Owoce açaí – potencjał terapeutyczny bazujący na profilu fitochemicznym surowca i współczesnych badaniach farmakologicznych

Marta Wojciechowska¹, Izabela Grzegorzczak-Karolak¹

¹ Zakład Biologii i Botaniki Farmaceutycznej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi

Adres do korespondencji: Marta Wojciechowska, Zakład Biologii i Botaniki Farmaceutycznej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, ul. Muszyńskiego 1, 90-151 Łódź, e-mail: marta.wojciechowska2@stud.umed.lodz

Açaí – therapeutic capability based on a phytochemical profile and current pharmacological studies · *Euterpe oleracea* is a plant native to Central and northern South America. In this area, fruits of the species, called açaí, are traditionally used as a nutrient and as a medicinal raw material. Their health-promoting activities are based on the rich nutritional properties and high content of antioxidants such as anthocyanins, flavonoids and phenolic acids. In recent years, there has been a growing interest in açaí fruit around the world, including our country. In response to this interest, this review summarizes the knowledge on the phytochemistry, use, pharmacological properties and safety of usage of the raw material.

Keywords: açaí, *Euterpe oleracea*, antioxidant, polyphenols, dietary supplement.

© Farm Pol, 2019, 75 (3): 134–147

Wstęp

W dzisiejszych czasach społeczeństwo coraz bardziej zwraca uwagę na zdrowy tryb życia, na który składa się aktywność fizyczna, odpowiednia ilość snu i zrównoważona dieta. Co za tym idzie – coraz większą popularnością cieszą się produkty nieprzetworzone, pochodzenia naturalnego, nie tylko w sferze żywieniowej, ale także zdrowotnej. Na polskim rynku pojawia się bardzo wiele suplementów diety, koktajli energetycznych, soków, dodatków do żywności czy kosmetyków, które zawierają składniki pochodzenia roślinnego, a wśród nich te obce naszej florze i spopularyzowane w Europie dopiero w ciągu ostatnich lat. Niektóre z nich, w tym: jagody goji, nasiona chia oraz açaí, zaliczane są do grupy określanej mianem „super żywności” (*superfoods*). Są to produkty, które zawierają duże ilości składników odżywczych, dzięki czemu mają korzystny wpływ na stan zdrowia spożywającego je

człowieka. Wśród nich można wymienić: tłuszcze nienasycone, błonnik, witaminy, składniki mineralne, aminokwasy, przeciwutleniacze czy fitosterole [1].

Euterpa warzywna (*Euterpe oleracea* Mart.) jest jednym z ośmiu gatunków należących do rodzaju *Euterpe* w rodzinie Arekowatych (*Arecaceae*). Występuje ona w Ameryce Środkowej oraz północnych rejonach Ameryki Południowej, a najbardziej obficie zasiedla obszary zalewowe Amazonki [2, 3]. W północnej części Brazylii jest gatunkiem szczególnie istotnym pod względem ekonomicznym i społecznym. Mianem açaí określane są owoce *E. oleracea* oraz innego gatunku – *E. precatoria* [4]. Rosnące w ciągu ostatniego dziesięciolecia zainteresowanie euterpą warzywną skutkowało licznymi badaniami z zakresu analizy składu jakościowego i ilościowego owoców oraz ich aktywności.

W medycynie tradycyjnej açaí było stosowane jako remedium na problemy trawienne, biegunki, robaczycę oraz aplikowane zewnętrznie na różnego rodzaju problemy skórne [5]. Ponadto, pozyskiwany z owoców sok był używany przez najbardziej potrzebujących mieszkańców Brazylii jako środek na gripę, gorączkę oraz towarzyszące im bóle [3, 6]. Również na terenie peruwiańskiej Amazonii napary z opieczonych, rozdrobnionych nasion euterpy stosowano w celu obniżenia temperatury ciała. W latach 90. XX w. napoje na bazie jagód açaí stały się bardzo popularne wśród brazylijskich surferów. Zauważyli oni, że po takiej suplementacji ich aktywność utrzymywała się przez dłuższy czas na wysokim poziomie i nie musieli często spożywać posiłków [7]. Na terenach Gujany Francuskiej w medycynie tradycyjnej stosuje się z kolei korzenie *E. oleracea* jako środek przeciwmalaryczny, ale zazwyczaj w skojarzeniu z innymi roślinami leczniczymi, takimi jak: Melonowiec właściwy (*Carica papaya*) czy Gorzklą

właściwa (*Quassia amara*). Są również doniesienia na temat zastosowania tych gatunków w leczeniu leishmaniozy przy podaniu podskórnym [8]. Obecnie uważa się, że stosowanie jagód acai wspomaga utratę wagi, procesy trawienne oraz hamuje starzenie się organizmu [9]. Ponadto, mają one działanie antyoksydacyjne, kardioprotekcyjne, przeciwzapalne, a nawet przeciwnowotworowe [10]. Aktywności te związane są z obecnością w miąższu, który cieszy się największym zainteresowaniem, związków antyoksydacyjnych, takich jak: antocyjany, kwasy fenolowe, flawonoidy, karotenoidy. Innymi substancjami obecnymi w acai są: kwasy tłuszczowe, aminokwasy, lignany, liczne składniki mineralne, witaminy oraz błonnik. W sumie do tej pory w surowcu zidentyfikowano ponad 90 związków aktywnych [1, 3, 7, 8].

Celem niniejszej pracy było przedstawienie aktualnego stanu wiedzy na temat owoców acai, charakterystyki surowców, z których są one pozyskiwane, ich składu chemicznego, spektrum aktywności farmakologicznej oraz form i bezpieczeństwa ich stosowania.

Charakterystyka botaniczna gatunku

Euterpe oleracea jest rośliną jednopienną. Rośnie w kępach złożonych nawet z 25 łodyg, z czego każda może osiągać do 20 metrów wysokości oraz do 18 cm średnicy. Liście są zgrupowane po 8–14 na każdej łodydze, pierzastozłożone, ułożone skrętolegle. Kwiatostan leży poniżej liści i jest przez nie osłaniany przed słońcem. 80% kwiatostanu stanowią kwiaty męskie. W pewnej jego części pojedyncze kwiaty żeńskie są oskrzydłone dwoma kwiatami męskimi, a na samym końcu szypuły znajdują się wyłącznie kwiaty męskie [7, 11]. Owocami acai są jagody o średnicy 1–1,5 cm, zebrane w grona na szczytach drzew palmowych. Początkowo zielone,

w czasie dojrzewania stają się najpierw czerwone, a ostatecznie ciemnofioletowe. Okres dojrzewania owoców trwa około 175 dni. Nasienie jest pojedyncze. Ma kolor jasnobrązowy. Jest duże – około 7–10 mm średnicy, otoczone wąską warstwą miąższu, a następnie twardą, zabarwioną na fioletowo skórką [2, 3, 8]. Główny okres zbiorów owoców tego gatunku przypada na porę suchą, czyli okres od sierpnia do grudnia [12].

Skład chemiczny

Antocyjany

Jest to grupa związków organicznych występujących w roślinach najczęściej w postaci glikozydów. Aglikony, którymi są antocyjanidyny nadają barwę całemu kompleksowi. Badania zawartości antocyjanów w jagodach acai wykazały, że są one związkami przeważającymi w materiale roślinnym. W liofilizowanych owocach *E. oleracea* dominującymi związkami z tej grupy są: 3-O-glukozyd cyjanidyny oraz 3-O-rutynozyd cyjanidyny (**rycina 1**) [13, 14, 15]. Ponadto, w mniejszych ilościach wykryto: 3-O-rutynozyd peonidyny, 3-O-rutynozyd pelargonidyny, 3-O-sambubiozyd cyjanidyny, 3-O-glukozyd peonidyny, 3-O-glukozyd pelargonidyny [12, 16]. W innych badaniach analizujących obecność antocyjanów w owocach acai i przetworach je zawierających, poza wymienionymi powyżej, stwierdzono również takie związki jak: 3-O-rutynozyd delfinidyny, 3-O-glukozyd delfinidyny, 3-O-galaktozyd delfinidyny, 3-O-acetylglikozyd delfinidyny, 3-O-acetyloheksozyd cyjanidyny, 3-O-malonylo-glukozyd peonidyny, 3-O-arabinozyloarabinozyd cyjanidyny, 3-O-arabinozyd cyjanidyny oraz di-O-glukozyd cyjanidyny [17, 18, 19, 20].

Prace dotyczące zawartości poszczególnych antocyjanów w surowcu są nieliczne, a opisywane w nich wyniki różnią się w dość szerokich

Rycina 1.
Główne antocyjany owoców *Euterpe oleracea*.

Figure 1.
Predominant anthocyanins in *Euterpe oleracea*.

granicach. Przyczyn tego faktu można upatrywać zarówno w różnych metodach analitycznych, jak i różnicach dotyczących samego surowca (takich jak różny czas czy miejsce zbioru). Według Dias i wsp. zawartość glukozydu cyjanidyny w owocach wahała się od 0,29 do 0,34 mg/g świeżej masy (ś.m.), zaś rutynozydu cyjanidyny od 0,2 do 0,25 mg/g ś.m., co dało wahania sumy tych związków pomiędzy 0,49–0,58 mg/g ś.m. [20]. W surowcu zebranym z innej lokalizacji Lichtenhler i wsp. stwierdzili znacznie wysz zawarto sumy tych metabolit (0,8–1,2 mg/g .m.) [13]. W innych doniesieniach opisano jeszcze wysze zawartoci glukozydu cyjanidyny w zakresie 1,1–3 mg/g .m. [21, 22]. Według szczeglowych analiz fitochemicznych, antocyjany mona by wykry dopiero w rednio dojrzaych owocach ci, a ich zawartoc zwiksza si bardzo istotnie wraz z dojrzaoci surowca (od kilkunastu do kilkudziesiciokrotnie) [12]. W tym badaniu to rutynozyd cyjanidyny, osigajcy w dojrzaych owocach poziom 0,18 mg/g suchej masy (s.m.), by dominujcym antocyjanem, a zawartoc glukozydu cyjanidyny w suchych owocach by prawie 4-krotnie nisza. Z drugiej strony Hogan i wsp. sugeruj, e to 3-*O*-malony-glukozyd peonidyny jest gwnym antocyjanem w ekstrakcie ze zliofilizowanego surowca, kiedy to jeszcze inne badania wskazuj na dominujcy udzia 3-*O*-arabinozydu cyjanidyny i 3-*O*-arabinozyloarabinozydu cyjanidyny w skadzie antocyjanowym owoc ci [17, 23].

