

Dr inż. Anna PIOTROWSKA
Inż. Monika GÓRALCZYK
Mgr inż. Małgorzata ŻEBROWSKA-KRASUSKA
Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa
Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, SGGW w Warszawie

OWOCE JAGODOWE I ICH PRZETWORY JAKO ŹRÓDŁA PRZECIWUTLENIACZY®

Rozwój nauki pogłębia naszą wiedzę na temat wpływu diety na stan zdrowia i sprawność fizyczną. Rośnie zainteresowanie produktami spożywczymi będącymi źródłem składników bioaktywnych, pełniących istotną rolę w prewencji chorób cywilizacyjnych. Do grupy tych związków należą antyoksydanty. W artykule scharakteryzowano rolę przeciwutleniaczy jako składników wspomagających naturalną obronę organizmu przed negatywnymi skutkami stresu oksydacyjnego. Omówiono zawartość przeciwutleniaczy w wybranych owocach jagodowych – truskawce, porzeczkę czarnej, aronii i borówce wysokiej. Scharakteryzowano czynniki wpływające na zawartość przeciwutleniaczy zarówno w owocach jak i otrzymanych z nich przetworach.

Słowa kluczowe: przeciwutleniacze, stres oksydacyjny, owoce jagodowe, przetwory owocowe.

WSTĘP

Postęp w dziedzinie nauki prowadzi do coraz lepszego poznania czynników zwiększających ryzyko rozwoju chorób cywilizacyjnych, do których zaliczamy m. in.: miażdżycę, nadciśnienie tętnicze, udary mózgu, niektóre postacie nowotworów, chorobę wieńcową, otyłość. Istnieje coraz więcej dowodów naukowych, że poza czynnikami genetycznymi, zanieczyszczeniem środowiska, niewłaściwym stylem życia (palenie papierosów, nadużywanie alkoholu, brak ruchu, stres związany z rosnącym tempem życia), u podłoża rozwoju wielu z nich leży niewłaściwa dieta. Świadomość tego faktu sprawia, że spożycie żywności przestaje być jedynie aktem zaspokojenia głodu. Coraz więcej konsumentów poszukuje produktów spożywczych o właściwościach prozdrowotnych, których spożycie dostarczy składników bioaktywnych sprzyjających zachowaniu dobrego stanu zdrowia, opóźni procesy starzenia [10, 17]. Do grupy substancji korzystnie oddziałujących na zdrowie zaliczyć można między innymi związki o charakterze przeciwutleniaczy. Wyniki wielu badań wskazują że żywność bogata w naturalne przeciwutleniacze, m.in. polifenole, witaminy (A,C,E,K) karotenoidy oraz składniki mineralne (cynk, selen) może w znaczący sposób przyczyniać się do wzrostu potencjału antyoksydacyjnego naszego organizmu. Przeciwutleniacze dostarczone z dietą stanowią dodatkowy system, który wzmacnia naturalną obronę organizmu, bezpośrednio lub pośrednio wpływając na utrzymanie homeostazy. Zaleca się zwiększenie podaży naturalnych przeciwutleniaczy w diecie [4, 17, 18, 31]. Bardzo ważnym źródłem przeciwutleniaczy są owoce i warzywa. Ich odpowiednia podaż w diecie odgrywa bardzo istotną rolę w prewencji szeregu chorób cywilizacyjnych. Szczególnie bogate w składniki przeciwutleniające, zwłaszcza związki fenolowe i kwas askorbinowy, są owoce jagodowe do których zaliczamy: truskawki, maliny, poziomki, agrest, winogrona, porzeczki (czarne, czerwone i białe), aronię, jeżynę, borówkę wysoką i różę owocową. [22, 30, 31]. **Celem artykułu jest charakterystyka wybranych**

owoców jagodowych i ich przetworów, jako źródeł związków o charakterze antyoksydacyjnym, pełniących istotną rolę w obronie organizmu przed negatywnymi skutkami stresu oksydacyjnego.

