UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA

Corso di Laurea in Biologia

ELABORATO DI LAUREA

Açaí (Euterpe oleracea Mart.): BOTANICA, FITOCHIMICA E APPLICAZIONI TERAPEUTICHE

Tutor: Prof.ssa Raffaella Filippini
Dipartimento di Scienze del Farmaco

Laureanda: Gaia Ferro

ANNO ACCADEMICO 2023/2024

INDICE

1. INTRODUZIONE 1

2. ORIGINE E BOTANICA 2

3. ANALISI FITOCHIMICA 5

3.1 Composti fenolici: struttura e attività biologiche 6
3.2 Flavonoidi: struttura e attività biologiche 7

4. PROPRIETÀ 9

4.1 Attività antiossidante 9
4.2 Attività neuroprotettiva 11
4.3 Attività cardioprotettiva 14

5. PRODOTTI IN COMMERCIO 19

6. LIMITAZIONI DEGLI STUDI 20

7. SVILUPPI FUTURI 22

8. CONCLUSIONI 25

9. BIBLIOGRAFIA 26

10. SITOGRAFIA 30

1. INTRODUZIONE

Euterpe oleracea, conosciuta come açaí, è una pianta appartenente alle Arecaceae originaria del Centro e Sud America; sebbene sia stata coltivata nel suo territorio autoctono per anni come una pianta alimentare multifunzionale, la sua recente introduzione in regioni diverse da quelle di origine ha permesso l'aumento della sua domanda globale.

La polpa di questo frutto è stata oggetto di ricerche approfondite, con l'obiettivo di chiarire il ruolo fondamentale dei composti bioattivi nel determinare il suo elevato valore nutrizionale e le sue potenziali proprietà benefiche per l'organismo.

Tradizionalmente consumata come bevanda chiamata "açaí vino" in Brasile, dalla metà degli anni 2000 sono state approfondite, tramite studi scientifici, le numerose attività biologiche delle sue bacche. È stato osservato, infatti, che l'estratto di açaí può avere effetti antiossidanti e antinfiammatori collegati alla prevenzione dei fattori di rischio per diabete, dislipidemia, ipertensione e malattie cardiovascolari e neurologiche. Inoltre, è stato dimostrato che presenta attività antitumorali, antimicrobiche, antiaterogene, antinocicettive, anticonvulsivanti, antileishmaniosi e antinvecchiamento.

A sostegno degli studi teorici sono stati condotti nel 2020 studi clinici per dimostrare gli effetti benefici nell'utilizzo del succo di açaí con la conferma di un impatto positivo nella regolazione dei livelli di HDL e nella regolazione degli enzimi antiossidanti definendo questa pianta un ottimo alleato per la salute umana (de Liz *et al*., 2020).

Date le proprietà terapeutiche di questo frutto, il seguente elaborato di tesi si pone come obiettivo analizzare la letteratura sulla bacca di açaí come agente antinfiammatorio, cardioprotettivo e neuroprotettivo. Le prospettive aperte dalle ricerche citate nel corso dell'elaborato, indicano un promettente futuro per l'impiego di composti bioattivi naturali con riferimento, nello specifico, alla prevenzione e al trattamento delle patologie più diffuse a livello globale.

2. ORIGINE E BOTANICA

Appartenente alla famiglia delle Arecaceae la palma legnosa perenne a portamento arboreo è presente nelle regioni amazzoniche dell'America Centrale e Meridionale in particolare in Brasile, Equador e Venezuela (Fig. 1). Cresce esclusivamente nel bioma amazzonico, dove il terreno umido e l'elevata intensità luminosa ne favoriscono lo sviluppo.

Presenta un'altezza pari a 30 m e un diametro di 18 cm. Quest'ultimo ha la caratteristica di essere multistelo, con infiorescenze ramificate a grappolo detti racemi e presenza di fiori sia staminati che pistillati.

Ogni frutto contiene un solo seme immerso in una polpa morbida e succosa, dal sapore dolciastro, il cui consumo è di circa 10.000 tonnellate in Brasile e 1.000 tonnellate esportate in paesi come Giappone, Stati Uniti, Paesi Bassi e Italia.

Figura 1. Fotografie di varie parti di *E. oleracea*, a) pianta intera, b) stelo, c) foglia, d) infiorescenza di frutti, e) frutti isolati, f) semi isolati (Laurindo *et al*., 2023).

E. oleracea produce una drupa semplice e indeiscente, chiamata impropriamente e comunemente "bacca" di açaí, che a maturazione raggiunge un diametro di 1,5-2 cm.

Lo strato esterno commestibile, l'esocarpo, è composto da mesocarpo e da epicarpo molto sottile che copre un seme solitario e fibroso. Il seme è avvolto dall'endocarpo e dall'endosperma, ricco di emicellulose, cellulosa e cristalli di inulina quando il frutto è maturo (Fig. 2). La colorazione del frutto maturo si presenta nero-violacea per la presenza di antociani come cianidina 3-*O*-glucoside (C3G) e cianidina-3-*O*-rutinoside (C3R).

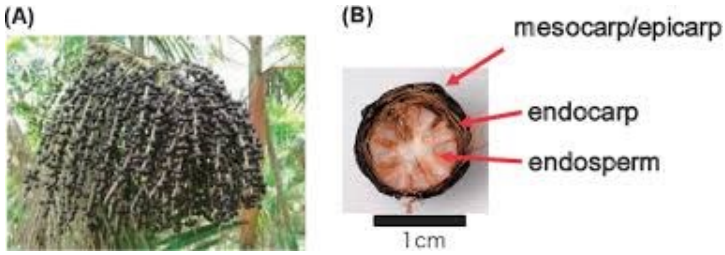

Figura 2. Açaí spontaneo nell'area Amazzonica, in Brasile (A) e sezione trasversale del frutto di açaí (B) (Agawa et al., 2011).

I frutti vengono raccolti nei mesi da luglio a dicembre, periodo che costituisce il tempo balsamico, cioè quello in cui è maggiore la concentrazione dei principi attivi quali antocianine, polifenoli, fibre, minerali e acidi grassi essenziali.

In particolare, è importante sottolineare che, tra i vari principi attivi, i polifenoli sono presenti in quantità variabili a seconda della provenienza e della stagione di raccolta (Gordon *et al*., 2012). Tale variabilità comporta una difficoltà nello stabilire la quantità di polifenoli assunti con l'ingestione del frutto.

La lavorazione deve essere effettuata nell'arco di 12 ore dopo la raccolta, ciò è motivato dalla facile degradazione date le alte temperature che caratterizzano il territorio di coltivazione. Per quanto riguarda l'impollinazione, questa è entomofila tramite piccole api, mosche e coleotteri ed il trasporto dei semi su brevi distanze avviene tramite roditori (Martins *et al*. 2022).

La dispersione dei semi su lunga distanza è assicurata dagli uccelli e passivamente dall'acqua, ciò consente una riduzione della densità dei semi al di sotto della pianta madre.

Tra le 28 specie di açaí conosciute, solo due di queste, *E. precatoria* e *E. oleracea*, producono frutti che vengono commercializzati a livello globale.

È stato riscontrato che il consumo di *E. oleracea* ha avuto inizio a partire dalla popolazione indigena della regione amazzonica dove la "bacca" di açaí veniva macinata ottenendo una polpa con un'alta componente lipidica, di potassio, fosforo, calcio e magnesio, oltre a fornire proprietà antiossidanti date dalla presenza di polifenoli. Le componenti non edibili, invece, cioè foglie e fusto, venivano sfruttate come materiale per la costruzione di tetti e recinzioni, mentre i semi venivano impiegati come fertilizzanti naturali.

La tradizione nell'uso di questi frutti è stata approfondita nell'area amazzonica. Grazie a ciò, è stato possibile evidenziare il loro utilizzo sia come pasto principale che come bevanda per via della ricca presenza di macronutrienti con una predominanza di carboidrati (Ecosostenibile, 2022).

3. ANALISI FITOCHIMICA

Dal punto di vista fitochimico è stata determinata la presenza di costituenti fenolici che includono fenoli semplici, acidi fenolici (acido gallico, acido ellagico), lignani, flavonoidi (antociani) e stilbenoidi (resveratrolo). Inoltre, sono stati identificati aminoacidi, acidi grassi, minerali e steroli. L'effetto biologico è stato determinato mediante test di scavenging del radicale idrossilico in cui si è misurata la capacità di una sostanza di neutralizzare i radicali liberi; tra le sostanze isolate, 9 lignani nonostante la loro bassa concentrazione, sono risultati essere le sostanze antiossidanti più potenti (Chin *et al*., 2008).