Flawonoidy

Spord tej grupy barwnikw rolinnych w ci pocztkowo stwierdzono obecnoc takich flawonw jak: izowiteksyna, izoorientyna, orientyna, skoparyna, czy nalecych do flawanonw: taksyfoliny i deoksyheksozydu taksyfoliny [15]. W pniejszych badaniach wykryto dodatkowo obecnoc kwercetyny i dihydrokemferolu, ktre nalez do flawonoli [24, 25]. Inni badacze donosz, e w surowcu znajduje si rwnie: luteolina, jej 7-*O*-glikozyd, witeksyna, chryzoeriol i jego 7-*O*-glikozyd, eridiktio, apigenina, diheksozyd apigeniny oraz pochodne pentozyloheksozydu apigeniny [12, 24, 26]. W trakcie kolejnych eksperymentw stwierdzono jeszcze obecnoc dwch zwizkw z grupy flawonw: welutyny oraz 5,4'-dihydroksy-7,3',5'-trimetoksyflawonu [27] i dwch z grupy flawanoli: rutynozydu izoramnetyny i rutyny [16].

Garzn i wsp. w mikszu owocw ci pochodzcych z Kolumbii jako dominujce flawonoidy wskazali orientyn i izowiteksyn (odpowiednio, 0,15 i 0,12 mg/g s.m.), a potem izoorientyn i witeksyn (oba zwizki w iloci 0,1 mg/g s.m.) (**rycina 2**) [16]. Tymczasem gwnym flawonoidowym skladnikiem liofilizowanego soku z owocw analizowanego przez Dias i wsp., niezalenie od pochodzenia surowca, okazay si izoorientyna (0,49–0,72 mg/g d.w.), a nastpnie orientyna (0,36–0,55 mg/g d.w.) [26]. Podobnie byo w przypadku analizy mrozonych owocw przeprowadzonej przez Pacheco-Palencia i wsp., cho w tym ostatnim przypadku opisano przewag ilociow

Rycina 2.
Flawonoidy
dominujce
w owocach
Euterpe oleracea.

Figure 2.
Predominant
flavonoids
in *Euterpe oleracea*.

orientyny nad izoorientyną [28]. Podobnie na dominację ilościową orientyny i izoorientyny wśród flawonoidów wskazują inne doniesienia; w niedojrzałych owocach açaí zawartość tych związków wynosiła odpowiednio 1,1 i 0,67 mg/g s.m., a ich poziom, tak jak i zawartość innych metabolitów z tej grupy, malał wraz z ich dojrzewaniem [12].

Proantocyjanidyny

Związki te są polimerami flawonoidów, zaliczanych do garbników skondensowanych i nadają owocom cierpki smak. Częsteczkami podstawowymi proantocyjanidyn są katechina, epikatechina lub ich mieszaniny. Liofilizowane jagody açaí zawierają procyanidyny typu B w formie zarówno dimerów, jak i tri-, tetra- oraz pentamerów [15, 29]. Stwierdzono w nich także śladowe ilości samej katechiny i epikatechiny [16]. Analizując ilościowe oznaczenia składu chemicznego *Euterpe oleracea* można wnioskować, że procyanidyny są drugą, po antocyjanach, grupą związków w surowcu [14]. A według niektórych autorów to właśnie te związki dominują w owocach açaí [29, 30].

Kwasy polifenolowe

Kolejną grupą związków zidentyfikowaną w ekstraktach z owoców açaí są kwasy polifenolowe. Są to związki organiczne zawierające pierścień fenolowy oraz resztę kwasu karboksylowego. W ekstraktach z açaí Del Pozo-Insfran i wsp. [18] stwierdzili obecność ośmiu kwasów: p-hydroksybenzoesowego, p-kumarowego, ferulowego, protokatechowego, wanilinowego, galusowego, elagowego oraz glukozydu kwasu elagowego, a Pacheco-Palencia i wsp. [14] dodatkowo – kwasu syringowego. Przy tym kwas wanilinowy i syringowy (**rycina 3**) uznano za dominujące związki z tej grupy (odpowiednio, 5 i 4 mg/kg zamrożonych owoców). Profil ten został uzupełniony w kolejnych badaniach przez kwas kawowy i chlorogenowy [12]. Ta ostatnia praca opisuje zmiany zawartości kwasów fenolowych związane z różnymi stadiami dojrzewania owoców açaí, donosząc, że zawartość tych metabolitów maleje podczas ich dojrzewania [12]. W przypadku dominującego kwasu wanilinowego jest to spadek z 0,26 do 0,07 mg/g s.m. Najnowszy raport oceniający skład owoców açaí pozyskanych z plantacji w Kolumbii informuje o ich znacznie bardziej zróżnicowanym profilu kwasów polifenolowych w porównaniu z surowcem pochodzenia brazylijskiego [16]. W sumie, w badaniach powyższych zidentyfikowano 17 pochodnych kwasu benzoesowego i cynamonowego, z czego 11 opisano w tym surowcu po raz pierwszy. Były to takie związki jak: kwas hydroksyferulochinowy, 4 inne pochodne kwasu ferulowego, heksozyd kwasu protokatechowego, heksozyd i deoksyheksozyd kwasu

synapinowego, heksozyd kwasu p-kumarowego oraz dwie pochodne kwasu kawowego. Również w tym surowcu dominującym ilościowo kwasem polifenolowym okazał się kwas wanilinowy.

Lignany

Są to substancje naturalne, wielkocząsteczkowe, których szkielet stanowią połączone dwie cząsteczki fenylopropanu. W jagodach açaí wykryto obecność dziewięciu lignanów: larycyrezinolu, izolarycyrezinolu, pinorezinolu, syringarezinolu, 5-metoksy-izolarycyrezinolu, alkoholu dihydrodehydrokoniferylowego, alkoholu 5-metoksydihydrodehydrokoniferylowego, erytro-1-(4-hydroksy-3-metoksyfenylo)-2-[4-(3-hydroksypropylo)-2-metoksyfenoksy]-1,3-propanediolu, treo-1-(4-hydroksy-3-metoksyfenylo)-2-[4-(3-hydroksypropylo)-2-metoksyfenoksy]-1,3-propanediolu [31]. Żaden z tych związków nie występuje jednak w surowcu w stężeniu większym niż 0,01% ekstraktu [3].

Kwasy tłuszczowe

Kwasy tłuszczowe odpowiadają za wysoką kaloryczność owoców açaí. Ich cząsteczki składają się z łańcucha węglowodorowego oraz grupy karboksylowej. Podobnie jak w przypadku oliwy z oliwek czy oleju z owoców awokado, ponad 60% oleju z owoców açaí stanowią kwasy jednonienasycone, około 26% nasycone i około 13% wielonienasycone. Badania wykazały, że wśród kwasów tłuszczowych obecnych w owocach *Euterpe oleracea* można wyróżnić: kwas palmitynowy i stearynowy, należące do kwasów nasyconych, oleopalmitynowy i oleinowy z grupy kwasów jednonienasyconych oraz linołowy i linolenowy z grupy kwasów wielonienasyconych [15]. Głównymi kwasami występującymi w surowcu są kolejno: kwas oleinowy (stanowiący ok. 55% wszystkich obecnych w surowcu kwasów tłuszczowych), palmitynowy (25%) i linolowy (12,5%). W owocach zidentyfikowano także inne kwasy tłuszczowe, ale ich zawartość była znikoma [8, 15]. Badania zmian składu jagód açaí podczas

Rycina 3. Kwasy polifenolowe dominujące w owocach *Euterpe oleracea*.
Figure 3. Predominant polyphenolic acids in *Euterpe oleracea*.

dojrzewania wykazały, że ilość lipidów wzrastała wraz z procesem dojrzewania owoców [12].

Składniki mineralne

Są to związki, których organizm człowieka nie jest w stanie sam wyprodukować i muszą one zostać dostarczone razem z pożywieniem. Ze względu na zapotrzebowanie dzielimy je na makro- i mikroelementy. W soku z açaí oznaczono następujące składniki: glin, bar, wapń, miedź, żelazo, potas, magnez, mangan, sód, nikiel, fosfor oraz chrom i cynk, które były wykryte w bardzo małej ilości [1]. Zarówno w soku, jak i w liofilizowanych owocach potas i wapń charakteryzują się szczególnie wysoką zawartością [1, 12]. Z drugiej strony, zaobserwowano, iż w toku procesu dojrzewania owoców, poziom wszystkich składników mineralnych, poza sodem i cynkiem, obniżył się [12].

Witaminy

Mają one różnorodną budowę i są związkami egzogennymi – organizm ludzki sam ich nie syntetyzuje. Muszą więc być dostarczane razem z pokarmem w formie gotowej lub prowitamin. Jagody açaí zawierają witaminę A (10 IU/g s.m.). Ponadto, w surowcu stwierdzono obecność prekursorów tej witaminy, którymi są karotenoidy. Jest to grupa związków zaliczana do tetraterpenów, które mają charakter barwników roślinnych. W miąższu *Euterpe oleracea* oznaczono niewielką ilość β -karotenu (10,8 $\mu\text{g/g}$ s.m.) [4] oraz pewną zawartość α -karotenu [32].

W owocach açaí stwierdzono obecność α - tokoferolu, który jest jedną z form witaminy E [33]. Inne badanie mające na celu określenie zawartości tokoferoli w owocach *E. oleracea* wykazało, że oprócz α - tokoferolu, w surowcu można zaobserwować niewielkie ilości β -, γ - oraz δ - tokoferolu [34]. Oprócz wspomnianych wyżej, w surowcu oznaczono również niewielkie ilości witaminy C [3, 15]. Niektóre źródła podają, że açaí może zawierać także witaminy z grupy B, takie jak witamina B₁, B₂ oraz B₃ [35].

Inne

Stwierdzono, że w liofilizowanych owocach *E. oleracea* znajduje się niewielka ilość trans-resweratrolu (1,1 $\mu\text{g/g}$ s.m.) [15]. Jest to związek organiczny, polifenol, który ze względu na budowę strukturalną jest określany jako pochodna stilbenu.

W owocach açaí wykryto również obecność związków należących do grupy steroli: β -sitosterolu, kampesterolu oraz stigmasterolu, z czego pierwszy z nich występował w największej ilości, 0,44 mg/g s.m. [15].

Ponadto, w rozpuszczalnej w chloroformie frakcji metanolowego ekstraktu z owoców

açaí zidentyfikowano cztery proste benzenoidy: 3-hydroksy-1-(4-hydroksy-3,5-dimetoksyfenylo)-1-propanon, 3,4'-dihydroksy-3'-metoksypropiofenon, alkohol dihydrokoniferylowy i ester metylowy kwasu protokatechowego, monoterpeny: kwas mentiafoliowy i 2,6-dimetyl-2,6-oktadien-1,8-diol, norizoprenoidy: loliolid i 4-(3-hydroksy-1-butenylo)-3,5,5-trimetylo-2-cykloheksen-1-on oraz benzochinon i 2,6-dimetoksy-1,4-benzochinon [31].