ROLA PRZECIWUTLENIACZY W PREWENCJI CHORÓB CYWILIZACYJNYCH

Jak wykazują badania, w patogenezie szeregu chorób cywilizacyjnych mają swój udział reaktywne formy tlenu. Zapoczątkowują one liczne niekorzystne zmiany oksydacyjne w komórce. Rodniki tlenowe powstają w następstwie procesów metabolicznych naturalnie przebiegających w organizmie, na przykład oddychania tlenowego. Do obrony przed reaktywnymi formami tlenu organizm wykorzystuje własny układ enzymatyczny, do którego należą między innymi enzymy takie jak peroksydaza glutationowa, katalaza, dysmutaza ponadtlenkowa. Ważną rolę pełnią również endogenne antyoksydanty - glutation, kwas moczowy, cysteina, bilirubina i inne [4, 17, 30]. Jednak w niekorzystnych warunkach (na przykład w wyniku silnego i długotrwałego stresu emocjonalnego, w konsekwencji skażenia środowiska w tym żywności, oddziaływania promieniowania UV a także na skutek palenia papierosów czy nadużywania alkoholu) dochodzi do zachwiania równowagi redox, a w konsekwencji nadmiernego gromadzenia się reaktywnych wolnych rodników. Zjawisko to określamy mianem stresu oksydacyjnego [4, 6, 31]. Działanie wolnych rodników prowadzi do interakcji z makrocząsteczkami komórkowymi, takimi jak: tłuszcze, białka, cukry oraz kwasy nukleinowe, a w konsekwencji do wielu negatywnych zmian, m.in.: przerwania nici DNA, mutacji punktowych, mutacji chromosomalnych i ostatecznie do śmierci komórki. Podczas gdy jest zachowana homeostaza organizmu, wolne rodniki ulegają niszczeniu bądź też biorą udział w przemianach biochemicznych, dzięki czemu ich funkcjonowanie jest unieczynniane. Zbyt duża ilość wolnych rodników, które nie uległy zneutralizowaniu przyczynia się do uszkodzenia zarówno układu komórkowego jak i tkanekowego [22]. Badania wykazują, że stres oksydacyjny może być przyczyną wielu chorób na przykład miażdżycy, schorzeń reumatycznych, cukrzycy, chorób nowotworowych,

może również stymulować rozwój chorób takich jak choroba Parkinsona czy Alzheimer. W profilaktyce chorób cywilizacyjnych duże znaczenie odgrywa odpowiednia podaż w diecie związków o charakterze przeciwutleniaczy. Stanowią one dodatkowy system, który wzmacnia naturalną obronę organizmu, bezpośrednio lub pośrednio wpływając na utrzymanie homeostazy [4, 10, 6, 30, 31]. Działanie antyoksydantów polega na opóźnieniu reakcji inicjacji lub przerwaniu łańcucha reakcji wolnorodnikowej. Charakteryzują się one wysoką skutecznością przy małym stężeniu w stosunku do utlenianego substratu. Właściwości antyoksydacyjne wykazuje duża ilość różnorodnych związków chemicznych obecnych w roślinach, a w szczególności ich jadalnych częściach, takich jak: korzenie, liście, owoce (skórka), nasiona czy bulwy [4, 19, 31].

CHARAKTERYSTYKA PRZECIWUTLENIACZY W WYBRANYCH OWOCACH JAGODOWYCH

Owocem jagodowym bardzo cenionym w Polsce są truskawki [20]. Do najważniejszych przeciwutleniaczy występujących w owocach truskawki należą związki fenolowe i witamina C. Według dostępnych w literaturze danych zawartość związków fenolowych w owocach truskawki wynosi średnio około 20 mg/g s.m. [3, 31, 33]. Spośród polifenoli w największej ilości występują antocyjany a także kwas ellagowy oraz jego pochodne (ellagitanniny i glikozydy), stanowiące 35-40% całkowitej zawartości związków polifenolowych truskawki. Występujące w truskawkach flawonole w postaci połączeń kempferolu, p-kumarolu oraz kwercetyny są związkami mniej istotnymi, jednakże ich obecność także przyczynia się do znacznej aktywności antyoksydacyjnej [3]. W zależności od odmiany truskawki różnią się składem zarówno jakościowym jak i ilościowym zawartych w nich związków fenolowych, a tym samym pojemnością przeciwutleniającą [1,33]. W badaniach Żmudy i wsp. [33] wykazano, że odmiany obfitujące w antocyjany (Kama, Honey oraz Dukat) zawierały ich w przybliżeniu 2,5-3 razy więcej niż odmiany o najniższej zawartości tych związków. Poza odmianą na zawartość polifenoli w owocach truskawki wpływają również inne czynniki takie jak dojrzałość owoców, warunki uprawy [22]. Biosynteza antocyjanów w głównej mierze zależy od promieniowania słonecznego, a także od zawartości w glebie azotu [1]. Związki te gromadzą się w zewnętrznej części owoców w późniejszym stadium dojrzwania i są odpowiedzialne za stabilność barwy owoców oraz jej odcień [33]. Kwas askorbinowy występuje w truskawkach w ilości od 35 do 104mg/100g [3, 31] i stanowi on w przybliżeniu 15% pojemności przeciwutleniającej tych owoców [8]. W badaniach Żmudy i wsp. [33] wykazano, że odmiany obfitujące w witaminę C odznaczały się równocześnie niższą zawartością antocyjanów i odwrotnie.

