamente, bem combinados com o registro CIF-GLOBAL, indicando a formação de materiais Hexagonal com o grupo espacial de $P 1 (\underline{1})$.

Tabela 2: Composição, parâmetros de rede e volume do CIF-GLOBAL.

Amostra	Composição	Estrutura	a (Å)	b (Å)	c (Å)	Volume (Å ³)
CIF-GLOBAL	Al ₂ Ca _{0,5} O ₁₂ Si ₄	Hexagonal	5,18	8,98	15,00	697,746

Com o tratamento térmico, a estrutura da argila não é modificada. Ao comparar a ACC pura com as 300° e 400°C observamos a diminuição do espaço interlamelar. O DRX apresentou picos contendo fases, como a Mnt que é referente ao plano cristalográfico (0 0 1) equivalente a



6,574° (Tabela 3), a Ilita no intervalo 19,866° e o Quartzo (Q) no intervalo 26,597° que é característico dos grupos esmectíticas presentes nas bentonitas sódicas. Ao analisar os difratogramas podemos observar o deslocamento da fase de montmorilonita (Mnt) para ângulos menores a fase do Quartzo no plano cristalográfico (1 1 3) se mantém estável. O plano cristalográfico (0 2 0) refere-se à fase onde se encontra Mnt, Caulinita (K) e Ilita (I) no padrão.

A Figura 1b exibe o perfil de DRX do suco clarificado sobrepondo os perfis de DRX dos complexos antocianinas/argila. Analisando o difratograma ACC pura observamos o deslocamento de 6,574 ° Å para 4,967° Å, a argila tratada em 300°C, a se deslocou de 7,202° Å para 6,343° Å, para a argila a 400°C se deslocou de 7,352 Å para 5,314° Å. Podemos observar modificações estruturais obtidas pós a tratamento térmico (300, 400°C) respectivamente, o pico da Mnt foi afetado com a diminuição da intensidade do pico característico. O pico da fase em 2θ do Quartzo no intervalo 26,597° não se deslocou para ângulos menores este resultado também confirma que a incorporação de bioativos intercalados entre as lamelas da Mnt.

A intensidade dos picos característicos diminuiu significativamente. A dissolução parcial das incorporações reduziu a cristalinidade do pico da Mnt. Depois de intercalar os bioativos, o pico de reflexão $d_{(001)}$ mudou para os graus mais baixos, o que indicava aumento do espaçamento basal (Tabela 3). Sendo que esse deslocamento estava relacionado com o aumento do volume nos parâmetros de rede.

A intercalação ocorreu possivelmente devido às moléculas de antocianinas quebrar as ligações de hidrogênio internas, entre as lamelas da Mnt, ligando-se às hidroxilas da camada octaédrica da argila (FOX *et al.*, 2020; LIMA *et al.*, 2020). As moléculas de antocianinas são moléculas polares, assim facilitou a quebra da ligação entre as lamelas de Mnt (DE QUEIROGA *et al.*, 2019).

Para identificar a distância de espaçamento basal da Mnt dos planos na direção (0 0 1) $d_{(001)}$ foi elaborada a Tabela 3. Que mostra os valores da distância do espaçamento basal para ACC pura, tratada termicamente (300, 400°C) e dos complexos em pó. O tratamento térmico modifica a estrutura cristalina dos argilominerais. Essa modificação pode melhorar a intercalação de bioativos dentro das lamelas de Mnt.

Tabela 3: Valores do espaçamento interlamelar (d_{001}), variação entre os espaços.

Amostras	Índice de Miller hkl	2θ	$d_{(001)}$
ACC_PURA	(0 0 1)	6,574°	13,43°
300°_PURA	(0 0 1)	7,202°	12,26°
400°_PURA	(0 0 1)	7,352°	12,01°
ACC_1h_AD	(0 0 1)	4,967°	20,32°
300°_AD	(0 0 1)	6,343°	13,92°
400°_AD	(0 0 1)	5,314°	16,61°

Este comportamento leva a uma grande dispersão das folhas de argila. O aumento do espaçamento interlamelar da Mnt ocorreu devido a uma reação entre a algum grupo molecular de antocianinas, que possui caráter positivo e a hidroxila interna da camada octaédrica da Mnt, que



possui caráter negativo (FOX *et al.*, 2020). As Montmorilonitas que têm como principal cátion de compensação o Ca^+ . Dessa forma, a maior distância interlamelar pode ser explicada pelo maior grau de adsorção da argila, ou seja, quanto maior o número de moléculas de antocianinas adsorvidas maior a distância interlamelar (LIMA *et al.*, 2020).