Owoce açaí charakteryzują się też wysoką zawartością białek, przy czym są urozmaicone pod względem tworzących je aminokwasów. W owocach *E. oleracea* wykryto dziewiętnaście aminokwasów. Są to: kwas asparaginowy, treonina, seryna, kwas glutaminowy, glicyna, alanina, walina, metionina, izoleucyna, leucyna, tyrozyna, fenyloalanina, lizyna, histydyna, arginina, prolina, hydroksyprolina, cystyna oraz tryptofan [15]. Warto przy tym podkreślić, że w surowcu stwierdzono obecność wszystkich aminokwasów zakwalifikowanych do grupy egzogennych.

Liofilizowane owoce *E. oleracea* zawierają również: fruktozę, glukozę, maltozę, laktozę oraz sacharozę, z czego glukozy, spośród relatywnie niewielkiej ilości cukrów w surowcu, jest najwięcej. Stwierdzono, że zawartość węglowodanów spada podczas procesu dojrzewania owoców [12]. Jagody są również cennym źródłem błonnika, który stanowi niecałe 45% suchej masy w przeliczeniu na 100 gram liofilizowanych owoców, z czego ok. 70% to frakcje błonnika nierozpuszczalnego [15, 36].

Aktywność farmakologiczna

Aktywność antyoksydacyjna

Wolne rodniki są jednym z elementów, który może mieć znaczenie w patogenezie chorób cywilizacyjnych, takich jak cukrzyca, miażdżyca, nadciśnienie czy nowotwory. Na ich tworzenie mają wpływ nie tylko czynniki środowiskowe, ale i procesy zachodzące naturalnie w organizmie, np. oddychanie komórkowe [37]. Aktywność antyoksydacyjna może być poddawana analizie na wiele sposobów obejmujących zarówno testy *in vitro*, jak i *in vivo*. Liczne prace opisują potencjalne właściwości przeciwutleniające owoców *E. oleracea*. Aktywność antyoksydacyjną stwierdzono dla wodnego ekstraktu açaí na podstawie 4 charakteryzujących się różnymi mechanizmami działania testów: usuwania rodnika DPPH (2,2-difenylo-1-pikrylohydrazyl), zdolności do redukcji jonów metalu, hamowania przemian karotenu (zobojętnienie rodnika linolenianowego) i peroksydacji lipidów, której hamowanie mierzone jest jako inhibicja tworzenia się substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym (TBARS) [29]. Istotną aktywność wyrażoną jako EC₅₀ wykazywał ekstrakt już w stężeniach 3,6–107 $\mu\text{g/ml}$, zależnie od zastosowanego testu.

Schauss i wsp. [38] na podstawie wyników otrzymanych metodą fluorescencyjną ORAC (zdolność adsorpcji rodników tlenowych, ang. *oxygen radical absorbance capacity*) ujawnili, że ekstrakt z açaí jest w szczególności aktywny przeciwko anionorodnikowi ponadtlenkowemu ($O_2^{\cdot-}$). Ekstrakt posiada również wysoką skuteczność w stosunku do rodników nadttlenkowych ($RO_2^{\cdot}$), a umiarkowaną wobec nadttlenoazotynu ($ONOO^{\cdot}$) oraz rodnika wodorotlenowego ($OH^{\cdot}$). Jednocześnie stwierdzono, iż składniki aktywne owoców açaí w bardzo niskich dawkach są zdolne wnikać do ludzkich neutrofilów i tam hamować tworzenie się reaktywnych form tlenu. Test ORAC oraz wiązanie trwałego syntetycznego rodnika DPPH wykorzystał Hogan i wsp. [17] oceniając aktywność bogatego w antocyjany ekstraktu z açaí. Uzyskane wartości, wyrażone w ekwiwalentach troloxu 2589 $\mu\text{M/g}$ s.m. dla testu ORAC i 1208 μM dla DPPH, wskazują na silny potencjał do zmiatania wolnych rodników i możliwość redukcji stresu oksydacyjnego występującego w organizmie.

Przeprowadzono także eksperyment oceniający całkowitą zdolność antyoksydacyjną, bazującą na zahamowaniu tworzenia etylenu oraz wiązaniu rodnika ABTS, 2,2'-azobis(3-etylobenzotiazolino-6-sulfonianu) [12]. Ta pierwsza metoda pozwala wykazać zdolność badanego roztworu do inhibicji trzech silnych utleniaczy, tj. rodników hydroksylowych, rodników nadttlenkowych i nadttlenoazotynowych, które powstając reagują z dodawanym kwasem α -keto- γ -metioloobutanowym i utleniają go do etylenu. Doświadczenia wykazały istotną aktywność antyoksydacyjną owoców *E. oleracea* oraz potwierdziły związek między tą aktywnością i zawartością związków fenolowych w surowcu. Stwierdzono, iż niedojrzały surowiec bogatszy w związki bioaktywne z grupy flawonoidów i kwasów fenolowych, mimo iż zawierał mniej antocyjanów, charakteryzował się silniejszym działaniem przeciwutleniającym. Istotny udział innych związków poza antocyjanami w zdolności wiązania wolnych rodników opisali również Rodrigues i wsp. [30]. Zależność między składem surowca i jego aktywnością odnotowano też w kilku innych badaniach. Garzón i wsp. otrzymali lepsze wyniki w testach antyoksydacyjnych, takich jak: zmiatanie wolnych rodników DPPH i rodników ABTS dla açaí uprawianego w Kolumbii, które charakteryzowało się wyższą zawartością i różnorodnością związków czynnych [16]. Zależność pomiędzy stwierdzonymi w surowcu metabolitami i aktywnością przeciwutleniającą badał również Kang i wsp. [24]. Wśród wyizolowanych z açaí związków flawonoidowych najbardziej reaktywna w teście ORAC okazała się być witeksyna, a następnie kwercetyna. Zespół ten przeprowadził także test CAP-e (*cell-based antioxidant protection assay*) określający

zdolność przeciwutleniaczą do wnikania w żywe komórki i ich ochrony przed stresem oksydacyjnym. Naukowcy stwierdzili, że wśród badanych związków flawonoidowych tylko formy aglikonów były w stanie wnikać do erytrocytów.

Przeprowadzono również nieeliczne testy *in vivo* oceniające aktywność antyoksydacyjną owoców açaí. Spada i wsp. [39] wykazali, że surowiec chroni lipidy i białka w obrębie kory mózgowej, hipokampu i mózdzka u szczurów przed uszkodzeniem indukowanym podaniem nadttlenku wodoru. Tymczasem, Jensen i wsp. [40] badali poziom antyoksydantów i peroksydacji lipidów w osoczu w grupie 12 osób podczas randomizowanego, naprzemiennego badania z wykorzystaniem placebo i soku MonaVie Active®. Produkt ten zawiera kilkanaście ekstraktów roślinnych, w tym jako dominujący składnik owoce açaí. Naukowcy wykazali wzrost poziomu antyoksydantów oraz spadek peroksydacji lipidów w surowicy w ciągu 2 godzin od spożycia produktu. Różnice te były statystycznie istotne w porównaniu z placebo. W badaniu tym, oprócz działania *in vivo*, oceniano również aktywność *in vitro* badanego soku. Zaobserwowano zależne od dawki hamowanie tworzenia reaktywnych form tlenu w granulocytach oraz zdolność składników produktu do przenikania przez błonę erytrocytów i ochrony komórek przed stresem oksydacyjnym.

Aktywność przeciwzapalna

Badania wykazały, że dodanie wodnoalkoholowego ekstraktu z jagód açaí do papierosów może zmniejszyć wywołane dymem papierosowym uszkodzenie płuc u myszy. Stwierdzono także efekt ochronny przed rozedmą płuc związany z ograniczeniem procesów utleniania oraz zahamowaniem reakcji zapalnych [41]. Kolejne doświadczenia dotyczące analizy przebiegu ostrego zapalenia płuc u myszy, które były wystawione na działanie dymu papierosowego potwierdziły te dane. Badacze odnotowali zmniejszoną liczbę makrofagów i neutrofilów biorących udział w procesach zapalnych w pęcherzykach płucnych oraz obniżenie aktywności enzymów antyoksydacyjnych oraz TNF- α (czynnika martwicy nowotworów) [42]. Wcześniejszy eksperyment przeprowadzony przez Schauss'a i wsp. [38] wykazał łagodne działanie hamujące liofilizowanych i ekstrahowanych 50% acetonem owoców na cyklo-oksigenazy 1 oraz 2 (COX-1 i 2). Zespół ten określił spadek aktywności enzymów przeciwzapalnych pod wpływem surowca i odnotował, że może istnieć selektywność wobec COX-1. Kang i wsp. [27] porównali aktywność przeciwzapalną 5 wyizolowanych z açaí związków flawonoidowych poprzez ich wpływ na jądrowy czynnik kappa B (NF- κ B), który odgrywa rolę w regulacji genów odpowiedzialnych za wrodzone i adaptacyjne odpowiedzi

immunologiczne. Aktywacja tego czynnika, pod wpływem używanego w testach lipopolisacharydu (LPS) oraz utlenionej formy LDL (oxLDL), prowadzi do wystąpienia stanu zapalnego na skutek zwiększenia ekspresji prozapalnych cytokin czy chemokin. W opisywanym doświadczeniu welutyna okazała się mieć silne działanie przeciwzapalne [27]. Redukcję aktywności czynnika NF- κ B wraz z obniżeniem poziomu IL-6 pod wpływem soku z owoców açaí odnotowali również Xie i wsp. [43]. Inhibicja ekspresji cytokin prozapalnych wraz z pobudzeniem enzymów antyoksydacyjnych, które stwierdzono w tym badaniu, skutkowało działaniem przeciwmiażdżycowym u myszy ubogich w apolipoproteinę E. Ponadto są doniesienia o możliwym hamowaniu przez związki zawarte w oleju z owoców *E. oleracea* mediatorów stanu zapalnego, pochodzących z przemian kwasu arachidonowego [44]. W eksperymencie powyższym zaobserwowano również zmniejszoną migrację neutrofili. Obserwacje opisane zarówno na szczurach, jak i na myszach wskazują, że olej z owoców açaí może być skuteczny w ostrych i przewlekłych procesach zapalnych oraz wykazuje działanie przeciwbólowe. Hamowanie indukowanej lipopolisacharydem nadekspresji COX-2, TNF- α , IL- β oraz IL-6 w mysich makrofagach zapobiegało przewlekłej ekspozycji komórek na prozapalne cytokiny i chroniło przed rozwojem nowotworu jelita [45]. Z drugiej jednak strony opisano badania poddające w wątpliwość działanie przeciwzapalne *E. oleracea* [4]. Może to być spowodowane jakością analizowanego surowca roślinnego, sposobem pozyskania materiału do badań czy jego podawanymi dawkami.