Do owoców bogatych w związki o charakterze przeciwutleniaczy należy również czarna porzeczka. Charakteryzuje się ona znacznie wyższą zawartością polifenoli i witaminy C w porównaniu z porzeczką białą i czerwoną. Średnia zawartość związków polifenolowych w owocach czarnej porzeczki kształtuje się na poziomie 25 mg/g s.m, z czego 1/3 stanowią antocyjany [3, 13]. Barwniki te są obecne w skórce owoców i dopiero wskutek rozdrobnienia miąższu owoców ulega zabarwieniu [21]. Poza antocyjanami, w owocach czarnej

porzeczki obecne są również fenolokwasy i flawonole. Wykazano, że spożywanie czarnej porzeczki w znaczący sposób przyczynia się do podwyższenia zawartości kwercetyny w surowicy krwi organizmu ludzkiego. Czarna porzeczka jest również doskonałym źródłem witaminy C – zawartość kwasu askorbinowego w owocach kształtuje się na poziomie od 120 do 215 mg/100g, przy czym jego ilość zależy zarówno od miejsca uprawy jak i odmiany. Z roślin rosnących w Polsce jedynie w owocach dzikiej róży występuje więcej tego składnika. Owoce czarnej porzeczki zawierają także znaczącą ilość karotenoidów, w szczególności beta-karotenu i luteiny, korzystnie wpływających na wzrok. Dzięki bogactwu substancji bioaktywnych obecnych w owocach czarnej porzeczki, ich potencjał antyoksydacyjny jest bardzo wysoki, zbliżony do potencjału antyoksydacyjnego dziko rosnących jagód [3].

Spośród owoców jagodowych coraz większe zainteresowanie budzi aronia, roślina pochodząca z Ameryki Północnej. Najcenniejsza w składzie chemicznym owoców aronii jest wysoka zawartość polifenoli [8]. W badaniach przeprowadzonych w Finlandii to właśnie aronia, spośród 180 ocenianych surowców roślinnych, została uznana za najbogatsze źródło związków polifenolowych [15]. Ich całkowitą ilość określa się na poziomie od 40 do 70 mg/g s.m., z czego przeszło połowę stanowią antocyjany, nadające barwie owoców czarny odcień. [3, 9]. W owocach rzadko występują równocześnie duże ilości zarówno antocyjanów jak i proantocyjanidyn - aronia stanowi wyjątek. Obecne w cząsteczce procyjanidyn liczne grupy OH wykazują wielokrotnie wyższą aktywność przeciwutleniającą aniżeli witamina C i E [9]. Zasobność związków polifenolowych owoców aronii nie ogranicza się jedynie do proantocyjanyn i antocyjanów, występują w nich także fenolokwasy i flawonole. Inne przeciwutleniacze, takie jak: karotenoidy oraz kwas askorbinowy występują w owocach aronii w niewielkiej ilości. Zawartość witaminy C wynosi średnio około 20 mg/100 g owoców, a więc zdecydowanie mniej niż w czarnej porzeczce [3, 9].