Per l'analisi degli antociani e degli altri composti fenolici sono state utilizzate tecniche di separazione come la cromatografia liquida ad alte prestazioni (HPLC), accoppiata alla rivelazione a matrice di fotodiodi (PDA) e/o alla spettrometria di massa (MS). Tuttavia, la PDA non riesce ad essere efficiente nella rilevazione di piccole quantità di sostanza, è per questo che la MS è considerata la tecnica di elezione (Vieira *et al*., 2017).

I frutti, inoltre, sono ricchi di un'elevata percentuale lipidica (21-53%), proteica (6-12%) e glucidica (36-43%). La presenza e la quantità di queste componenti differiscono tra la polpa di açaí in forma grezza e quella fermentata, infatti, successivamente al trattamento di fermentazione, da un lato i livelli di acqua, proteine e ceneri risultano aumentati, indicando un'attività enzimatica da parte di microrganismi; dall'altro, si riscontra perdita di grassi,

legata probabilmente al metabolismo dei grassi da parte dell'attività microbica, e diminuzione dei polifenoli e delle proantocianidine (Liu *et al*., 2023).

Il profilo fitochimico dei singoli frutti varia notevolmente ed è influenzato da fattori riguardanti caratteristiche ambientali e non, quali la tecnica di coltivazione, il clima e il periodo di raccolta (Fig. 3).

Figura 3. Fattori che influenzano l'efficacia dei composti fenolici (Eseberri *et al*.,2022).

3.1 Composti fenolici: struttura e attività biologiche

Una delle classi maggiormente rappresentata è quella dei fenoli, essi si trovano a livello di foglia, polpa, buccia e semi. Questi composti fenolici hanno importanti funzioni antiossidanti e antinfiammatorie, agendo nella prevenzione e nel trattamento dei fattori di rischio per diabete, dislipidemia, ipertensione e malattie cardiovascolari.

Sono metaboliti vegetali secondari e sono caratterizzati da almeno un anello aromatico a cui sono legati uno o più gruppi idrossilici.

Questi composti bioattivi sono presenti sia nella polpa che nel seme alla concentrazione rispettivamente di 25.5% e 28.3%; tuttavia anche le foglie e le radici contengono diversi composti fenolici dell'acido idrossicinnamico, tra cui l'acido 3-*O*-caffeoilchinico, l'acido 4-*O*-caffeoilchinico e l'acido 5-*O*-caffeoilchinico.

I ruoli in cui sono coinvolti sono molteplici a partire dalla difesa contro erbivori e patogeni, supporto meccanico, attrazione nei confronti degli impollinatori, assorbimento delle radiazioni UV dannose proteggendo dal danno fotossidativo fino alla formazione di sostanze allelopatiche.

Le loro capacità antiossidanti sono legate alla loro struttura, in particolare alla capacità di donare elettroni bloccando l'ossidazione dei composti cellulari.

3.2 Flavonoidi: struttura e attività biologiche

L'attenzione ricade anche su altri metaboliti polifenolici, i flavonoidi. Di questa famiglia fanno parte gli antociani e le proantocianidine, oltre ad altri flavonoidi.

In particolare, gli antociani sono un gruppo di pigmenti idrosolubili responsabili della colorazione viola del frutto (Gouvêa *et al*., 2012). Le principali antocianine riportati in *E. oleracea* sono cianidina-3-*O*-glucoside, cianidina-3-*O*-rutinoside, oltre a cianidina-3-*O*-sambubioside e peonidina-3-*O*-rutinoside (Fig.4). Questi composti insieme a luteina, α-carotene e β-carotene contribuiscono alla prevenzione di malattie infiammatorie e cancro. La combinazione di questi composti rende l'açaí una delle piante più studiate per i suoi potenziali benefici nutrizionali e terapeutici.

Ne è stato valutato, infatti, l'effetto su un gruppo di donne che hanno consumato 200 g di polpa per 4 settimane osservando un aumento dell'attività della catalasi (CAT), della capacità antiossidante totale e una riduzione della produzione di ROS (De Oliveira *et al*., 2019).

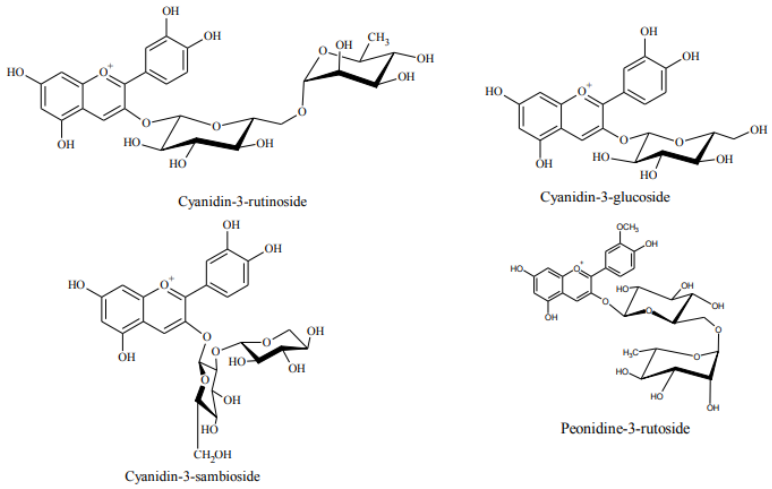

Figura 4. Antociani presenti in *E. oleracea* (de Oliveira *et al*., 2019).

È inoltre presente la sottoclasse dei flavonoli. Questi composti derivano dalla struttura dell'anello benzogammapirone e sono caratterizzati dalla presenza di

gruppi idrossilici (-OH) liberi o legati a gruppi metilici ($-CH_3$), acetilici ($-COCH_3$), solfati ($-SO_3^-$) o glicidici, che modificano le loro proprietà fisiche e biologiche.

Tra i flavonoli più studiati, la quercetina ha suscitato particolare interesse per i suoi effetti sulla modulazione mitocondriale. In studi presenti in letteratura, è stato osservato che la quercetina ripristina la funzione della catena di trasporto degli elettroni mitocondriali e favorisce l'aumento della sintesi di ATP, suggerendo un potenziale beneficio nel trattamento delle disfunzioni energetiche.

Inoltre, un altro flavonolo degno di nota è la taxifolina, che ha dimostrato molteplici benefici per la salute. Essa svolge un ruolo protettivo sul sistema cardiovascolare, riducendo l'apoptosi cardiaca e agisce sullo stress osmotico, inibendo l'accumulo di aldoso-reduttasi e sorbitolo in condizioni di iperglicemia, contribuendo così alla prevenzione delle complicanze diabetiche (De Oliveira *et al*., 2019).

4. PROPRIETÀ

4.1 Attività antiossidante

Il profilo fitochimico evidenzia la ricchezza di composti con predominanza di cianidina-3-*O*-glucoside e cianidina-3-*O*-rutinoside e altri composti fenolici, le cui proprietà antiossidanti e antinfiammatorie risultano di particolare interesse proprio per l'efficacia nel sopprimere le specie reattive dell'ossigeno (ROS) e nell'attuare una up-regulation delle difese immunitarie aumentando la protezione dell'organismo (Martins *et al*., 2022).

I ROS sono generati da molteplici fattori, tra cui la nicotinamide adenina dinucleotide fosfato (NADPH) ossidasi, la xantina ossidasi, la sintasi di ossido nitrico derivato dall'endotelio (NO), la cicloossigenasi e la lipossigenasi durante la riduzione dell'ossigeno, e comprendono radicali liberi instabili come il superossido (O2−) e non radicali liberi come il perossido di idrogeno (H2O2) (De Moura *et al*., 2016).

Alcuni autori hanno testato la capacità di assorbimento dei radicali liberi dell'ossigeno dell'acaì, mediante il saggio ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity), utilizzando come molecola fluorescente la fluoresceina e come tampone il fosfato di potassio. Come standard di riferimento è stata utilizzata la vitamina E.