Para melhor representação da montmorilonita, um modelo moléculas no padrão 3x3x3 foi gerado. Neste modelo da Figura 2 é possível observar um espaçamento lamelar de 8,567 Angstroms. O espaço de vacância da camada da argila possibilita a intercalação das antocianinas.

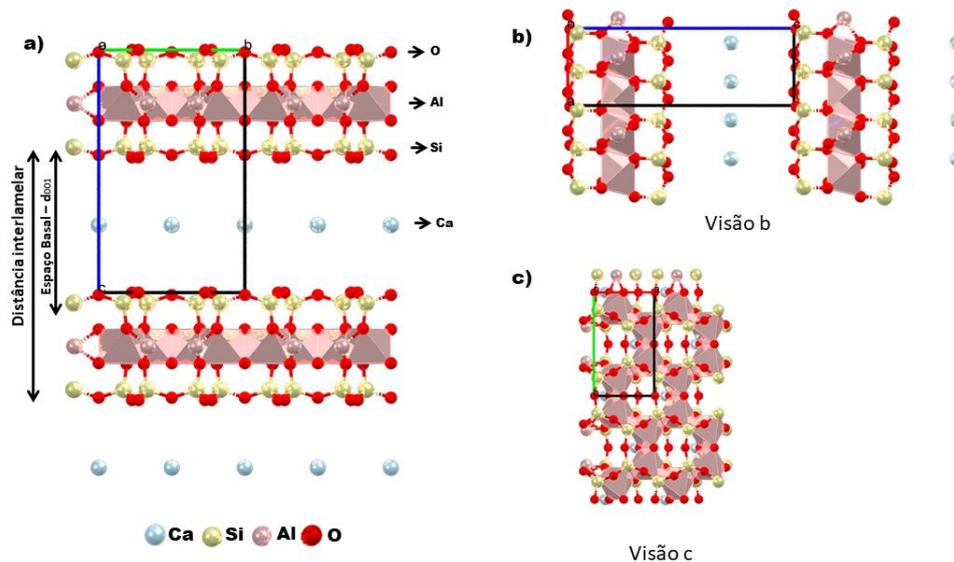


Figura 2: a) padrão do parâmetro de rede teórico da estrutura cristalina da montmorilonita (HEXAGONAL) do CIF-GLOBAL; b) padrão do parâmetro de rede célula da unitária das Antocianinas; c) ilustração da intercalação de antocianinas na vacância da Mnt.

O espaço interplanar apresenta continuidade nas direções dos eixos a e b, sendo que na direção c, as estruturas estão fracamente conectadas entre si por ligações de Van der Waals (YAMAGUCHI *et al.*, 2019). O que faz com que as suas moléculas tenham a tendência de se orientar em folhas paralelas empilhadas, para aumentar ao máximo a força atrativa entre elas pela aproximação de seus átomos (FONSECA *et al.*, 2019). Esta orientação aproximadamente paralela nos planos (0 0 1) dos cristais confere uma estrutura laminada à bentonita o que faz com que o seu reticulad cristalino apresente uma fácil clivagem basal (AMERICAN, 1967; KRUTPIJIT *et al.*, 2019).

O deslocamento em relação ao padrão teórico pode estar relacionado ao aumento do volume do parâmetro de rede, durante a incorporação de antocianinas as partículas são sucessivamente plasticidade e ampliadas, a diminuição do fator de multiplicidade e com fator de orientação preferencial indo para um estado amorfo (BOURG *et al.*, 2007; FONSECA *et al.*, 2016; FONSECA *et al.*, 2017).

Confirmando a intercalação das antocianinas entre as camadas de Mnt. Os resultados corroboram com a capacidade de adsorção da argila e com outros autores (RIBEIRO *et al.*, 2018a; RIBEIRO *et al.*, 2018b).



4.0 CONCLUSÃO

A preocupação do brasileiro com o consumo sustentável cresce a cada ano e está evidenciada em significativas mudanças em seu comportamento, na busca por alimentos saudáveis e qualidade de vida. A busca por alimentos sem corantes artificiais é cada vez maior. A pesquisa surge da necessidade de restaurar a cor do suco de açaí pasteurizado. Adicionado à argila intercalada com as antocianinas do suco de açaí a fim de assegurar a preservação de cor. Assim foi criado um complexo contendo antocianinas.