Aktywność przeciwnowotworowa i chemoprewencyjna

W badaniach na zwierzętach wykazano możliwe działanie chemoprewencyjne oraz przeciwnowotworowe owoców *E. oleracea*. Badania przeprowadzone na modelach doświadczalnych, jakimi były szczury poddane rakotwórczemu działaniu N-nitrozometylobenzylaminy, wykazały, że spożywanie açaí zmniejszyło ryzyko rozwoju guza przełyku oraz obniżyło w surowicy poziom odpowiedzialnych za stan zapalny cytokin IL-5 (interleukina 5) i IL-8. Ponadto, zaobserwowano wzrost zawartości przeciwutleniaczy i interferonu γ wytwarzanego w odpowiedzi na obecność patogenów w surowicy [46]. Del Pozo-Isfran i wsp. [47] zbadali wpływ związków polifenolowych w postaci wolnej, jak i glikozydów, na proces apoptozy komórek białaczki ludzkiej frakcji HL-60. Badanie to wykazało, że niezhydrolizowane, zawierające antocyjany frakcje ekstraktu z owoców *E. oleracea* hamowały proliferację komórek poprzez zwiększenie aktywności kaspazy-3, przez co pobudzały apoptozę komórek

nowotworowych. W podobnym doświadczeniu, prowadzonym przy udziale komórek C-6 pochodzenia glejakowego, stwierdzono zahamowanie proliferacji komórek nowotworowych mózgu szczura proporcjonalne do stężenia i czasu działania bogatego w antocyjany ekstraktu z açaí [17]. Odnotowane w tym eksperymencie po 48 godzinach IC₅₀ wynosiło 121 μ g/ml. Owoce açaí skutecznie hamowały też karcynogenezę pęcherza moczowego i obniżały prawdopodobieństwo wystąpienia przerzutów w tej chorobie, zmniejszając uszkodzenia DNA i ograniczając ekspresję pewnej odmiany białka p63, odpowiedzialnego najprawdopodobniej za rozrost guzów [48]. W kolejnym badaniu tej samej grupy badawczej, u zwierząt karmionych sproszkowanymi owocami açaí, zaobserwowano znacznie mniejszą liczbę przypadków nowotworów jelita indukowanych podawaną 1,2-dimetylohydrazyną. Ponadto, w przypadku wystąpienia zmian większość z nich okazała się nieinwazyjna i odnotowano znaczne osłabienie zdolności do proliferacji komórek nowotworowych [49]. Zasadniczo w większości badań stwierdzono, że efekt przeciwnowotworowy owoców açaí związany jest z ich właściwościami przeciwzapalnymi, przeciwutleniającymi, antyproliferacyjnymi oraz szczególnie silnie proapoptotycznymi. W przypadku tych ostatnich celem ataku surowca są kinazy zależne od cytokin, których nadekspresja hamuje indukcję apoptozy oraz inhibitory genów białek apoptotycznych takich jak p53. W związku z tym dochodzi do aktywacji procedury programowanej śmierci zmienionych komórek. Choi i wsp. [45] wykazali efekt ochronny proszku z miększu açaí przeciwko, indukowanemu azoksymetanem i solą sodową siarczanu dekstranu, nowotworowi jelita u myszy. Pięcioprocentowa zawartość jagód miała zauważalny wpływ na zahamowanie tworzenia się gruczolaka, nie tylko jeśli chodzi o częstość występowania w grupie badanej, ale również rozmiar powstałego guza. Wynik ten był związany ze zmniejszeniem poziomu ekspresji COX-2 (cyklooksygenaza-2), TNF- α (czynnik martwicy nowotworu), IL-1 i IL-6 oraz supresji Bcl-2, białka zapobiegającego apoptozie i PCNA, białka zaangażowanego w naprawę oraz regulację cyklu komórkowego [45]. Eksperyment przeprowadzony przez Martinezę i wsp. [50] wykazał, że wodnoalkoholowy ekstrakt z nasion açaí zmniejszał żywotność komórek ludzkiego raka płuc linii A549 oraz zwiększał liczbę apoptotycznych komórek po 48-godzinnej inkubacji w warunkach laboratoryjnych. Otrzymane wyniki były zależne od zastosowanych dawek ekstraktu; podanie wyciągu o stężeniu 200 μ g/ml skutkowało spadkiem żywotności komórek rakowych o ponad 70%. Ponadto stwierdzono, że pod wpływem ekstraktu z nasion *E. oleracea* zachodzą zmiany w cyklu komórkowym, a mianowicie rośnie

liczba komórek będących w fazie spoczynkowej, a maleje tych w fazie syntezy oraz fazy poprzedzającej mitozę i w trakcie samej mitozy w porównaniu z grupą kontrolną [50]. Kolejne badania wykazały redukcję ryzyka wystąpienia nowotworu piersi wywołanego kancerogennym 7,12-dimetylobenzantracenem pod wpływem suplementacji ekstraktem z owoców açaí [10]. Przy zastosowaniu surowca nie tylko spadła częstotliwość zachorowań na nowotwór, ale także śmiertelność nim wywołana oraz zdolność komórek rakowych do przerzutów poprzez zahamowanie ekspresji VEGF i VEGFR-2, czynników wzrostu śródbłonna naczyniowego odpowiedzialnych za angiogenezę i progresję nowotworów. Monge-Fuentes i wsp. [51] w przeprowadzonym badaniu stwierdzili, że olej z açaí miał działanie fotosensybilizujące w fotochemoterapii czerniaka u szczurów. Doguzowe podanie nano-emulsji z surowca powodowało śmierć komórek oraz zmniejszało rozmiar guza. Inny eksperyment wykorzystujący ekstrakt z nasion açaí wykazywał jego działanie hamujące na wzrost kilku różnych rakowych linii komórkowych (MCF-7, NCI-H460, HeLa, HepG2), z czego surowiec okazał się najbardziej efektywny w odniesieniu do linii komórkowej raka macicy [29].

Gospodarka lipidowa i węglowodanowa

Badania dowiodły, że açaí obniża ryzyko rozwoju miażdżycy u osób cierpiących na hiperlipidemię [43]. W badaniu tym wykorzystano model zwierzęcy, jakim były hiperlipidemiczne myszy ubogie w apolipoproteinę E. Po suplementacji sokiem z owoców *E. oleracea*, stanowiącej 5% przyjmowanego pokarmu, naukowcy zaobserwowali zmniejszenie ilości tworzących się blaszek miażdżycowych w obrębie aorty, co może być wynikiem spadku peroksydacji lipidów. Działanie przeciwmiażdżycowe było też związane z zahamowaniem wydzielania cytokin prozapalnych poprzez regulację mediatorów stanu zapalnego [43]. Souza i wsp. [52], suplementując szczury mięszem açaí w dawce 20 g/kg masy ciała, zaobserwowali spadek poziomu cholesterolu frakcji nie-HDL, który bierze udział w tworzeniu się blaszek miażdżycowych, a także wzrost wydzielania cholesterolu razem z kałem i spadek wskaźnika miażdżycowego, w szczególności u osobników na diecie wysokotłuszczowej. Zasugerowali oni, że efekt ten jest związany ze zwiększeniem ekspresji transporterów ABCG5 i ABCG8 ograniczających jelitowe wchłanianie cząstek steroli i stymulujących ich wydzielanie do żółci [52]. Przy zawartości 2% mięszu z jagód açaí w diecie zawierającej wysokie ilości tłuszczu u szczurów, zaobserwowano spadek poziomu cholesterolu całkowitego nie-HDL

w surowicy oraz wskaźnika miażdżycowego. Ponadto açaí obniżało poziom enzymów wątrobowych AST (aminotransferazy asparaginowej) oraz ALP (aminotransferazy alaninowej), których aktywność zazwyczaj wzrastała przy stosowaniu diety bogatej w tłuszcze [53]. Jednakże obniżenie poziomu cholesterolu we krwi nie łączyło się ze spadkiem zawartości trójglicerydów. Ilość tych ostatnich związków u osobników na diecie zawierającej owoce açaí wręcz wzrastała, co było związane z wysoką zawartością kwasu olejowego w surowcu [54]. Z drugiej strony spożywanie owoców açaí u osobników na diecie wysokocholesterolowej hamowało apetyt.

Również w badaniu przeprowadzonym na królikach, które były na diecie bogatej w cholesterol, zaobserwowano poprawę profilu lipidowego oraz złagodzenie przebiegu miażdżycy tętnic przy suplementacji ekstraktem z owoców açaí [55]. Badano także wpływ ekstraktu z nasion açaí na objawy zespołu metabolicznego u myszy. Naukowcy opisali, że długotrwałe podawanie ekstraktu miało działanie ochronne przeciw otyłości, hipercholesterolemii, hiperglikemii, insulinooporności oraz poprawiało stan śródbłonna naczyń u myszy na diecie wysokotłuszczowej [56]. Wprowadzenie jagód açaí do diety bogatotłuszczowej u myszy zmniejszało też ryzyko powstawania niealkoholowego stłuszczenia wątroby [57].

Interesujące wyniki w dwóch pracach przedstawili Bem i wsp., którzy badali wpływ ekstraktu z nasion açaí oraz aktywności fizycznej na metabolizm i poziom stłuszczenia wątroby u szczurów z cukrzycą typu drugiego, wywołaną dietą wysokotłuszczową i streptozotocyną [58, 59]. Wykazali oni, że nasiona açaí, zwłaszcza „wspomagane” aktywnością ruchową, obniżały oporność na insulinę, poziom glikemii oraz stężenie lipidów frakcji LDL we krwi. Ekstrakt *E. oleracea* podnosił w osoczu poziom GLP-1, glukagonopodobnego peptydu-1, który obniża poziom wydzielanego przez trzustkę glukagonu. Według autorów, mechanizm odpowiedzialny za redukcję stłuszczenia wątroby u szczurów cierpiących na cukrzycę typu 2 związany jest ze zmniejszeniem aktywności wątrobowej lipogenezy przy udziale AMPK (kinazy aktywowanej 5'AMP), zahamowaniem gromadzenia i wydzielania VLDL (lipoproteina bardzo małej gęstości) oraz TG (trójglicerydów), zwiększeniem wydzielania cholesterolu do żółci poprzez transporter ABCG8 oraz działaniem antyoksydacyjnym przyczyniającym się do obniżania poziomu lipidów we krwi oraz poprawy metabolizmu wątroby [58, 59].