Questo esperimento ha dimostrato come la capacità antiossidante di açaí sia variabile e dipenda dallo stadio di maturazione, dal clima, dalla posizione geografica, dalle condizioni di crescita, dalla manipolazione post-raccolta, dalla lavorazione industriale della polpa e, soprattutto, dalla variabilità genetica ma che comunque esibisca un'elevata capacità antiossidante (Carvalho *et al*., 2016) (Da Costa Guerra *et al*., 2011).

Sono state testate inoltre le attività biologiche antiossidanti delle proantocianidine, abbondanti nei semi maturi di açaí, analizzando come queste varino durante lo sviluppo.

Mediante i test TEAC, DPPH e TPC, è stata valutata direttamente e indirettamente la capacità antiossidante dell'estratto di açaí.

L'analisi svolta riporta graficamente i livelli del TPC per grammo di seme, che risultano essere più elevati nelle fasi iniziali (S1 e S2) dello sviluppo rispetto alle fasi successive. Si è osservata, invece, una diminuzione del TPC e del potenziale antiossidante dalla fase S2 alle fasi S3 e S4, correlata allo sviluppo dell'endosperma che porta alla riduzione dei polifenoli presenti nel seme (Fig. 5). Le immagini 5D e 5E, i cui risultati si riferiscono al singolo seme, dimostrano come la maggiore quantità di polifenoli e l'attività antiossidante più efficiente siano presenti nella fase finale di crescita, dove infatti vi è un loro progressivo accumulo (Martins *et al*., 2022).

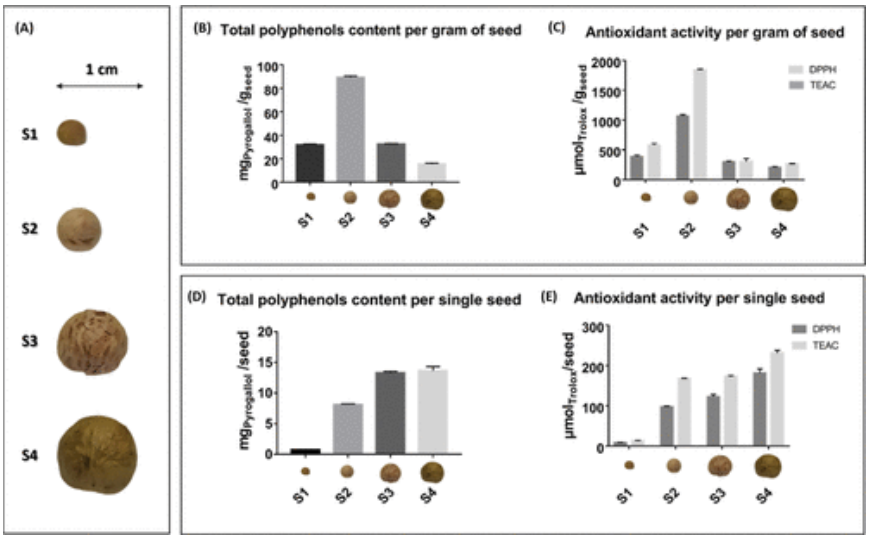

Figura 5. S1 rappresenta lo sviluppo iniziale della divisione cellulare, S2 è la fase in cui avviene l'espansione cellulare, S3 mostra l'ultima fase prima della maturazione e S4 è il frutto completamente maturo. È rappresentato il contenuto totale di polifenoli, l'attività antiossidante (analisi DPPH e TEAC) e le dimensioni per ogni fase di sviluppo dei semi di açaí. (A) Variazione delle dimensioni durante lo sviluppo dei semi di açaí, (B) Risultati Folin-Ciocalteu per grammo di seme, (C) Risultati DPPH e TEAC per grammo di seme, (D) Dati dei risultati Folin-Ciocalteu normalizzati per seme e (E) Risultati DPPH e TEAC normalizzati per seme (Martins *et al*., 2022).

In uno studio condotto da Brunschwig *et al.* (2016) è stato esaminato l'effetto antiossidante mediante un *DNA Nicking Assay*. Gli estratti di radice ottenuti tramite l'utilizzo di acqua e di un solvente organico come l'acetone hanno dato i seguenti risultati: gli estratti acquosi e acetonici hanno avuto un effetto antiossidante a tutte le concentrazioni testate proteggendo la forma I (DNA superavvolto, intatto) dalla degradazione e riducendo la formazione di forma III (DNA lineare, intaccato) proprio come l'antiossidante sintetico Trolox a 1 mg/mL (Fig. 6a).

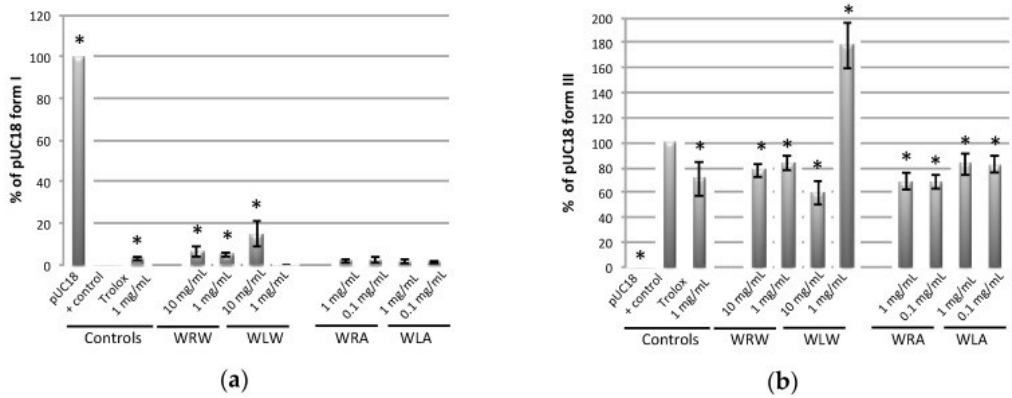

Figura 6. Attività antiossidante degli estratti di *Euterpe oleracea* nel test di rottura del DNA, indicando: (a) protezione della forma superavvolta I; e (b) formazione della forma lineare intaccata III; W: Wassaye (*E. oleracea*); R: radici; L: foglioline; W: acqua; A: acetone/acqua 70/30; (* $p < 0,05$; $n = 3$) (Brunschwig *et al.,* 2016).

Insieme all'analisi effettuata sugli estratti di radice, il test del *DNA Nicking*, per valutare la capacità di una sostanza di proteggere il DNA dai danni, è stato effettuato su estratti di foglioline. Nel caso di estratti acquosi di foglioline l'effetto antiossidante è stato riscontrato a tutte le concentrazioni testate (1 mg/mL e 10 mg/mL), mentre per gli estratti ottenuti con l'acetone l'effetto antiossidante si è osservato a 10 mg/mL ma a concentrazione inferiore di 1 mg/mL l'effetto era proossidante (Fig. 6b).

Dai risultati ottenuti attraverso gli esperimenti effettuati utilizzando foglioline e radici di *Euterpe oleracea*, è stato possibile confermare il loro coinvolgimento nell'attività antiossidante (Brunschwig *et al*., 2016).

4.2 Attività neuroprotettiva

Un fattore spesso citato nell'eziologia delle malattie neurodegenerative è la formazione di radicali liberi e stress ossidativo. Premettendo che gli studi sono limitati, in diverse occasioni è stata evidenziata una correlazione tra il consumo di alimenti ricchi di polifenoli, in particolare flavonoidi, e un minor rischio di sviluppare tali patologie (Fig. 7). Si ritiene che i flavonoidi, in particolare gli antociani, siano efficaci nel contrastare la neurodegenerazione e nel prevenire o rallentare il declino delle funzioni cognitive legate all'età (de Liz *et al*., 2020).

Gli antiossidanti di origine alimentare sono essenziali per la difesa contro lo stress ossidativo e, grazie alla loro varietà, cooperano nel mantenimento della salute grazie ai loro molteplici effetti benefici.

Lo stress ossidativo è un disturbo metabolico causato da specie reattive instabili che danneggiano le cellule attraverso reazioni di ossidoriduzione con molecole organiche. Si ha come conseguenza uno squilibrio delle difese del corpo, la formazione di radicali liberi, l'invecchiamento cerebrale e varie malattie degenerative. Gli antiossidanti endogeni, come enzimi quali superossido desmutasi, catalasi e glutatione perossidasi, ed esogeni, come polifenoli, vitamine e fitosteroli, entrano in azione per neutralizzare questi composti potenzialmente tossici e la loro azione combinata fornisce un'efficace prevenzione contro i danni cellulari.