Wysoką aktywnością przeciwutleniającą charakteryzują się także owoce borówki wysokiej, szczególnie cenione przez Amerykanów, którzy nazywają je „owocami XXI wieku” [3]. Również w Polsce w ostatnich latach obserwuje się coraz większe zainteresowanie konsumentów tą rośliną [29]. Owoce borówki wysokiej charakteryzują się wysoką zawartością związków polifenolowych a w szczególności antocyjanów. Ilość antocyjanów w owocach borówki wysokiej waha się w bardzo szerokim przedziale wynoszącym od 25 do 495mg/100g i zależy od odmiany, stopnia dojrzałości i wielkości owoców, warunków klimatycznych oraz agrotechnicznych uprawy, a także od czasu i warunków przechowywania owoców [26].

WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCE PRZETWORÓW Z OWOCÓW JAGODOWYCH

Najsilniejszymi właściwościami przeciwutleniającymi charakteryzują się owoce jagodowe w postaci surowej. Jednak spożywamy je głównie w postaci przetworów – soków, nektarów, napojów, dżemów, kompotów, musów, mrożonek. Wynika to przede wszystkim z faktu, że są one surowcami sezonowymi, ponadto wiele z nich (na przykład truskawki), charakteryzuje się niską trwałością i wymaga szybkiego

utrwalenia po zbiorze [7]. Wyższą trwałością odznaczają się owoce aronii, jednak ze względu na swój kwaśny i cierpki smak nie są zaliczane do owoców deserowych. Przyczyną takich cech sensorycznych jest duża ilość związków polifenolowych, a w szczególności proantocyjanidyn, które nadają owocom cierpki i gorzki smak. Ich oligomery wykazują duże powinowactwo z białkami, tworzą z nimi wiązania przez co powodują ścinanie białek. Skutkiem tego jest uczucie suchości, dławienia w ustach które odczuwamy podczas spożywania owoców aronii. W konsekwencji, pomimo wyjątkowo wysokiej wartości prozdrowotnej owoców aronii, z powodu mało pożądanego cech organoleptycznych, nie są one chętnie spożywane w stanie surowym. Stanowią jednak cenny surowiec dla przetwórstwa [9].

Procesy technologiczne wywierają wpływ na właściwości antyoksydacyjne otrzymanych przetworów. Pojemność przeciwutleniająca zależy od zawartości owoców w produkowanym wyrobie, parametrów procesów jednostkowych w trakcie przetwarzania, jak również czasu i warunków przechowywania [7, 14, 22, 27].

Pomimo że większość procesów stosowanych podczas przetwarzania owoców jagodowych wpływa na obniżenie ich potencjału antyoksydacyjnego w stosunku do surowca wyjściowego, przetwory te nadal stanowią bogate źródło przeciwutleniaczy. Wyniki badań wskazują na ich wyższą aktywność przeciwutleniającą w porównaniu z innymi przetworami owocowymi. W badaniach przeprowadzonych przez Zajęca i Podsędek [32] wykazano, że soki z aronii oraz z czarnej porzeczki charakteryzują się istotnie wyższą zawartością związków polifenolowych w porównaniu do soku pomarańczowego, grejpfrutowego oraz soku z jabłek. Wysoka zawartość związków polifenolowych w ocenianych sokach z owoców jagodowych korelowała z wysoką efektywnością zmiatania rodników DPPH. Aktywność przeciwutleniająca soku z aronii i z czarnej porzeczki była około dwukrotnie wyższa w porównaniu do soków z owoców cytrusowych oraz prawie pięciokrotnie wyższa w odniesieniu do soku jabłkowego. W badaniach przeprowadzonych przez Człapkę-Matyasik i wsp. [5] dokonano porównania potencjału antyoksydacyjnego wybranych soków owocowych dostępnych na polskim rynku. Ocenie poddano sok z czarnej porzeczki, aroniowy, z czerwonych winogron, grejpfrutowy, pomarańczowy, jabłkowy oraz napój pomarańczowy. Najwyższą zdolnością do hamowania reakcji utlenienia zachodzącej pod wpływem rodnika DPPH charakteryzowały się soki: z czarnej porzeczki, z czerwonych winogron i aroniowy. Omawiane soki (tzw. „soki ciemne”) charakteryzowały się istotnie wyższym potencjałem antyoksydacyjnym w porównaniu do soku jabłkowego, pomarańczowego i grejpfrutowego, a zwłaszcza napoju pomarańczowego, który w grupie omawianych produktów cechował się najniższą zdolnością do hamowania reakcji utlenienia zachodzącej pod wpływem rodnika DPPH. Wysoką aktywność przeciwrodnikową soku z czarnej porzeczki, czerwonych winogron oraz aroniowego autorzy tłumaczą wysoką zawartością antocyjanów i zalecają aby soki ciemne, będące dobrym źródłem antyoksydantów, były systematycznie spożywane.