Jedne z pierwszych opisanych badań z udziałem ludzi przeprowadzili Udani i wsp. [60]. Uczestnikami były osoby z nadwagą, którym dwa razy dziennie podawano smoothie bazujące na mrożonym

mięszu z açaí. Odpowiadało to dwukrotnemu przyjęciu 100 g mięszu z owoców w ciągu dnia przez okres miesiąca. Po tym okresie zarejestrowano obniżenie poziomu cholesterolu frakcji VLDL i LDL, trójglicerydów oraz glukozy na czczo. Wszystkie te obserwacje potwierdzają efekt przeciwcukrzycowy i przeciwmiażdżycowy owoców açaí w przypadku diety wysokotłuszczowej i nadwagi. Jednocześnie nie zaobserwowano u ochotników jakichkolwiek działań niepożądanych czy efektów ubocznych. Badanie powyższe ma jednak ograniczoną wiarygodność ze względu małą liczebność osób badanych (10), brak zastosowania grupy kontrolnej, której podawano placebo, oraz brak zaślepienia badań [60]. W roku 2018 Pała i wsp. [36] opisali wpływ spożywania 200 g mięszu z owoców açaí/dzień przez okres 4 tygodni na gospodarkę lipidową zdrowych młodych kobiet. W badaniach nie stwierdzono zmiany w parametrach antropometrycznych, takich jak waga czy zawartość tkanki tłuszczowej oraz ciśnienie krwi, stężenie cukrów i lipidów we krwi. Jednakże zaobserwowano pobudzenie metabolizmu tłuszczów oraz usprawnienie działania poszczególnych elementów systemu antyoksydacyjnego organizmu.

Aktywność w obrębie układu krążenia

Poprawa profilu lipidowego i efekt przeciwmiażdżycowy, to nie jedyne właściwości owoców *E. oleracea*, które są ukierunkowane na poprawę funkcjonowania układu krążenia. Rocha i wsp. [61] zaobserwowali, że ekstrakt z nasion açaí miał działanie rozkurczające na skurczone pod wpływem noradrenaliny naczynia u szczurów. Efekt wazodylatacyjny surowca był znacznie bardziej długotrwały niż w przypadku zastosowania acetylocholin i nitrogliceryny, co wskazuje na jego możliwe zastosowanie w leczeniu chorób sercowo-naczyniowych, w tym w profilaktyce zawału serca. Śródbłonkowo-zależny efekt rozkurczający nie angażował wydzielania prostanoidów, aktywacji receptorów przez acetylocholinę, histaminę, adrenalinę czy bradykininę oraz nie wymagał otwarcia kanałów K_{ATP} lub K_v [61]. Przeprowadzono również eksperyment, w którym wodnoalkoholowy ekstrakt z owoców açaí obniżał ciśnienie tętnicze u szczurów. Było to prawdopodobnie związane z opisanym powyżej efektem wazodylatacyjnym oraz aktywnością antyoksydacyjną *E. oleracea* [62]. Kolejne badanie dotyczyło oceny efektów hemodynamicznych i elektrokardiograficznych podczas suplementacji açaí w postaci kapsułek żelowych [63]. Uczestnikom badania podawano zamiennie 2 kapsułki z owocami *E. oleraceae* przez 7 dni, a następnie placebo przez 7 dni. U ochotników nie odnotowano

istotnych zmian w badaniu EKG oraz analizie parametrów hemodynamicznych po jednorazowym przyjęciu açaí w porównaniu z przyjmowanym placebo, ale istotny statystycznie był spadek ciśnienia skurczowego krwi po 6 godzinach od przyjęcia owoców.

Aktywność przeciwdrobnoustrojowa

Badanie przeprowadzone na metanolowym ekstrakcie z mięszu açaí wykazało, że jest on zdolny do zwalczania zarówno komórek planktonowych, jak i biofilmu tworzonego przez *Staphylococcus aureus* – gronkowca złocistego. W badaniach wyznaczono trzy wartości: MIC (minimalne stężenie hamujące) – 7,8 µg/mL, MBC (minimalne stężenie bakteriobójcze) – 62,5 µg/mL oraz MBEC (minimalne stężenie zwalczające biofilm), z czego MIC było około 32 razy mniejsze od MBEC [64], co wiąże się ze zwiększoną (według niektórych źródeł nawet 1000krotnie) opornością bakterii wzrastających w formie biofilmu wobec antybiotyków, w porównaniu z formami planktonowymi tego samego gatunku [65].

Jednakże inny eksperyment nie potwierdził aktywności wodnego ekstraktu z owoców *E. oleracea* przeciw *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis* (gronkowcowi skórному), *Pseudomonas aeruginosa* (pałeczce ropy błękitnej), *Escherichia coli* (pałeczce okrężnicy) i *Candida albicans* (bielnikowi białemu) [66]. Kolejny zespół badał wpływ wodno-etanolowego ekstraktu nie tylko przeciwko gatunkom *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*, ale także przeciwko rodzajowi *Salmonella* oraz *Listeria monocytogenes*. To badanie również nie dało pozytywnych wyników antymikrobowych dla stężeń ekstraktu do 400 mg/ml [67]. Może to wskazywać na istotne znaczenie środka ekstrahującego dla aktywności przeciwdrobnoustrojowej uzyskanego ekstraktu, co najprawdopodobniej jest związane ze zdolnością metanolu do izolacji szerszego spektrum związków, w tym flawonoidów i tanin o charakterze zbyt lipofilnym, aby rozpuszczać się w środowisku o wysokiej zawartości wody [64]. Inne wyjaśnienie może wiązać się ze zróżnicowaną opornością użytych w poszczególnych badaniach szczepów wobec obecnych w ekstraktach związków bioaktywnych. Możliwe jest też, że historyczne zastosowanie ekstraktów z owoców açaí jako środka przeciwmikrobowego nie ma potwierdzenia naukowego.

Inne aktywności owoców *E. oleracea*

Podawanie zwierzętom doświadczalnym przez 4 dni raz na dobę soku z owoców açaí okazało się skutecznie opóźnić moment wystąpienia wywołanego pentetrazolem napadu toniczno-klonicznego i znacząco skrócić całkowity czas jego trwania, kiedy już wystąpił [68]. Surowiec przy

stymulowanym pobudzeniu hamował czynność elektryczną mózgu. Jednocześnie nie zaobserwowano spontanicznego efektu podawania samych owoców na układ lokomotoryczny. Może to wskazywać na potencjał surowca jako leku przeciwdrgawkowego.

Wstępne badania wykazały, że miąższ z owoców açaí może być stosowany jako doustny środek kontrastowy w badaniu rezonansem magnetycznym [69].

E. precatoria

Euterpe precatoria należy do rodzaju *Euterpe* i podobnie jak *E. oleracea* dostarcza owoców określonego mianem açaí. W medycynie tradycyjnej korzenie tego gatunku były wykorzystywane jako środek przeciwzapalny w chorobach nerek i wątroby, przeciw ugryzieniom węży i bólom mięśniowym [70]. Roślina nie została jeszcze dokładnie przebadana, niemniej jednak dotychczasowe wyniki wskazują na jej duży potencjał prozdrowotny.

E. precatoria jest wysmukłą, jednolodygową palmą o pierzastych liściach. Osiąga wysokość do 20 m, a średnica łodygi wynosi do 25 cm [4, 14]. U podstawy pnia nieustannie wyrastają korzenie przybyszowe, które tworzą gruby pierścień i mogą wnikać w podłoże nawet do 80 cm [8]. W okresie kwitnienia roślina wytwarza od 1 do 4 kwiatostanów złożonych z licznych kwiatów męskich i żeńskich. Owoce u obu gatunków *Euterpe* wyglądają tak samo, ale pojawiają się w różnym czasie. Okres uprawy *E. precatoria* trwa od grudnia do czerwca [71]. Roślina ta występuje w centralnej i zachodniej Amazonii, na obszarze wyżynnym i nizinnym na południe od równika [70].

Istnieją doniesienia, że *E. precatoria* zawiera ponad 50% więcej antocyjanów niż *E. oleracea*. W owocach przeważającym związkiem tej grupy jest 3-*O*-rutynozyd cyjanidyny. Wykryto również obecność 3-*O*-glukozydu cyjanidyny, 3-*O*-sambubiozydu cyjanidyny oraz 3-*O*-glukozydu peltargonidyny [8, 14, 71]. Flawonoidy były drugą pod względem zawartości grupą związków polifenolowych w obu surowcach. W obu też dominowały orientyna i izoorientyna, ale większe ilości tych związków stwierdzono w *E. oleracea* [14]. Ponadto, ujawniono pewne różnice co do rodzaju flawonoidów obecnych w poszczególnych surowcach. Z drugiej strony pomimo podobieństwa profilu zidentyfikowanych kwasów polifenolowych, ich zawartość okazała się być wyższa w surowcu alternatywnym. Przykładowo, kwasy wanilinowy i syringowy stwierdzono w nim w ponad dwukrotnie wyższym stężeniu niż w *E. oleracea* (odpowiednio, 13,4 i 10,1 mg/kg zamrożonych owoców). Zawartość procyanidyn w *E. precatoria* także przewyższała tę opisaną w gatunku

podstawowym. Analiza fitochemiczna wykazała, że owoce *E. precatoria* były też znacznie bogatsze w związki z grupy karotenoidów. Poza stwierdzonym w *E. oleracea* β -karotenem ujawniono w nich także obecność likopenu, astaksantyny, luteiny i zeaksantyny [4]. Tymczasem w korzeniach i liściach *E. precatoria*, oprócz β -sitosterolu i stigmasterolu, zidentyfikowano takie związki jak: stigmast-4-en-6 β -ol-3-on, palmitynian sitosterolu, α - i β -amyrynę, lupeol, friedelin-3-on, 28-hydroksyfriedelin-3-on i α - i β -glukozę, dibenzoosan alkoholu dihydrokoniferylowego oraz 3- β -*O*-glukopiranozyd sitosterolu, który wykazywał działanie ochronne w teście oceny działania jadu jadowitego węża *Bothrops jararaca* na myszy [72, 73]. W badaniach tych stwierdzono również działanie antyoksydacyjne w testach zahamowania utleniania karotenu i wiązania rodnika DPPH oraz pewien efekt cytotoksyczny ekstraktów z korzeni i liści *E. precatoria* oraz wyizolowanych z nich flawonoidów: kwercetyny, katechiny, epikatechiny, rutyny i astylbiny. Kang i wsp. [4] przeprowadzili dwa testy mające na celu określenie właściwości przeciwutleniających owoców tego gatunku: test ORAC i test „zmiatania” rodników DPPH. W każdym przypadku zanotowali oni korzystniejsze wyniki w porównaniu z *E. oleracea*. Również Peixoto i wsp. [71] stwierdzili, że ekstrakt z owoców tego gatunku bardzo efektywnie zobojętnia wolne rodniki DPPH, osiągając bardzo niskie wartości $EC_{50} = 3.8 \mu\text{g/ml}$. Zespół Kanga przeprowadził również eksperyment mający określić zdolność do wnikania przeciwutleniaczy do żywych komórek i ich ochrony przed stresem oksydacyjnym. *E. precatoria* ponownie okazała się być bardziej efektywna w hamowaniu powstawania wolnych rodników w erytrocytach niż *E. oleracea* [4]. Stwierdzono także pewien potencjał przeciwzapalny surowca. W teście reporterowym SEAP ekstrakty z papki owocowej *E. precatoria* w stężeniu 20 $\mu\text{g/ml}$ hamowały wywołaną przez lipopolisacharyd aktywację czynnika transkrypcyjnego NF- κ B o 23%, kiedy to, w tych samych warunkach, nie obserwowano istotnego efektu w przypadku zastosowania miąższu z *E. oleracea*.