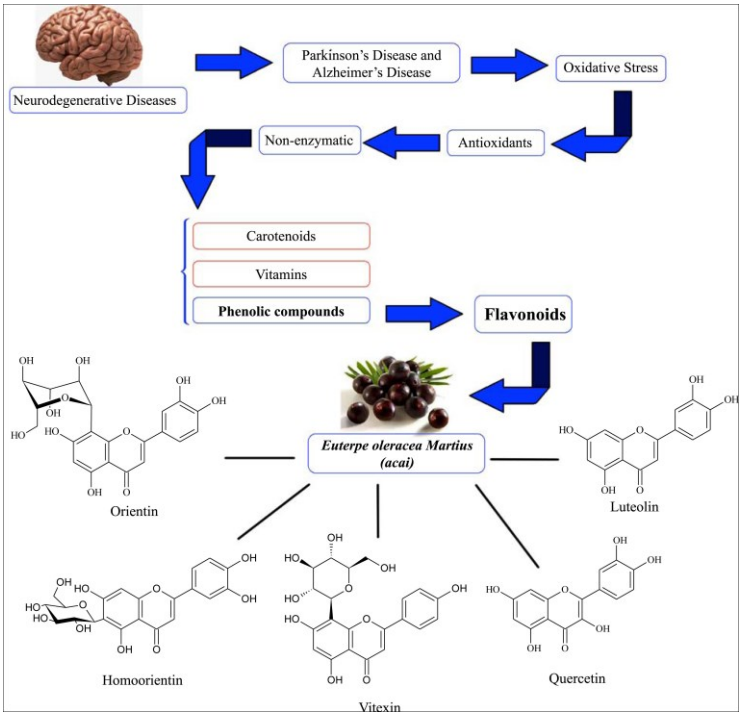

Figura 7. Flavonoidi, derivati dalla bacca di açaí, e loro azione nella protezione delle malattie neurodegenerative (de Oliveira *et al*., 2019).

Le malattie neurodegenerative (NDD) sono condizioni complesse in cui molti processi biologici non sono regolati correttamente a causa di fattori genetici ed ambientali inducendo danni progressivi a livello cerebrale. Queste malattie portano alla degenerazione delle cellule nervose causando un declino graduale delle funzioni cognitive e influenzando la memoria, il comportamento, il

linguaggio e il pensiero dei pazienti. Le NDD più comuni sono il Morbo di Alzheimer, il Morbo di Parkinson e la malattia di Huntington.

La patogenesi di queste malattie ha alcune caratteristiche comuni, come l'infiammazione del sistema nervoso, l'accumulo anomalo di proteine e l'invecchiamento. Il cervello, infatti, con l'avanzamento dell'età e la sua particolare vulnerabilità allo stress ossidativo, si trova di fronte ad un progressivo indebolimento delle difese dell'organismo rendendo necessario un apporto esterno di sostanze antiossidanti. È stato dimostrato che il consumo di alimenti ricchi di polifenoli, specialmente flavonoidi, è associato a una minore incidenza di diverse malattie e il frutto di *Euterpe oleracea* è particolarmente rilevante per il suo elevato contenuto di flavonoidi.

Nello specifico, durante il decorso della malattia del Morbo di Alzheimer (AD) è stata osservata la formazione di placche amiloidi con la conseguente comparsa di grovigli neurofibrillari e una significativa perdita di neuroni. Insieme alla formazione di queste placche si è notata un'aumentata espressione di monoaminossidasi B a livello dell'astroglia, con un aumento nella produzione di perossido di ossigeno, di ROS e una progressiva degradazione della dopamina. Pertanto, è possibile affermare che ci sia una forte evidenza che lo stress ossidativo indotto dalle placche amiloidi sia cruciale nel determinare la patogenesi e la progressione dell'AD.

Relativamente invece al Morbo di Parkinson (PD), questo è caratterizzato dalla progressiva perdita di neuroni dopaminergici attorno alla *substantia nigra* del cervello provocando deficit motori.

Come indicato da Marchioro *et al*. (2016) la terapia chiave per migliorare lo stress ossidativo, presente in entrambe le patologie sopra citate, è quella che ha come obiettivo riparare ed evitare il danno causato dai radicali liberi e dalle specie reattive, proteggendo le cellule dopaminergiche. Nello studio di De Oliveira *et al*. (2019) si propongono gli antiossidanti come potenziali agenti per evitare il danno tissutale mediato dai radicali liberi e dalle specie reattive, nonché per inibire alcuni dei primi eventi degenerativi nel sistema nervoso centrale che porterebbero alla neurodegenerazione (De Oliveira *et al*., 2019).

Tabella 1. Recenti studi sull'effetto neuroprotettivo di *E. oleracea* (de Oliveira *et al*., 2019).

Reference	Majority Compound	Reactive Medium	Form	Dose	Main Observed Effects
Poulose *et al*. [183]	Cyanidin-rutinoside Delphinidin-glucoside	Primary neuronal cells of the rodent hippocampus	Aqueous extract of açaí pulp	1-5 mg/mL	Recovery of brain cells; increase in basal dendrite length and attenuation of autophagic dysfunction.
Ajit *et al*. [184]	Quercetin Cyanidin Rutin Cyanidin-3-O-glucoside	Immortalized rat astrocytes (DI TNC1)	Botanical extract	6.25-50 µg/mL	Regulation of NF-kB and Nrf2/ARE in DI TNC1 astrocytes.
Poulose *et al*. [185]	Cyanidin-rutinoside Catechin Delphinidin-glucoside	19-month-olf Fischer rats	Lyophilized pul poder added to feed	20 g/kg per 6 weeks	Reduction of NOX2 and NF-kB pro-oxidants; regulation of Nrf2 expression in the hippocampus.
Vrbovská and Babincová [83]	–	Liposome-rich environment with induced oxidation	Aqueous extract of açaí fruit	50mL	Protection of substances presente in biological membranes against the adverse effects of free radicals.
Machado *et al*. [186]	–	90-day old male Wistar rats	Açaí fruit pulp	7 µL/g per 14 days	It prevented the inhibition of CK, TBARS, carbonyl and CAT activity in the cerebral córtex, hippocampus and cerebellum.
Carey *et al*. [179]	Cyanidin-rutinoside Catechin Delphinidin-glucoside	19-month-old male Fischer rats	Lyophilized pulp poder added to fedd	20 g/kg per 7 weeks	Improvement in working memory in Morris water maze; Reduction in NO and TNF-α.
Machado *et al*. [174]	Epicatechin p-Coumaric acid Luteolin Apigenin	Cells similar to neurons SHSY5Y	Lyophilized hydroalcoholic extract	5 µg/mL	Potential to increase the amount of protein and the enzymatic activity of mitochondrial complex I in SHSY5Y cells.
Torma *et al*. [86]	Cyanidin 3-glucoside Cyanidin 3-rutinoside Lutein α-carotene β-carotene	Cells similar to neurons SHSY5Y	Hydroethanolic extract of açaí fruit	50 µg/mL	Protective effect (13-62%) on SH-SY5Y cells exposed to H_2O_2.

In conclusione, si può affermare che l'utilizzo di polifenoli presenti nelle piante, come in *E. oleracea*, possa favorire l'inibizione e la prevenzione dell'azione dei radicali liberi in diverse patologie. Infatti, gli estratti di *E. oleracea*, come riportato in Tabella 1, possono aumentare la capacità antiossidante, ridurre lo stress ossidativo, modulare la produzione di ROS e influire sull'espressione dei geni coinvolti nella risposta antiossidante.

4.3 Attività cardioprotettiva

L'esigenza di individuare nuovi agenti cardioprotettivi, in grado di contrastare l'elevato tasso di mortalità correlato alle malattie cardiovascolari, ha focalizzato l'attenzione sulla valutazione delle potenzialità dell'açaí (Fig. 8). Lo stato della prevenzione e del trattamento, infatti, sono subottimali e le richieste per opzioni terapeutiche alternative sono andate crescendo come evidenziato dagli studi che

riguardano la gestione e la prevenzione delle malattie cardiovascolari (Shin *et al*.,2022; Saeed *et al*., 2017; Nitsa *et al*., 2018).