W badaniach Mirończuk-Chodakowskiej i wsp. [11] oznaczono zawartość polifenoli ogółem i aktywność antyoksydacyjną różnych rodzajów dżemów: ananasowego, brzoskwińskiego, morelowego jagodowego, pomarańczowego

oraz z czarnej porzeczki. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono większą zawartość polifenoli ogółem w dżemach pochodzących z owoców o ciemniejszej barwie. Dżemy z jagód i czarnej porzeczki charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością polifenoli ogółem w porównaniu z przetworami otrzymanymi z pomarańczy, brzoskwiń, ananasów, czy moreli. Badania Kolniak i wsp. [9] wykazały, że przecier z aronii charakteryzuje się bardzo wysoką zawartością polifenoli (ponad 2500mg/100g) i w konsekwencji wysoką aktywnością przeciwutleniającą. Dodatek do przecieru z aronii innych surowców (jabłka, dyni czy śliwek) powodował zmniejszenie zawartości związków polifenolowych ogółem oraz obniżenie pojemności przeciwutleniającej. W badaniach przeprowadzonych przez Zajęca i Podsędek [32] wykazano, że sok wytwarzany z owoców aronii stanowi bogate źródło przeciwutleniaczy, zawierając w swym składzie średnio 1525 mg/l polifenoli i 89 mg/l kwasu askorbinowego.

CZynniki technologiczne wpływające na zawartość przeciwutleniaczy w przetworach z owoców jagodowych

Duże straty związków polifenolowych następują podczas procesu tłoczenia soków. W badaniach przeprowadzonych przez Oszmiańskiego i wsp. [16] wykazano, że proces tłoczenia powoduje około 5-krotny spadek ilości związków fenolowych (głównie katechin i proantocyjanidyn) w porównaniu ich zawartości w surowcu (truskawkach). Tak duże straty cennych biologicznie substancji na tym etapie produkcji związane są z nierozpuszczalnymi polisacharydami obecnymi w ścianach komórkowych, które w dużej mierze wiążą te związki i zostają w wytlókach, zmniejszając tym samym ilość związków fenolowych w soku. Zarówno z punktu widzenia ekonomicznego jak i wartości prozdrowotnej otrzymanych przetworów korzystne jest zastosowanie podczas produkcji soków procesu maceracji. Ma on na celu poprawę wydajności tłoczenia oraz zwiększenie wydobycia substancji biologicznie aktywnych z tkanek surowca [7]. Do grupy owoców szczególnie trudno poddających się procesowi tłoczenia należy czarna porzeczka. Wynika to z wysokiej zawartości pektyn, a w szczególności frakcji wywołujących nadmierną lepkość miazgi. Z tych powodów w produkcji nektarów i napojów z czarnej porzeczki konieczne jest stosowanie wstępnej obróbki cieplnej i enzymatycznej owoców. Obróbka ta jest zalecana także ze względu na otrzymanie odpowiedniej zawartości związków polifenolowych w tym także antocyjanów obecnych w skórce, których wydobycie ze struktur komórkowych jest trudne i mało skuteczne. W wyniku zastosowania odpowiedniej obróbki, w miazdze następują przemiany strukturotwórczych składników w istotnym stopniu warunkujące zarazem wydajność soku jak również uwalnianie związków polifenolowych z miazgi do soku [12]. W badaniach Narwojsz i Borowskiej [12] największą efektywność uwalniania związków polifenolowych z owoców czarnej porzeczki stwierdzono w wariantach, w których miazgę po obróbce cieplnej poddano enzymatycznej maceracji, natomiast najmniej efektywna w wydobywaniu związków polifenolowych, w tym także antocyjanów była obróbka cieplna. Skuteczność uwalniania polifenoli, a w tym także antocyjanów do soku w głównej mierze jest uzależniona