Peixoto i wsp. [71] badali wpływ ekstraktu z *E. precatoria* na przeżywalność nicieni z gatunku *Caenorhabditis elegans*, które były poddawane działaniu juglonu (5-hydroksy-1,4-naftochinon) wywołującego stres oksydacyjny. Okazało się, że im wyższą dawkę ekstraktu podano, tym większa była przeżywalność nicieni. Zbadano również wpływ tego gatunku açaí na starzenie się komórek. Jako czynnik związany z tym procesem oceniano odkładanie się w komórkach pigmentów, jakimi są lipofuscyny. Potwierdzono, że ekstrakt z *E. precatoria* obniżał poziom tych barwników oraz poziom

wolnych rodników w komórkach *C. elegant*, a co za tym idzie spowalniał procesy ich starzenia się [71].

Biorąc pod uwagę dotychczasowe wyniki, *E. precatoria* ma duży potencjał, jeśli chodzi o aktywność biologiczną i może być bardziej użyteczny niż gatunek pierwotnie wykorzystywany w celach prozdrowotnych, jakim jest *E. oleracea*. Jednak dotychczasowe badania w tym zakresie są zbyt ubogie, aby na ich podstawie można było wyciągać ostateczne wnioski w tym zakresie.

Formy stosowania

Owoce açaí nie są spożywane na surowo. Macekuje się je w wodzie, a uzyskany po usunięciu nasienia gęsty sok o kremowej konsystencji określany jako miąższ z açaí butelkuje się lub częściej dodaje do napojów, lodów, kremów, jogurtów, dżemów czy słodczy. Taki produkt po odwodnieniu dodawany jest do napojów izotonicznych i energetyzujących, czasem też jest kapsulkowany, tabletkowany lub przygotowywany jako proszek w saszetkach do sporządzenia shake'ów, koktajli czy herbatek. W ostatnich latach na rynek wprowadzono szereg nowych produktów na bazie owoców *E. oleracea*, takich jak pasteryzowane açaí, açaí z syropem guarany, sproszkowane açaí czy mleko skondensowane z dodatkiem açaí. Miąższ jest też dodawany do produktów spożywczych, ze względu na jego właściwości antyoksydacyjne i barwiące. W zależności od ilości wody użytej do przygotowania produktu wyróżniamy kilka jego rodzajów: (I) miąższ açaí bez dodatku wody, (II) – Typ A – açaí „specjalne lub gęste” zawierające ponad 14% części stałych, (III) – Typ B – açaí „zwykłe lub średnie” zawierające od 11 do 14% związków stałych oraz (IV) – Typ C – „rozrzedzone albo popularne” açaí, które zawiera 8–11% całkowitej zawartości części stałych [8]. Ze względu na ograniczoną trwałość rozpowszechnienie açaí w postaci świeżej jest ograniczone do rynku lokalnego, gdzie zakupić można zamrożoną miąższ z owoców [74]. W niektórych regionach Brazylii owoce są spożywane jako główny posiłek, jako zupa w połączeniu z mąką z manioku lub mieszane z innymi owocami.

Ponadto, ostatnio ze względu na efekt przeciwstarzeniowy i zapobieganie chorobom skóry, owoce açaí są składnikiem produktów kosmetycznych, takich jak szampony, odżywki, kremy przeciwzmarszczkowe, balsamy nawilżające czy kremy do stóp. Jest kilkadziesiąt firm, w tym kilka międzynarodowych, włączających przetwory z açaí do produktów kosmetycznych. Na naszym rynku można zakupić Micelarny szampon Biovax, L'biotica, odżywkę i szampon wzmacniający Garnier Fructis, aktywnie liftingującą maskę Apis Professional Line, oczyszczającą maseczkę detoksykującą

Eveline Botanic Expert, żel pod prysznic Coffee & Acai Organic Shop, peeling solny jagody Acai Nature Quenn czy serum upiększające do twarzy Farsami Unicorn Essence. W sumie asortyment obejmuje kilkadziesiąt takich produktów, z czego najliczniejszą grupę stanowią szampony i odżywki do włosów.

Toksyczność, środki ostrożności i interakcje

Większość badań toksykologicznych raportuje o bezpieczeństwie owoców açaí za względu na brak uszkodzeń DNA, mutacji czy genotoksyczności u zwierząt. Nie stwierdzono genotoksyczności oleju z owoców açaí podawanych samcom szczurów raz na dobę w dawkach 30, 100 i 300 mg/kg [75]. Ewentualne zmiany w strukturze DNA analizowano w leukocytach, komórkach wątroby, szpiku kostnego i jąder. Również Barros i wsp. [29] potwierdzają brak efektu cytotoksycznego ekspektu z owoców wobec linii nienowotworowych komórek wątroby. Nie zauważono efektów ubocznych przy stosowaniu owoców açaí u zwierząt w dawce 2 g/kg masy ciała, co odpowiada jednorażowemu podaniu doustnemu u człowieka około 140 g/kg m.c. [15].

Stwierdzono kilka możliwych interakcji pomiędzy owocami *E. oleracea* i lekami czy suplementami diety. Jednoczesne stosowanie owoców açaí z innymi środkami obniżającymi poziom glukozy może zwiększać ryzyko hipoglikemii. Przyjmowane razem z kofeiną lub produktami ją zawierającymi, takimi jak guarana, mogą powodować dodatkowy efekt pobudzający. U osób z chorobami nerek oraz stosujących leki podnoszące poziom potasu w krwi (np.: β -bloker, inhibitory konwertazy angiotensynowej, spironolakton, cyklosporyna, heparyna) ze względu na znaczną zawartość potasu w surowcu, zwiększa się ryzyko hiperkalemii. Owoce açaí mogą także poprzez aktywację układu odpornościowego redukować działanie immunosupresantów.

Znane są przypadki alergii i nadwrażliwości na owoce açaí, ich składniki, a także inne gatunki z rodziny *Arecaceae*. Nie znane jest bezpieczeństwo stosowania produktów z owoców açaí w ciąży oraz podczas karmienia piersią ze względu na brak takich badań [35].

W literaturze opisywane jest też ryzyko inwazji pierwotniakowej związanej z tradycyjnym przygotowaniem i spożywaniem surowca. Ponieważ do przygotowania przetworów zazwyczaj używa się nieprzygotowanej wody, doustne spożycie soku z owoców wiąże się z ryzykiem zarażenia pierwotniakiem *Trypanosoma cruzi* wywołującym chorobę Chagasa [76]. Jest to związane ze skażeniem owoców açaí odchodami owadów będących wektorami tego pasożyta.

Podsumowanie

Tak jak w innych dziedzinach życia, w leczeniu i dietetyce pojawiają się trendy na stosowanie pewnych surowców, zwłaszcza tych, które mogą mieć znaczenie w aspekcie profilaktyki i leczenia obecnie bardzo rozpowszechnionych chorób cywilizacyjnych. Dodatkowo dostępne na rynku preparaty lecznicze pochodzenia naturalnego są uznawane za wyjątkowo bezpieczne. Niemniej jednak według obecnych wymagań stawianych substancjom roślinnym stosowanym w celach farmaceutycznych lub dietetycznych konieczne jest określenie ich składu chemicznego oraz ich standaryzacja za pomocą zwalidowanych metod analitycznych, co dopiero przekłada się na odpowiednie dawkowanie i gwarantuje skuteczność terapii.

Owoce açaí cieszą się niezwykle popularnością w Europie od niecałych 20 lat, a przeprowadzona w powyższej pracy analiza wskazuje na interesujący, nie tylko odżywczy, potencjał surowca. Jednak dostępna bibliografia ujawnia dość zróżnicowane wyniki co do składu surowca i jego aktywności. Istotna może się okazać kwestia czynników środowiskowych, takich jak wpływ warunków uprawy czy czasu zbioru na optymalizację produkcji metabolitów wtórnych o działaniu farmakologicznym w owocach gatunków rodzaju *Euterpe*. Ważny jest też sposób pozyskania i przygotowania preparatów, aby zachowały trwałość i wykazywały się odpowiednio wysoką aktywnością. Dotychczasowy brak standaryzacji tych parametrów w odniesieniu do owoców açaí powoduje duże różnice co do jakości i ewentualnej efektywności w stosowaniu zawierających je produktów. W ciągu ostatnich kilkunastu lat pojawiały się prace próbujące potwierdzać tradycyjne zastosowania surowca i badać ich mechanizmy. Cały czas jednak brakuje jednoznacznych doniesień na modelach zwierzęcych oraz badań klinicznych, które potwierdziłyby ich znaczenie terapeutyczne i wykazały zasadność stosowania.