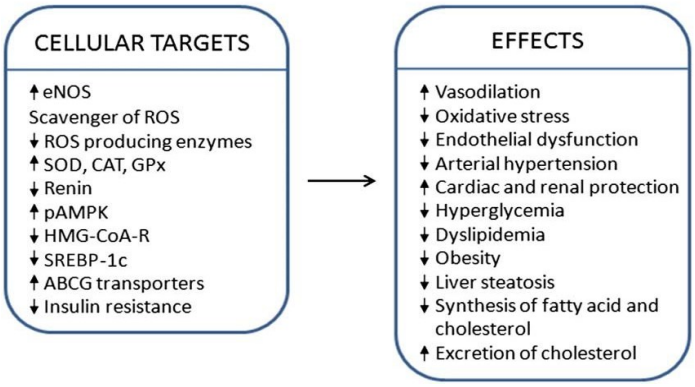

Figura 8. Target cellulari per l'açaí e corrispondenti effetti cardiovascolari, renali e metabolici. SREBP-1c, proteina legante l'elemento regolatore degli steroli-1c (de Moura *et al*., 2016).

Gli effetti di acido gallico e di antociani sono stati testati nello studio effettuato da Figueiredo *et al*. (2022) su ratti Wistar maschi trattati con polpa di açaí ricca dei composti sopra citati. Questo ha permesso di valutare gli effetti di açaí su modelli animali nel rimodellamento cardiaco ottenendo come risultato l'attenuazione di questo fenomeno dopo l'infarto miocardico. Gli studi sono stati accompagnati da altre ricerche come quelle svolte da Vilhena *et al*. (2021) e Lavorato *et al*. (2021) che hanno riportato risultati simili confermando l'ipotesi iniziale (Laurindo *et al*., 2023).

In Figura sono illustrati i potenziali effetti cardioprotettivi dell'açaí.

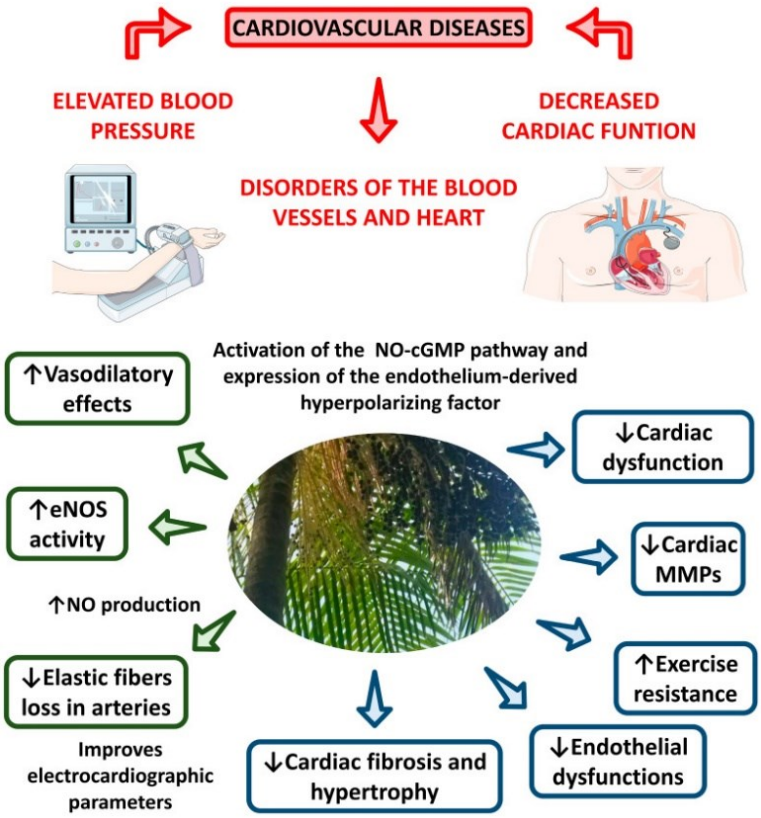

Figura 9. Potenziali effetti dell'açaí contro le malattie cardiovascolari (CVD) e i fattori di rischio cardiovascolari. L'açaí migliora la funzione cardiaca, riduce la fibrosi cardiaca, esercita effetti vasodilatatori, diminuisce la disfunzione endoteliale e migliora la resistenza all'esercizio fisico.
Simboli e abbreviazioni: ↑: aumento; ↓: diminuzione; eNOS: ossido nitrico sintasi endoteliale; MMP: metalloproteinasi della matrice (Laurindo *et al.,* 2023).

Un'ulteriore conferma sull'utilizzo di açaí come sostanza cardioprotettiva, è fornita dallo studio di de Moura *et al.* (2016) la cui analisi sottolinea un effetto positivo sulle cellule endoteliali trattate con polpa o buccia di açaí. I polifenoli contenuti all'interno del frutto hanno un effetto vasodilatatore che stimola la produzione endoteliale di ossido nitrico (NO) portando al rilassamento endotelio-dipendente, riducendo le specie reattive dell'ossigeno e regolando i principali obiettivi associati al metabolismo lipidico in diverse condizioni.

Tra le 3 isoforme presenti di acido nitrico sintasi, la eNOS è quella espressa principalmente nelle cellule endoteliali e sintetizza NO dipendentemente da Ca^{2+}/calmodulina: l'ossigeno molecolare, presente nel centro catalitico di eNOS, viene utilizzato per sintetizzare il NO tramite due ossigenazioni successive dell'L-

arginina. Cofattore essenziale per l'attivazione corretta di eNOS e la produzione di NO, è la tetraidrobiopterina (BH4).

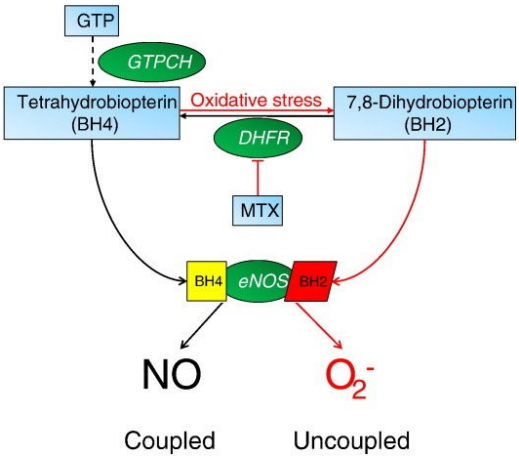

Figura 10. Rappresentazione schematica del percorso di riciclo della BH4 e del legame dell'eNOS. La BH4 viene sintetizzata de novo a partire dal GTP attraverso una serie di reazioni che coinvolgono la GTPCH, la 6-piruvoiltetraidropterina sintasi e la sepiapterina reduttasi (− − −). La DHFR può rigenerare la BH4 dalla BH2 come parte del percorso di riciclo. Sia la BH4 che la BH2 si legano all'eNOS con la stessa affinità, tuttavia, l'eNOS legata alla BH4 produce NO, mentre l'eNOS legata alla BH2 promuove il disaccoppiamento e la produzione di superossido derivato dall'eNOS anziché NO (Crabtree *et al*., 2011).

Nelle patologie in cui si verifica un aumento della formazione di ROS, principalmente indotto dall'attività della NADPH ossidasi, la BH4 può essere un bersaglio e quando viene ossidata genera diidrobiopterina (BH2) (Fig.10). Nonostante la BH2 non possa attivare la sintesi di NO, può competere però con la BH4 nel dominio ossigenasico N-terminale dell'eNOS, riducendo NO e portando alla produzione di O_2 dal dominio ossigenasico, trasformando così l'eNOS in un enzima produttore di O_2, contribuendo all'avanzamento della patologia.

Pertanto, l'eNOS gioca un ruolo cruciale nel mantenimento della normale funzione cardiovascolare, e la sua disfunzione è strettamente associata alla patofisiologia di diverse malattie cardiovascolari, tra cui l'ipertensione e l'aterosclerosi. Di conseguenza, i farmaci che modulano l'attività dell'eNOS rappresentano potenziali strumenti terapeutici nel trattamento di queste patologie.

Studi sugli effetti dell'estratto di semi di açaí (ASE) hanno dimostrato che la sua attività vasodilatatrice dei vasi mesenterici isolati dai ratti, dipende dall'integrità dell'endotelio. Questa risposta vasodilatatoria endotelio-dipendente è associata alla sintesi di NO, dato che l'inibizione dell'eNOS, tramite L-NAME, riduce significativamente l'effetto vasodilatatore.