Para produzir um material com a intenção de restaurar a cor foi analisado métodos de incorporação de suco de açaí em ACC. Com modificação por tratamento térmico 300°C e 400°C. Para avaliar os complexos fora feito análises a primeira foi o teor de umidade do suco clarificado para determinar a quantidade de argila necessária para ser usada em cada concentração 8% m/m em base seca para 100 mL de suco. A polpa de açaí apresentou sólidos totais de 16,3% °Brix (tipo A) e o rendimento de polpa de 40% o suco correspondem ao que diz nas normas para obter um produto adequado ao consumo.

A ACC pura foi levada a análise de FRX para determinar seus elementos característicos o resultado corrobora com encontrado na literatura. Os complexos antocianinas/argila foram analisadas por DRX onde as antocianinas se fizeram presente entre o plano cristalográficos da Mnt. O deslocamento de picos 2θ para a esquerda confirmou a presença de bioativos na argila possivelmente as antocianinas.

A argila possui capacidades de adsorção podem ser melhorados por meio de certas modificações como do tratamento térmico. As antocianinas presentes no suco de açaí (*Euterpe precatoria* Mart) pode ser útil para a estabilização de cor de uma variedade de alimentos processados ricos em antocianinas, bem como corantes alimentares estáveis.

5.0 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Coordenação pela Melhoria do Superior Pessoal de Educação (CAPES, Brasil). O grupo de pesquisa gIBA, aos Laboratórios de Agroindústria (IFAM Campus Manaus Zona Leste); LABMAT; NANOPOL; LaMAC e Purificação de Biomoléculas e Síntese e Caracterização de Nanomateriais.

6.0 REFERÊNCIAS

- ASUHA, S. et al. Activation of kaolinite by a low-temperature chemical method and its effect on methylene blue adsorption. **Powder Technology**, 2019.
- BELHOCINE, M. et al. Isosteric heat of water adsorption and desorption in homoionic alkaline-earth montmorillonites. **Chemical Physics**, v. 501, p. 26–34, 2018.
- BOEIRA, L. S. et al. Chemical and sensorial characterization of a novel alcoholic beverage produced with native acai (*Euterpe precatoria*) from different regions of the Amazonas state. **LWT**, [s. l.], v. 117, n. January 2019, p. 108632, 2020.
- BURUGA, K. et al. A review on functional polymer-clay based nanocomposite membranes for treatment of water. **Journal of Hazardous Materials**, v. 379, n. November 2018, 2019.



- CHAHARDAHMASOUMI, S.; SARVI, M. N.; JALALI, S. A. H. Modified montmorillonite nanosheets as a nanocarrier with smart pH-responsive control on the antimicrobial activity of tetracycline upon release. **Applied Clay Science**, v. 178, n. January, p. 105135, 2019.
- DE QUEIROGA, L. N. F. et al. Functionalized bentonites for dye adsorption: Depollution and production of new pigments. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 7, n. 5, p. 103333, 2019.
- DENG, L. et al. Effects of microstructure of clay minerals, montmorillonite, kaolinite and halloysite, on their benzene adsorption behaviors. **Applied Clay Science**, v. 143, n. January, p. 184–191, 2017.
- FOX, L. J. et al. Structural changes in lipid mesophases due to intercalation of dendritic polymer nanoparticles: Swollen lamellae, suppressed curvature, and augmented structural disorder. **Acta Biomaterialia**, v. 104, p. 198–209, 2020.
- GEBHARDT, B. et al. Assessing the sustainability of natural and artificial food colorants. **Journal of Cleaner Production**, p. 120884, 2020.
- GUERRA, E.; LLOMPART, M.; GARCIA-JARES, C. Miniaturized matrix solid-phase dispersion followed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry for the quantification of synthetic dyes in cosmetics and foodstuffs used or consumed by children. **Journal of Chromatography A**, v. 1529, p. 29–38, 2017.
- KATHERESAN, V.; KANSEDO, J.; LAU, S. Y. Efficiency of various recent wastewater dye removal methods: A review. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 6, n. 4, p. 4676–4697, 2018.
- LEE, H. et al. Thermal transfer behavior of biochar-natural inorganic clay composite for building envelope insulation. **Construction and Building Materials**, v. 223, p. 668–678, 2019.
- LI, Y. et al. Research progress on the raw and modified montmorillonites as adsorbents for mycotoxins: A review. **Applied Clay Science**, v. 163, n. April, p. 299–311, 2018.
- LIMA, L. C. B. et al. Saponite-anthocyanin derivatives: The role of organoclays in pigment photostability. **Applied Clay Science**, v. 191, n. April, p. 105604, 2020.
- LIPSKIKH, O. I. et al. Sensors for voltammetric determination of food azo dyes - A critical review. **Electrochimica Acta**, v. 260, p. 974–985, 2018.
- LOPES, E. et al. Mapping the socio-ecology of Non Timber Forest Products (NTFP) extraction in the Brazilian Amazon: The case of açaí (*Euterpe precatoria* Mart) in Acre. **Landscape and Urban Planning**, v. 188, n. July 2018, p. 110–117, 2019.
- PEIXOTO, H. et al. Anthocyanin-rich extract of Acai (*Euterpe precatoria* Mart.) mediates neuroprotective activities in *Caenorhabditis elegans*. **Journal of Functional Foods**, v. 26, p. 385–393, 2016.
- PLATA, L. G. et al. Release kinetics of multi-nutrients from volcanic rock mining by-products: Evidences for their use as a soil remineralizer. **Journal of Cleaner Production**, v. 279, p. 123668, 2021.
- RABAT; CANO, M.; TOMÁS, R. Effect of water saturation on strength and deformability of building calcarenite stones: Correlations with their physical properties. **Construction and Building Materials**, v. 232, p. 117259, 2020.
- RIBEIRO, H. L. et al. Stabilizing effect of montmorillonite on acerola juice anthocyanins. **Food Chemistry**, v. 245, n. July 2017, p. 966–973, 2018. a.
- RIBEIRO, H. L. et al. Montmorillonite as a reinforcement and color stabilizer of gelatin films containing acerola juice. **Applied Clay Science**, v. 165, n. April, p. 1–7, 2018. b.
- RODRIGUES, L. A. de S. et al. The systems containing clays and clay minerals from modified