Otrzymano: 2019.03.15 · Zaakceptowano: 2019.03.22

Piśmiennictwo

- Llorent-Martínez E.J., Fernández-de Córdova M.L., Ortega-Barralés P., Ruiz-Medina A.: Characterization and comparison of the chemical composition of exotic superfoods. *Microchem J.* 2013, 110: 444–451.
- Sabbe S., Verbeke W., Deliza R., Matta V., Van Damme P.: Effect of a health claim and personal characteristics on consumer acceptance of fruit juices with different concentrations of açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). *Appetite* 2009, 53: 84–92.
- Heinrich M., Dhanji T., Casselman.: Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) – A phytochemical and pharmacological assessment of the species' health claims. *Phytochem Lett* 2011, 4: 10–21.
- Kang J., Thakali K.M., Xie C., Kondo M., Tong Y., Ou B., Jensen G., Medina M.B., Schauss A.G., Wu X.: Bioactivities of açaí (*Euterpe precatoria* Mart.) fruit pulp, superior antioxidant and anti-inflammatory properties to *Euterpe oleracea* Mart. *Food Chem.* 2012, 133: 671–677.
- Font Quer P.I.O.: *Plantas Medicinales – El Dioscórides renovado*. Ed. Botas Barcelona, 1995.
- Matheus M.E., de Oliveria Fernandes S.B., Silveira C.S., Rodrigues V.P., de Sousa Menezes F., Fernandes P.D.: Inhibitory effects of *Euterpe oleracea* Mart. on nitric oxide production and iNOS expression. *J Ethnopharmacol* 2006, 107: 291–296.
- Lee R., Balick M.J.: Palms, people, and health. *Explore* 2008, 4 (1): 59–62.
- De Lima Yamaguchi K.K., Pereira L.F.R., Lamarão C.V., Lima E.S., da Veiga-Junior V.F.: Amazon açaí: Chemistry and biological activities: A review. *Food Chem.* 2015, 179: 137–151.
- Marcason W.: What Is the Açaí Berry and Are There Health Benefits?. *J Acad Nutr Diet.* 2009, 109(11): 1968.
- Alessandra-Perini J., Rodrigues-Baptista K.C., Machado D.E., Nasciutti L.E., Perini J.A.: Anticancer potential, molecular mechanisms and toxicity of *Euterpe oleracea* extract (açaí): A systematic review. *PloS One* 2018, 13, e0200101.
- Henderson A.: *The Palms of the Amazon*. New York: Oxford University Press 1995, 124.
- Gordon A., Cruz A.P.G., Cabral L.M.C., De Freitas S.C., Dib Taxi C.M.A., Donangelo C.M., De Andrade Mattietto R., Friedrich M., Da Matta V.M., Marx F.: Chemical characterization and evaluation of antioxidant properties of Açaí fruits (*Euterpe oleracea* Mart.) during ripening. *Food Chem.* 2012, 133: 256–263.
- Lichtenthaler R., Rodrigues R.B., Maia J.G.S., Papagiannopoulos M., Fabricius H., Marx F.: Total oxidant scavenging capacities of *Euterpe oleracea* Mart. (Açaí) fruits. *Int J Food Sci Nutr.* 2005, 56(1): 53–64.
- Pacheco-Palencia L.A., Duncan C.E., Talcott S.T.: Phytochemical composition and thermal stability of two commercial açaí species, *Euterpe oleracea* and *Euterpe precatoria*. *Food Chem.* 2009, 115(4): 1199–1205.
- Schauss A.G., Wu X., Prior R.L., Ou B., Patel D., Huang D., Kababick J.P.: Phytochemical and Nutrient Composition of the Freeze-Dried Amazonian Palm Berry, *Euterpe oleracea* Mart. (Açaí). *J Agr Food Chem.* 2006, 54(22): 8598–8603.
- Garzón G.A., Narváez-Cuenca C.E., Vincken J.P., Gruppen H.: Polyphenolic composition and antioxidant activity of açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) from Colombia. *Food Chem.* 2017, 217: 364–372.
- Hogan S., Chung H., Zhang L., Li J., Lee Y., Dai Y., Zhou K.: Antiproliferative and antioxidant properties of anthocyanin-rich extract from açaí. *Food Chem.* 2010, 118(2): 208–214.
- Del Pozo-Insfran D., Brenes C.H., Talcott S.T.: Phytochemical Composition and Pigment Stability of Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). *J Agr Food Chem.* 2004, 52(6): 1539–1545.
- Fibigr J., Šatinský D., Solich P.: A UHPLC method for the rapid separation and quantification of anthocyanins in açaí berry and dry blueberry extracts. *J Pharmaceut Biomed.* 2017, 143: 204–213.
- Dias A.L.S., Rozet E., Chataigné G., Oliveira A.C., Rabelo C.A.S., Hubert Ph., Rogez H., Quetin-Leclercq J.: A rapid validated UHPLC–PDA method for anthocyanins quantification from *Euterpe oleracea* fruits. *J Chromatogr. B.* 2012, 907: 108–116.
- Bobbio F.O., Druzian J.I., Abrão P.A., Fadelli S., Bobbio P.A.: Identificação e quantificação das antocianinas do fruto do açaízeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). *Ciência Tecnol Aliment.* 2000, 20: 388–390.
- De Rosso V.V., Hillebrand S., Montilla E.C., Bobbio F.O., Winterhalter P., Mercadante A. Z.: Determination of anthocyanins from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) and açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) by HPLC–PDA–MS/MS. *J Food Compos Anal.* 2008, 21(4): 291–299.
- Bobbio F.O., Bobbio P.A., Oliveira P.A., Fadelli S.: Stability and stabilization of the anthocyanins from *Euterpe oleracea* Mart. *Acta Aliment.* 2002, 31(4): 371–377.
- Kang J., Li Z., Wu T., Jensen G.S., Schauss A.G., Wu X.: Anti-oxidant capacities of flavonoid compounds isolated from açaí pulp (*Euterpe oleracea* Mart.). *Food Chem.* 2010, 122(3): 610–617.
- Mulabagal V., Calderón A.I.: Liquid chromatography/mass spectrometry based fingerprinting analysis and mass profiling of *Euterpe oleracea* (açaí) dietary supplement raw materials. *Food Chem.* 2012, 134(2): 1156–1164.
- Dias A.L., Rozet E., Larondelle Y., Hubert P., Rogez H., Quetin-Leclercq J.: Development and validation of an UHPLC–LTQ–Orbitrap MS method for non-anthocyanin flavonoids quantification in *Euterpe oleracea* juice. *Anal Bioanal Chem.* 2013, 405(28): 9235–9249.
- Kang J., Xie C., Li Z., Nagarajan S., Schauss A.G., Wu T., Wu X.: Flavonoids from açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp and their antioxidant and anti-inflammatory activities. *Food Chem.* 2011, 128(1): 152–157.
- Pacheco-Palencia L.A., Talcott S.T.: Chemical stability of açaí fruit (*Euterpe oleracea* Mart.) anthocyanins as influenced by naturally occurring and externally added polyphenolic cofactors in model systems. *Food Chem.* 2010, 118(1): 17–25.