Al momento, il meccanismo di attivazione dell'eNOS da parte dell'ASE non è noto, ma probabilmente coinvolge la partecipazione dell'AMPK, poiché l'ASE aumenta la fosforilazione e l'attivazione dell'AMPK in ratti diabetici e in topi trattati con dieta ricca di grassi, portando potenzialmente alla fosforilazione del residuo di serina 1177, un modulatore importante dell'attivazione dell'eNOS (De Moura *et al*., 2016).

5. PRODOTTI IN COMMERCIO

La “bacca” di açaí presenta un'elevata deperibilità che impone una trasformazione rapida del frutto in polpa entro 24 ore dalla raccolta. Nonostante la refrigerazione possa rallentare il processo di deterioramento, la polpa, anche se conservata a basse temperature, ha una durata massima di 12 ore. Pertanto, per garantire la qualità del prodotto, è necessario procedere con il congelamento della polpa.

In assenza di un consumo tempestivo, la polpa può essere ulteriormente lavorata per la produzione di succhi, liquori, gelati e altri prodotti derivati, noti per la loro elevata concentrazione di antociani (Vieira *et al*., 2017).

Nel corso degli anni, la commercializzazione dell’açaí ha subito un'evoluzione significativa, con lo sviluppo di una varietà di prodotti destinati a soddisfare una vasta gamma di preferenze dei consumatori. La forma più comune di commercializzazione è rappresentata dalla polvere, ottenuta attraverso il processo di disidratazione della polpa, seguito da una macinazione fine. Numerose aziende hanno ampliato la loro offerta producendo succhi, talvolta sottoposti a pastorizzazione per garantirne una maggiore durata di conservazione, preservando al contempo le proprietà nutritive del frutto.

Un ulteriore sviluppo nel mercato riguarda l’estrazione dell'olio dai semi di açaí, che risulta un prodotto concentrato e ricco di grassi essenziali. Grazie alle sue proprietà antiossidanti e idratanti, questo olio trova applicazione anche nel settore cosmetico, dove viene utilizzato non solo per la cura della pelle, ma anche per la salute dei capelli. Infine, l’açaí è disponibile in commercio anche sotto forma di capsule contenenti estratti secchi del frutto, rappresentando una formulazione pratica per coloro che desiderano usufruire delle sue potenzialità nutraceutiche in modo concentrato (Carvalho *et al*., 2016).

6. LIMITAZIONI DEGLI STUDI

Nonostante la notevole quantità di polifenoli presente nel frutto di *E. oleracea* costituisca un grande potenziale, la ricerca e di conseguenza le tecnologie nell'industria alimentare per l'estrazione e l'isolamento dei singoli componenti non sono ancora sufficientemente sviluppate per permettere il mantenimento delle loro proprietà.

I risultati degli studi condotti nel 2019 da Lee sottolineano la necessità di migliorare e standardizzare la biodisponibilità degli antociani nei prodotti commerciali di açaí poiché i processi tecnologici odierni non garantiscono sicurezza assoluta sulla loro preservazione (Lee *et al*., 2019).

A tal proposito si stanno impiegando risorse per individuare nuove metodologie per l'essicazione del frutto, è infatti l'aumento della temperatura durante l'essicazione che potrebbe contribuire alla degradazione o al danneggiamento dei nutrienti. Negli ultimi anni è stata apprezzata maggiormente come tecnica di essicazione il metodo di liofizzazione poiché consente di mantenere il contenuto di carotenoidi invariato (Lucas *et al*., 2018).

La possibilità di un utilizzo integrale del frutto in un'ottica di economia circolare caratterizza tutti i settori con l'obiettivo di ridurre l'impatto ambientale dirigendosi verso la politica del sostenibile. Come già intrapreso da alcune aziende quali *Amazonas Naturprodukte Handels GmbH, Very Açai* e *Tropical Food Machinery*, è necessario impiegare più risorse con il fine di incoraggiare studi in questo ambito che costituisce ancora oggi una delle sfide più significative nella lavorazione dell'açaí. In base a quanto riportato da Martins *et al*. (2022), a testimoniare che esistono pochi metodi di smaltimento appropriati, annualmente solo una porzione esigua del totale di semi, che si aggira attorno a 1,44 milioni di tonnellate, viene bruciata per la produzione di energia o utilizzata come fertilizzante o tostata per un suo uso alimentare (Martins *et al*., 2022).

L'aumentata notorietà di questo frutto ha comportato una crescente domanda spingendo la produzione agricola ai suoi limiti, con conseguenze negative per il territorio.

Si hanno pertanto fenomeni quali la deforestazione, condizioni di lavoro non adeguate, una diminuzione della biodiversità e un cambiamento dell'aspetto del territorio, infine, il costo elevato del prodotto lo rende un cibo non accessibile a tutti. L'attenzione verso la coltivazione e il consumo di questo frutto si estende anche al suo impatto diretto sulle comunità indigene. Secondo la Fondazione *Slow Food*, infatti, il frutto e il succo di açaí rappresentano una componente fondamentale della dieta quotidiana delle popolazioni che abitano le foreste (Fondazione Slow Food, 2018).

Tuttavia, un aspetto critico da approfondire riguarda le modalità e le condizioni lavorative legate alla sua raccolta. In particolare, i rapporti del 2023 dell'organizzazione *Freedom United* hanno evidenziato come il coinvolgimento di bambini in queste attività comporti il rischio di subire fratture ossee, ferite e morsi di animali velenosi, oltre ad altri pericoli (FreedomUnited.org, 2019). La ricerca di chiarimenti sulle prese di posizione volte a evitare il lavoro minorile ha rivelato l'assenza di adeguate precauzioni per mitigare questo rischio.

Purtroppo, il lavoro minorile non è un evento raro nelle regioni dell'Amazzonia, e come riportato dall'associazione no profit, "la povertà è il motore che spinge le famiglie ad inserire i minori in un ambiente lavorativo di sfruttamento", è quindi urgente agire per garantire condizioni di lavoro dignitose e porre fine allo sfruttamento minorile. Una speranza viene data dal governo brasiliano che, insieme ai coltivatori, sta lavorando per implementare misure che proteggano i minori e promuovano un'agricoltura sostenibile.

7. SVILUPPI FUTURI

Il frutto di açaí è già stato riconosciuto come *superfood* proprio per le qualità esplicitate fino ad ora che possono essere impiegate, come riporta la revisione presa in esame (Laurindo *et al*., 2023), in ambito industriale e farmaceutico oltre che in ambito alimentare sia umano che animale ed anche come possibile risorsa in ambito chirurgico dove il seme e la polpa vengono impiegati nella costruzione di materiali.

Nel settore alimentare lo studio di Boeira *et al*. (2020) ha indagato l'utilizzo della polpa di açaí nella produzione di bevande alcoliche e si è dimostrata la presenza di attività antiossidante data l'identificazione dei composti bioattivi quercetina e di derivati dell'acido gallico.

La ricerca ha portato alla scoperta di un altro alimento funzionale derivato dai semi di açaí, quale l'inulina che si trova nella farina di açaí insieme a fibre in percentuale di 33.80%, alti livelli di acido oleico (20,4%) e acido linoleico (16.4%) oltre che potassio, calcio, magnesio, manganese e ferro. Tenendo conto che i semi sono un prodotto di scarto la possibilità di poter ricavare una fonte di oligosaccaridi è degno di nota.

Relativamente all'alimentazione animale, nello specifico dei gamberetti bianchi (*Litopenaeus vannamei*), è stata considerata l'introduzione dell'açaí liofilizzata. Ciò ha dato riscontri positivi, in quanto si è osservato un aumento dei livelli di flavonoidi, coinvolti nella resistenza alle condizioni di stress senza alcuna influenza nella crescita dell'animale. È stato valutato nello studio Silva *et al*. (2020) l'utilizzo di olio di semi di açaí nella dieta di galline ovaiole con l'obiettivo di migliorare la qualità delle uova. I dati hanno dimostrato un effettivo miglioramento delle uova grazie alla stimolazione di risposte antiossidanti e un aumento delle dimensioni delle uova. Tuttavia, si sono riscontrati casi di prolasso rettale causato proprio dalle dimensioni eccessive di queste.