- drug release: A review. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 103, p. 642–651, 2013.
- ROY, A.; JOSHI, M.; BUTOLA, B. S. Preparation and antimicrobial assessment of zinc-montmorillonite intercalates based HDPE nanocomposites: A cost-effective and safe bioactive plastic. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, p. 1518–1525, 2019.
- SHANG, K.; LIAO, W.; WANG, Y.-Z. Thermally stable and flame-retardant poly(vinyl alcohol)/montmorillonite aerogel via a facile heat treatment. **Chinese Chemical Letters**, v. 29, n. 3, p. 433–436, 2018.
- SILVEIRA, T. F. F. et al. Anthocyanins, non-anthocyanin phenolics, tocopherols and antioxidant capacity of açai juice (*Euterpe oleracea*) as affected by high pressure processing and thermal pasteurization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 55, n. May, p. 88–96, 2019.
- TEEPAKAKORN, A. P.; BUREEKAEW, S.; OGAWA, M. Adsorption-Induced Dye Stability of Cationic Dyes on Clay Nanosheets. **Langmuir**, v. 34, n. 46, p. 14069–14075, 2018.
- TOURNASSAT, C. et al. Influence of montmorillonite tactoid size on Na–Ca cation exchange reactions. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 364, n. 2, p. 443–454, 2011.
- YAMJALA, K.; NAINAR, M. S.; RAMISSETTI, N. R. Methods for the analysis of azo dyes employed in food industry - A review. **Food Chemistry**, v. 192, p. 813–824, 2016.
- ZENEBON, Odair; PASCUET, Neus Sadocco; TIGLEA, Paulo. Analytical Standards of the Adolfo Lutz Institute (Chapter 3). 2008.
- ZENEBON, Odair; PASCUET, Neus Sadocco; TIGLEA, Paulo. Analytical Standards of the Adolfo Lutz Institute (Chapter 4). 2008.
- ZHANG, D. et al. Synthesis of clay minerals. **Applied Clay Science**, v. 50, n. 1, p. 1–11, 2010.
- ZHANG, X. W. et al. Thixotropic mechanism of clay: A microstructural investigation. **Soils and Foundations**, v. 57, n. 1, p. 23–35, 2017.
- ZENEBON, Odair; PASCUET, Neus Sadocco; TIGLEA, Paulo. Analytical Standards of the Adolfo Lutz Institute (Chapter 3). 2008.
- ZENEBON, Odair; PASCUET, Neus Sadocco; TIGLEA, Paulo. Analytical Standards of the Adolfo Lutz Institute (Chapter 4). 2008.