29. Barros L., Calhella R.C., Queiroz M.J.R.P., Santos-Buelga C., Santos E.A., Regis W.C.B., Ferreira I.C.F.R.: The powerful *in vitro* bioactivity of *Euterpe oleracea* Mart. Seeds and related phenolic compounds. *Ind Crop Prod.* 2015, 76: 318–322.
30. Rodrigues R.B., Lichtenthaler R., Zimmermann B.F., Papagiannopoulos M., Fabricius H., Marx F. Maia J.G.S., Almeida O.: Total Oxidant Scavenging Capacity of *Euterpe oleracea* Mart. (Açaí) Seeds and Identification of Their Polyphenolic Compounds. *J Agr Food Chem.* 2006, 54(12): 4162–4167.
31. Chin Y.W., Chai H.B., Keller W.J., Kinghorn A.D.: Lignans and Other Constituents of the Fruits of *Euterpe oleracea* (Açaí) with Antioxidant and Cytoprotective Activities. *J Agr Food Chem.* 2008, 56(17): 7759–7764.
32. Ribeiro J.C., Antunes L.M.G., Aissa A.F., Darin J.C., De Rosso V.V., Mercadante A.Z., Bianchi L.Mde.: Evaluation of the genotoxic and antigenotoxic effects after acute and subacute treatments with açai pulp (*Euterpe oleracea* Mart.) on mice using the erythrocytes micronucleus test and the comet assay. *Mutat Res-Gen Tox En.* 2010, 695(1–2): 22–28.
33. Da Costa P.A., Ballus C.A., Teixeira-Filho J., Godoy H.T.: Phytosterols and tocopherols content of pulps and nuts of Brazilian fruits. *Food Res Int.* 2010, 43(6): 1603–1606.
34. Darnet S., Serra J.L., Da Cruz Rodrigues A.M., Meller da Silva L.H.: A high-performance liquid chromatography method to measure tocopherols in açai pulp (*Euterpe oleracea*). *Food Res Int.* 2011, 44(7): 2107–2111.
35. Ulbricht C., Brigham A., Burke D., Costa D., Giese N., Iovin R., Grimes Serrano J.M., Tanguay-Colucci S., Weissner W., Windsor R.: An Evidence-Based Systematic Review of Acai (*Euterpe oleracea*) by the Natural Standard Research Collaboration. *J Diet Suppl.* 2012, 9(2): 128–147.
36. Pala D., Barbosa P.O., Silva C.T., De Souza M.O., Freitas F.R., Volp A.C.P., Maranhão R.C., De Freitas R.N.: Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) dietary intake affects plasma lipids, apolipoproteins, cholesteryl ester transfer to high-density lipoprotein and redox metabolism: A prospective study in women. *Clin Nutr.* 2018, 37(2): 618–623.
37. Cybul M., Nowak R.: Przegląd metod stosowanych w analizie właściwości antyoksydacyjnych wyciągów roślinnych. *Herba Polonica* 2008, 54(1): 68–78.
38. Schauss A.G., Wu X., Prior R.L., Ou B., Huang D., Owens J., Agarwal A., Jensen G.S., Hart A.N., Shanbrom E.: Antioxidant Capacity and Other Bioactivities of Freeze-Dried Amazonian Palm Berry, *Euterpe oleracea* Mart. (Acai). *J Agr Food Chem.* 2006, 54(22): 8604–8610.
39. Spada P.D.S., Dani C., Bortolini G.V., Funchal C., Henriques J.A.P., Salvador M.: Frozen Fruit Pulp of *Euterpe oleraceae* Mart. (Acai) Prevents Hydrogen Peroxide-Induced Damage in the Cerebral Cortex, Cerebellum, and Hippocampus of Rats. *J Med Food.* 2009, 12(5): 1084–1088.
40. Jensen G.S., Wu X., Patterson K.M., Barnes J., Carter S.G., Scherwitz L., Beaman R., Endres J.R., Schauss A.G.: In Vitro and in Vivo Antioxidant and Anti-inflammatory Capacities of an Antioxidant-Rich Fruit and Berry Juice Blend. Results of a Pilot and Randomized, Double-Blinded, Placebo-Controlled, Crossover Study. *J Agr Food Chem.* 2008, 56(18): 8326–8333.
41. De Moura R.S., Pires K.M.P., Santos Ferreira T., Lopes A.A., Nesi R.T., Resende A.C., Sousa P.J.C., Da Silva A.J.R., Porto L.C., Valença S.S.: Addition of açai (*Euterpe oleracea*) to cigarettes has a protective effect against emphysema in mice. *Food Chem Toxicol.* 2011, 49(4): 855–863.
42. De Moura R.S., Santos Ferreira T., Lopes A.A., Pires K.M.P., Nesi R.T., Resende A.C., Sousa P.J.C., Da Silva A.J.R., Borges R.M., Porto L.C., Valença S.S.: Effects of *Euterpe oleracea* Mart. (AÇAÍ) extract in acute lung inflammation induced by cigarette smoke in the mouse. *Phyto-medicine* 2012, 19 (3–4): 262–269.
43. Xie C., Kang J., Burris R., Ferguson M.E., Schauss A.G., Nagarajan S., Wu X.: Açai juice attenuates atherosclerosis in ApoE deficient mice through antioxidant and anti-inflammatory activities. *Atherosclerosis* 2011, 216(2): 327–333.
44. Favacho H.A.S., Oliveira B.R., Santos K.C., Medeiros B.J.L., Sousa P.J.C., Perazzo F.F., Carvalho J.C.T.: Anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Euterpe oleracea* Mart., Arecaceae, oil. *Rev Bras Farmacogn.* 2011, 21(1): 105–114.
45. Choi Y.J., Choi Y.J., Kim N., Nam R.H., Lee S., Lee H.S., Lee H.N. Surh Y.J., Lee D.H.: Açai Berries Inhibit Colon Tumorigenesis in Azoxymethane/Dextran Sulfate Sodium-Treated Mice. *Gut Liver* 2017, 11(2): 243–252.
46. Stoner G.D., Wang L.S., Seguin C., Rocha C., Stoner K., Chiu S., Kinghorn A.D.: Multiple Berry Types Prevent N-nitrosomethylbenzylamine-Induced Esophageal Cancer in Rats. *Pharm Res* 2010, 27(6): 1138–1145.
47. Del Pozo-Isfran D., Percival S. S., Talcott S. T.: Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) Polyphenolics in Their Glycoside and Aglycone Forms Induce Apoptosis of HL-60 Leukemia Cells. *J Agr Food Chem.* 2006, 54(4): 1222–1229.
48. Fragoso M.F., Prado M.G., Barbosa L., Rocha N.S., Barbisan L.F.: Inhibition of Mouse Urinary Bladder Carcinogenesis by Açai Fruit (*Euterpe oleraceae* Martius) Intake. *Plant Foods Hum Nutr.* 2012, 67(3): 235–241.
49. Fragoso M.F., Romualdo G.R., Ribeiro D.A., Barbisan L.F.: Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) feeding attenuates dimethylhydrazine-induced rat colon carcinogenesis. *Food Chem Toxicol.* 2013, 58: 68–76.
50. Martinez R.M., Guimarães D.A.B., Berniz C.R., Abreu J.P., Rocha A.P.M., Moura R.S., Resende A.C., Teodoro A. J.: Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) Seed Extract Induces Cell Cycle Arrest and Apoptosis in Human Lung Carcinoma Cells. *Foods* 2018, 7(11), 178.
51. Monge-Fuentes V., Muehlimann L.A., Longo J.P.F., Silva J.R., Fascinel M.L., de Souza P., Faria F., Degterev I.A., Rodriguez A., Carneiro F.P., Lucci C.M., Escobar P., Amorim R.F.B., Azevedo R.B.: Photodynamic therapy mediated by açai oil (*Euterpe oleracea* Martius) in nanoemulsion: A potential treatment for melanoma. *J Photoch Photobio B: Biology* 2017, 166: 301–310.
52. De Souza M.O., Silva L.S., Magalhães C.L.B., Figueiredo B.B., Costa D.C., Silva M.E., Pedrosa M.L.: The hypocholesterolemic activity of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) is mediated by the enhanced expression of the ATP-binding cassette, subfamily G transporters 5 and 8 and low-density lipoprotein receptor genes in the rat. *Nutr Res.* 2012, 32(12): 976–984.
53. De Souza M.O., Silva M., Silva M.E., Oliveira R.P., Pedrosa M.L.: Diet supplementation with açai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp improves biomarkers of oxidative stress and the serum lipid profile in rats. *Nutrition* 2010, 26(7–8): 804–810.
54. Chapman, M.J., Caslake, M.: Non-high-density lipoprotein cholesterol as a risk factor: addressing risk associated with apolipoprotein B-containing lipoproteins. *Eur Heart J Suppl.* 2004, 6(suppl_A), A43–A48.
55. Feio C.A., Izar M.C., Ihara S.S., Kasma S.H., Martins C.M., Feio M.N., Maués L.A., Borges N.C., Moreno R.A., Póvoa R.M., Fonseca F.A.: *Euterpe oleracea* (Açaí) Modifies Sterol Metabolism and Attenuates Experimentally-Induced Atherosclerosis. *J Atheroscler Thromb.* 2012, 19(3), 237–245.
56. de Oliveira P.R.B., da Costa C.A., de Bem G.F., Marins de Cavalho L.C.R., de Souza M.A.V., de Lemos Neto M., da Cunha Sousa P.J., de Moura R.S., Resende A.C.: Effects of an Extract Obtained From Fruits of *Euterpe oleracea* Mart. in the Components of Metabolic Syndrome Induced in C57BL/6J Mice Fed a High-fat Diet. *J Cardiovasc Pharm.* 2010, 56(6): 619–626.
57. da Costa Guerra J.F., Maciel P.S., de Abreu I.C.M.E., Pereira R.R., Silva M., de Moraes Cardoso L., Pinheiro-Sant'Ana H.M., de Lima W.G., Silva M.E., Pedrosa M.L.: Dietary açai attenuates hepatic steatosis via adiponectin-mediated effects on lipid metabolism in high-fat diet mice. *J Funct Foods.* 2015, 14: 192–202.
58. de Bem G.F., da Costa C.A., Cordeiro V.S.C., Santos I.B., de Carvalho L.C.R.M., de Andrade Soares R., Ribeiro J.H., de Souza M.A.V., da Cunha Sousa P.J., Ognibene D.T., Resende A.C., de Moura R.S.: *Euterpe oleracea* Mart. (açai) seed extract associated with exercise training reduces hepatic steatosis in type 2 diabetic rats. *J Nutr Biochem.* 2018, 52: 70–81.
59. de Bem G.F., Costa C.A., Santos I.B., Cordeiro V.S.C., de Carvalho L.C.R.M., de Souza M.A.V., de Andrade Soares R.A., da Cunha Sousa P.J., Ognibene D.T., Resende A.C., de Moura R.S.: Antidiabetic effect of *Euterpe oleracea* Mart. (açai) extract and exercise training on high-fat diet and streptozotocin-induced diabetic rats: A positive interaction. *PLoS One* 2018, 13(6): 1–19.
60. Udani J.K., Singh B.B., Singh V.J., Barrett M.L.: Effects of Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) berry preparation on metabolic parameters in a healthy overweight population: A pilot study. *Nutr J.* 2011, 10(1): 45–50.
61. Rocha A.P.M., Carvalho L.C.R.M., Sousa M.A.V., Madeira S.V.F., Sousa P.J.C., Tano T., Schini-Kerth V.B., Resende A.C., Soares de Moura R.: Endothelium-dependent vasodilator effect of *Euterpe oleracea* Mart. (Açaí) extracts in mesenteric vascular bed of the rat. *Vasc Pharmacol.* 2007, 46(2): 97–104.
62. Rocha A.P.M., Resende A.C., Souza M.A.V., Carvalho L.C.R.M., Sousa P.J.C., Tano T., Criddle D.N., Porto L.C., Valença S.S., de Moura R.S.: Antihypertensive Effects and Antioxidant Action of a Hydro-Alcoholic Extract Obtained from Fruits of *Euterpe oleracea* Mart. (Açaí). *J Pharmacol Toxicol.* 2008, 3(6): 435–448.
63. Gale A.M., Kaur R., Baker W.L.: Hemodynamic and electrocardiographic effects of açai berry in healthy volunteers: A randomized controlled trial. *Int J Cardiol.* 2014, 174(2): 421–423.
64. Dias-Souza M.V., Santos R.M., Cerávolo I.P., Cosenza G., Marçal P.H.F., Figueiredo F.J.B.: *Euterpe oleracea* pulp extract: Chemical analyses, antibiofilm activity against *Staphylococcus aureus*,

- cytotoxicity and interference on the activity of antimicrobial drugs. *Microb Pathogenesis* 2018, 114: 29–35.
65. Høiby N., Ciofu O., Johansen H.K., Song Z.J., Moser C., Jensen P.O., Molin S., Givskov M., Tolker-Nielsen T., Bjarnsholt T.: The clinical impact of bacterial biofilms. *Int J Oral Sci.* 2011, 3: 55–65.
 66. Gonçalves G.M.S., Santos N.P., Srebernick S.M.: Antioxidant and antimicrobial activities of propolis and açai (*Euterpe oleracea* Mart) extracts. *Rev Ciênc Farm Básica Apl.* 2011, 32(3): 349–356.
 67. Paz M., Güllon P., Barroso M.F., Carvalho A.P., Domingues V.F., Gomes A.M., Becker H., Longhinotti E., Delerue-Matos C.: Brazilian fruit pulps as functional foods and additives: Evaluation of bioactive compounds. *Food Chem.* 2015, 172: 462–468.
 68. Souza-Monteiro J.R., Hamoy M., Santana-Coelho D., Arrifano G.P.F., Paraense R.S.O., Costa-Malaquias A., Mendonça J.R., da Silva R.F., Monteiro W.S.C., Rogez H., de Oliveira D.L., do Nascimento J.L.M. Crespo-López M.E.: Anticonvulsant properties of *Euterpe oleracea* in mice. *Neurochem Int.* 2015, 90: 20–27.
 69. Córdova-Fraga T., de Araujo D.B., Sanchez T.A., Elias J.J., Carneiro A.A.O., Brandt-Oliveira R., Sosa M., Baffa O.: *Euterpe Oleracea* (Açaí) as an alternative oral contrast agent in MRI of the gastrointestinal system: preliminary results. *Magn Reson Imaging* 2004, 22(3): 389–393.
 70. Galotta A.L.Q.A., Boaventura M.A.D., Lima L.A.R.S.: Antioxidant and cytotoxic activities of 'açai' (*Euterpe precatoria* Mart.). *Quim Nova* 2008, 31 (6): 1427–1430.
 71. Peixoto H., Roxo M., Krstin S., Röhrig T., Richling E., Wink M.: An Anthocyanin-Rich Extract of Acai (*Euterpe precatoria* Mart.) Increases Stress Resistance and Retards Aging-Related Markers in *Caenorhabditis elegans*. *J Agric Food Chem.* 2016, 64(6): 1283–1290.
 72. Jensen J.F., Kvist L.P., Christensen S.B.: An antiplasmodial Lignan from *Euterpe precatoria*. *J Nat Prod.* 2002, 65: 1915–1917.
 73. Galotta A.L.Q.A., Bonaventura M.A.D.: Chemical constituents from roots and leaf stalks of açai (*Euterpe precatoria* Mart., Arecaceae). *Quim Nova* 2005, 28(4): 610–613.
 74. Pacheco-Palencia L.A., Hawken P., Talcott S.T.: Phytochemical, antioxidant and pigment stability of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) as affected by clarification, ascorbic acid fortification and storage. *Food Res Int.* 2007, 40(5): 620–628.
 75. Marques E.S., Froder J.G., Carvalho J.C.T., Rosa P.C.P., Perazzo F.F., Maistro E.L.: Evaluation of the genotoxicity of *Euterpe oleracea* Mart. (Arecaceae) fruit oil (açai), in mammalian cells *in vivo*. *Food Chem Toxicol.* 2016, 93: 13–19.
 76. Pereira K.S., Schmidt F.L., Guaraldo A.M.A., Franco R.M.B., Dias V.L., Passos L.A.C.: Chagas' Disease as a Foodborne Illness. *J Food Protect.* 2009, 72(2): 441–446.