È stato testato anche come mangime per pecore, in sostituzione del fieno, e per pulcini con l'associazione di farina di semi e frutta secca. I risultati hanno indicato

un miglioramento delle prestazioni degli animali nella crescita e una riduzione dello stress ossidativo.

Un aspetto essenziale per l'industria alimentare è lo sviluppo del packaging, poiché svolge un ruolo cruciale nella conservazione dei prodotti e nel garantire la sicurezza dei consumatori. Negli ultimi anni, infatti, l'utilizzo di composti naturali negli imballaggi ha guadagnato notevole attenzione come mezzo per evitare contaminazioni chimiche.

In ambito biotecnologico all'interno dello studio di Silva *et al*. (2019) si è sperimentata la creazione di sensori di pH a partire da nanofibre dall'estratto della polpa di açaí, il cui viraggio di colore, in risposta alla variazione di pH, rappresenta una possibile opzione nel garantire sicurezza nelle scelte alimentari da parte del consumatore (Silveira *et al*., 2023).

La ricerca si è applicata anche nel settore energetico grazie a un gruppo di ricercatori (Pessôa *et al*., 2019) che hanno studiato l'utilizzo dei semi di açaí come biomassa in un gassificatore per produrre biochar, materiale ricco di carbonio, poi impiegato per assorbire il blu di metilene nelle acque reflue (Fig. 11). Il prodotto ha dimostrato un'elevata capacità di assorbimento e riciclabilità costituendo un'ottima alternativa nella possibile risoluzione dell'inquinamento di effluenti industriali (Ramirez *et al*., 2022).

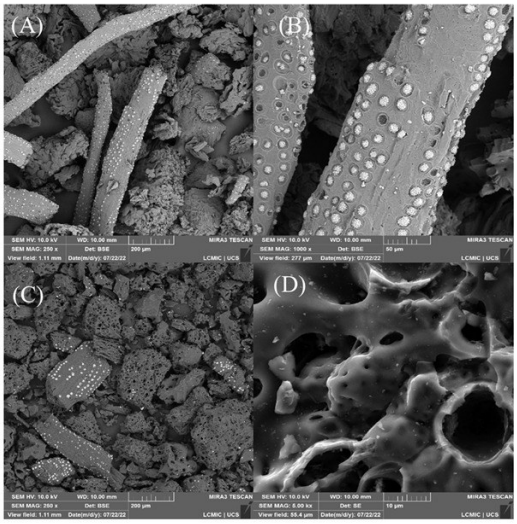

Figura 11. Micrografie della superficie del materiale prima (A,B) e dopo la carbonizzazione (C,D). La superficie dei semi di açaí dopo il trattamento presenta nuove porosità, efficienti nell'ospitare molecole di 2,4-diclorofenossiacido acetico (2,4-D), risultando funzionali nella fase di rimozione dall'ambiente di questo erbicida (Ramirez *et al*., 2022).

Sono stati ottenuti brevetti sull'applicazione in ambito medico; infatti, l'utilizzo della polpa di açaí è stato testato come rete chirurgica in un biopolimero biodegradabile utilizzato come impianto per chiudere difetti nelle pareti e nelle cavità del corpo (Alves *et al*., 2019).

Le numerose possibili applicazioni si scontrano con la carenza di informazioni riguardanti la tossicità dell'açaí. Il lavoro svolto da Marques *et al.* (2017), ha voluto focalizzarsi sulla sicurezza dell'uso esclusivo dell'olio di açaí su colture cellulari umani, valutandone gli effetti citotossici, genotossici e antigenotossici. I risultati hanno mostrato che nessuna delle concentrazioni testate ha presentato effetti citotossici. Sebbene si possa affermare che l'açaí sia generalmente sicuro, sono necessari ulteriori dati per determinare in modo conclusivo la sua tossicità (Laurindo *et al*., 2023).

8. CONCLUSIONI

L'approccio integrato, che combina l'analisi fitochimica e la valutazione delle attività biologiche, si è rivelato fondamentale per comprendere il potenziale terapeutico della "bacca" di açaí esaminando l'azione sinergica dei diversi composti presenti nel frutto.

Tuttavia, la diversa attività dei fitocostituenti quali antocianine, fenoli e proantocianidine, vitamina C e B, minerali quali magnesio e potassio, fibre e acidi grassi essenziali (omega 6 e omega 9), responsabili degli effetti benefici di questo frutto, dovrebbe essere valutata con ulteriori approcci sperimentali per definire in modo più completo il profilo antiossidante e antinfiammatorio di ciascun componente.

I risultati raccolti fino ad ora non hanno rilevato alcuna potenziale tossicità alle concentrazioni di açaí del 10% e del 25%. Sono necessari però ulteriori studi e approfondimenti per determinare in modo definitivo la sua sicurezza e nel caso in cui non si riscontrino effetti indesiderati, si può assegnare a questa pianta un futuro promettente nella promozione della salute e nella prevenzione delle malattie.

I dati riportati nel presente elaborato evidenziano come le fonti naturali stiano diventando un settore in cui investire e che possa fornire una valida alternativa. Pur offrendo potenziali benefici per la salute è da tenere a mente che nei casi gravi di pazienti affetti, ad esempio, da malattie cardiovascolari o neurologiche, l'intervento con trattamenti medici tradizionali risulta non sostituibile da altri approcci terapeutici. Ciò non toglie che questo frutto possa dare un supporto ai normali trattamenti medici.

L'efficacia e potenzialità di questo frutto sono però in contrasto con i risvolti negativi legati alla sua coltivazione e allo sfruttamento del terreno amazzonico finalizzato alla produzione di quantità di frutto sufficienti a soddisfare le richieste dei paesi importatori; pertanto, sollecitare programmi di ricerca è fondamentale, ponendosi l'obiettivo del rispetto ambientale e della necessità di riuscire a recuperare più parti possibili del frutto dando loro un nuovo futuro.

9. BIBLIOGRAFIA

Agawa S, Sakakibara H, Iwata R, Shimoi K, Hergesheimer A, Kumazawa S. (2011) Anthocyanins in Mesocarp/Epicarp and Endocarp of Fresh Acai (*Euterpe oleracea* Mart.) and their Antioxidant Activities and Bioavailability. Food Science and Technology Research.

Alves AMN, Yasojima EY, Dias CGBT, Bastos GDNT, Santos MEM, Brito MVH. (2019) Tela Cirúrgica de Biopolímero Vegetal Biodegradável de Açaí (*Euterpe Oleracae*) e/ou Babaçu (*Orbignya Phalerata*) (Patent No. BR 102017014605- 7). Instituto Nacional da Propriedade Industrial

Boeira LS, Freitas PHB, Uchôa NR, Bezerra JA, Cád SV, Junior SD, Maciel LR. (2020) Chemical and sensorial characterization of a novel alcoholic beverage produced with native acai (*Euterpe precatoria*) from different regions of the Amazonas state. LWT. 117, 108632

Brunschwig C, Leba L, Saout M, Martial K, Bereau D, Robinson J. (2016) Chemical Composition and Antioxidant Activity of *Euterpe oleracea* Roots and Leaflets. International Journal of Molecular Sciences.18(1), 61

Carvalho AV, Da Silveira TFF, De Andrade Mattietto R, De Oliveira MDSP, Godoy HT. (2016) Chemical composition and antioxidant capacity of açaí (*Euterpe oleracea*) genotypes and commercial pulps. Journal of the Science of Food and Agriculture. 97(5), 1467–1474

Chin YW, Chai HB, Keller WJ, Kinghorn AD. (2008) Lignans and other constituents of the fruits of *Euterpe oleracea* (Acai) with antioxidant and cytoprotective activities. J Agric Food Chem. 56(17):7759-7764

Crabtree MJ, Hale AB, Channon KM. Dihydrofolate reductase protects endothelial nitric oxide synthase from uncoupling in tetrahydrobiopterin deficiency. Free Radic Biol Med. 50(11):1639-1646

Da Costa Guerra JF, De Brito Magalhães CL, Costa DC, Silva ME, Pedrosa ML. (2011) Dietary açai modulates ROS production by neutrophils and gene expression of liver antioxidant enzymes in rats. Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition. 49(3)

de Liz S, Cardoso AL, Copetti CLK, Hinnig PF, Vieira FGK, da Silva EL, Schulz M, Fett R, Micke GA, Di Pietro PF. (2020) Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) and juçara (*Euterpe edulis* Mart.) juices improved HDL-c levels and antioxidant defense of healthy adults in a 4-week randomized cross-over study. Clin Nutr.

De Moura RS, Resende ÂC. (2016) Cardiovascular and Metabolic Effects of Açaí, an Amazon Plant. Journal of Cardiovascular Pharmacology. 68(1), 19-26

de Oliveira NKS, Almeida MRS, Pontes FMM, Barcelos MP, de Paula da Silva CHT, Rosa JMC, Cruz RAS, da Silva Hage-Melim LI. (2019) Antioxidant

Effect of Flavonoids Present in *Euterpe oleracea* Martius and Neurodegenerative Diseases: A Literature Review. Central nervous system agents in medicinal chemistry. 19(2):75-99

Eseberri I, Trepiana J, Léniz A, Gómez-García I, Carr-Ugarte H, González M, Portillo MP. (2022) Variability in the Beneficial Effects of Phenolic Compounds: A Review. Nutrients. 14(9):1925

Figueiredo AM, Cardoso AC, Pereira BLB, Silva RAC, Ripa AFGD, Pinelli TFB, Oliveira BC, Rafacho BPM, Ishikawa LLW, Azevedo PS, Okoshi K, Fernandes AAH, Zornoff LAM, Minicucci MF, Polegato BF, Paiva SAR. (2022) Açai supplementation (*Euterpe oleracea* Mart.) attenuates cardiac remodeling after myocardial infarction in rats through different mechanistic pathways. PloS one. 17(3):e0264854

Gordon A, Cruz AP, Cabral LM, de Freitas SC, Taxi CM, Donangelo CM, de Andrade Mattietto R, Friedrich M, da Matta VM, Marx F. (2012) Chemical characterization and evaluation of antioxidant properties of açaí fruits (*Euterpe oleraceae* Mart.) during ripening. Food chemistry. 133(2):256-263

Gouvêa ACMS, Araujo MCPD, Schulz DF, Pacheco S, Godoy RLDO, Cabral LMC. (2012) Anthocyanins standards (cyanidin-3-O-glucoside and cyanidin-3-O-rutinoside) isolation from freeze-dried açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.) by HPLC. Food Science and Technology

Laurindo LF, Barbalho SM, Araújo AC, et al. (2023) Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) in Health and Disease: A Critical Review. Nutrients. 15(4):989

Lavorato VN, Miranda DC, Isoldi MC, Drummond FR, Soares LL, Reis ECC, Pelúzio MDCG, Pedrosa ML, Silva ME, Natali AJ. (2021) Effects of aerobic exercise training and açai supplementation on cardiac structure and function in rats submitted to a high-fat diet. Food research international. 141, 110168

Lee J. (2019) Anthocyanins of açai products in the United States. NFS journal, 14

Liu WY, Wang X, Ren J, Zheng CD, Wu HS, Meng FT, Ling K, Qi XY, Zhou M, Wang Y, Gu RZ, Han LJ, Zhang YJ. (2023) Preparation, characterization, identification, and antioxidant properties of fermented acaí (*Euterpe oleracea*). Food science & nutrition. 2925–2941

Lucas BF, Zambiazi RC, Costa JAV. (2018) Biocompounds and physical properties of açaí pulp dried by different methods. Lwt. Volume 98

Marchioro M, Dani C, Funchal C. (2016) Efeito dos antioxidantes exógenos em modelos experimentais da doença de Parkinson. Ciência em Movimento,[SL]. 18,36

Marques ES, Tsuboy MSF, Carvalho JCT, Rosa PCP, Perazzo FF, Gaivão IOM, Maistro EL. (2017) First cytotoxic, genotoxic, and antigenotoxic assessment of

Euterpe oleracea fruit oil (açaí) in cultured human cells. Genetics and molecular research. 16(3):10.4238

Martins GR, Mattos MMG, Nascimento FM, Brum FL, Mohana-Borges R, Figueiredo NG, Neto DFM, Domont GB, Nogueira FCS, de Paiva Campos FA, Sant'Ana da Silva A. (2022) Phenolic Profile and Antioxidant Properties in Extracts of Developing Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) Seeds. Journal of agricultural and food chemistry. 70(51):16218-16228

Morais RA, Teixeira GL, Ferreira SRS, Cifuentes A, Block JM. (2022) Nutritional Composition and Bioactive Compounds of Native Brazilian Fruits of the Arecaceae Family and Its Potential Applications for Health Promotion. Nutrients. 27: 4009-4015

Nitsa A, Toutouza M, Machairas N, Mariolis A, Philippou A, Koutsilieris M. (2018) Vitamin D in Cardiovascular Disease. In Vivo. 32, 977–981

Pessoa TS, de Lima Ferreira LE, da Silva MP, Neto LMP, do Nascimento BF, Fraga TJM, da Motta Sobrinho MA. (2019) Açaí waste beneficing by gasification process and its employment in the treatment of synthetic and raw textile wastewater. Journal of cleaner production. 118047

Ramirez R, Schnorr CE, Georgin J, Netto MS, Franco DSP, Carissimi E, Wolff D, Silva LFO, Dotto GL. (2022) Transformation of Residual Açai Fruit (*Euterpe oleracea*) Seeds into Porous Adsorbent for Efficient Removal of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid Herbicide from Waters. Molecules. 27(22):7781

Saeed A, Kampangkaew J, Nambi V. (2017) Prevention of Cardiovascular Disease in Women. Methodist Debakey Cardiovasc. J. 13, 185–192

Shin GC, Lee HM, Kim N, Yoo SK, Park HS, Choi LS, Kim KP, Lee AR, Seo SU, Kim KH. (2022) Paraoxonase-2 contributes to promoting lipid metabolism and mitochondrial function via autophagy activation. Scientific reports. 12(1):21483

Silva CKD, Mastrantonio DJDS, Costa JAV, Morais MG. (2019) Innovative pH sensors developed from ultrafine fibers containing açaí (*Euterpe oleracea*) extract. Food chemistry. 294:397-404

Silva SM, Ramos PB, Buitrago JR. (2020) Zootechnical performance, biochemical response, and chromaticity in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) (Boone, 1931) after the inclusion of lyophilized açaí (*Euterpe oleracea*) in the diet. Aquacult Int. 1563–1577

Silveira JTD, Rosa APCD, Morais MG, Victoria FN, Costa JAV. (2023) An integrative review of Açaí (*Euterpe oleracea* and *Euterpe precatoria*): Traditional uses, phytochemical composition, market trends, and emerging applications. Food research international. 173(Pt 1):113304

Vieira GS, Marques ASF, Machado MTC, Silva VM, Hubinger MD. (2017) Determination of anthocyanins and non-anthocyanin polyphenols by ultra performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry (UPLC/ESI-MS) in jussara (*Euterpe edulis*) extracts. Journal of food science and technology. 54(7):2135-2144

Vilhena JC, Lopes de Melo Cunha L, Jorge TM, de Lucena Machado M, de Andrade Soares R, Santos IB, Freitas de Bem G, Fernandes-Santos C, Ognibene DT, Soares de Moura R, de Castro Resende A, Aguiar da Costa C. (2021) Açaí Reverses Adverse Cardiovascular Remodeling in Renovascular Hypertension: A Comparative Effect With Enalapril. Journal of cardiovascular pharmacology. 77(5):673-684

10. SITOGRAFIA

Açaí solitário - Arca del Gusto - Fondazione Slow Food. (2018, December 13). Fondazione Slow Food. https://www.fondazioneslowfood.com/it/arca-del-gusto-slow-food/acai-

Acta Plantarum. (s.d.). Da https://www.actaplantarum.org/.

Ecosostenibile. (2022, December 8). Euterpe oleracea. Un Mondo Ecosostenibile. https://antropocene.it/2018/11/22/euterpe-oleracea/

Fondazione Slow Food. (s.d.). Açaí solitario. Da https://www.fondazioneslowfood.com/it/arca-del-gusto-slow-food/acai-solitario/.

Ultimi aggiornamenti sulla lotta alla schiavitù moderna - FreedomUnited.org. (2019, December 13). FreedomUnited.org. https://www.freedomunited.org/it/news/lavoro-forzato-lavoro-pericoloso-qatar/