od przemian błonnika oraz związków pektynowych w wyniku działania enzymów i ciepła na miążgę owoców. Rozkład celulozy oraz zmniejszenie zawartości pektyn ogółem przyczyniają się do efektywniejszego uwalniania związków polifenolowych, w tym także antocyjanów. Również wyniki badań Kalisza [7] wskazują, że soki truskawkowe w których procesie produkcji etap tłoczenia poprzedzony jest procesem maceracji, charakteryzują się istotnie wyższą zawartością antocyjanów i ponad 3-krotnie wyższym potencjałem przeciwutleniającym w porównaniu do soków tłoczonych z miążgi niemacerowanej. Należy jednak zauważyć, że na efektywność procesu maceracji wpływa rodzaj użytego preparatu enzymatycznego. Zastosowanie nieodpowiednich preparatów z czynnymi glikozydami może przyczynić się do hydrolizy wiązań glikozydowych oraz uwalniać nietrwałe antocyjany, powodując ten sposób znacznie szybsze zniszczenie tych barwników. Stosunkowo łatwo przebiega proces tłoczenia soku z owoców aronii, gdyż wymagają one jedynie rozparzenia w celu wydobywania większej ilości antocyjanów z dość twardej skórki [14].

Jednym z kierunków przetwarzania owoców jest produkcja soków zagęszczonych (półkoncentratów lub koncentratów). Polega ona na odparowaniu części wody w wyparkach próżniowych, przy jednoczesnym wychwyceniu i skoncentrowaniu substancji aromatycznych. W badaniach Oszmiańskiego i wsp. [14] wykazano że proces klarowania stosowany w produkcji zagęszczonego soku z truskawek spowodował straty polifenoli na poziomie ok. 17%, natomiast w wyniku zagęszczania ich zawartość obniżyła się o około 5%.

Na zmniejszenie zawartości przeciwutleniaczy wpływa również proces pasteryzacji soków. Kwas askorbinowy jest wrażliwy na ogrzewanie, zwłaszcza w obecności tlenu i metali ciężkich [3]. Związki polifenolowe odznaczają się zróżnicowaną termostabilnością. Mechanizm degradacji związków antocyjanowych pod wpływem wysokich temperatur jest jeszcze mało poznany. Wyniki badań dokonanych w latach 80 XX wieku wskazują, że w początkowym etapie dochodzi do hydrolizy wiązań glikozydowych w cząsteczkach barwników oraz utworzenia niestabilnego aglikonu. Pod wpływem ciepła następuje również przemiana barwników antocyjanowych w bezbarwne chalkony, które ulegają utlenieniu tworząc w ten sposób brunatne barwniki oraz związki o dużej masie cząsteczkowej. Degradacja antocyjanów w trakcie obróbki cieplnej zależy od szeregu czynników: czasu procesu, temperatury, pH, obecności w środowisku metali, tlenu, białek, cukrów, innych związków polifenolowych oraz produktów ich degradacji, a także od budowy i stężenia antocyjanów. Związki antocyjanowe zawierające w swym składzie arabinozę odznaczają się zdecydowanie krótszym czasem połowicznego rozpadu, aniżeli barwniki w których skład wchodzi glukoza. Przyczyną tego jest prawdopodobnie mniejsza odporność arabinozydów na proces hydrolizy w podwyższonej temperaturze oraz w kwaśnym środowisku [25]. Badania Szajdek i wsp. [23] wykazały, że proces pasteryzacji powoduje 4-krotne zmniejszenie ilości antocyjanów w porównaniu do soków truskawkowych niepasteryzowanych. Wykazano także większą aktywność wygaszania rodników przez niepasteryzowany sok z aronii w porównaniu z sokiem pasteryzowanym.

Właściwości przeciwutleniające dżemów zależą między innymi od rodzaju surowca, jego udziału ilościowego

w ogólnej masie wyrobu, parametrów temperaturowych procesu produkcji a także poziomu dodatku cukru. Wykazano nieco większą zawartość związków polifenolowych ogółem w dżemach wysokosłodzonych w porównaniu do dżemów niskosłodzonych, wyprodukowanych z owoców tych samych gatunków i odmian. Przyczyną tego faktu może być większa trwałość antocyjanów w roztworach o wyższym stężeniu sacharozy [11]. Straty antocyjanów w czasie produkcji dżemów z borówki wysokiej zależą od wysokości stosowanej temperatury i czasu obróbki termicznej i mogą się wahać w granicach od 10% do 50% ich początkowej zawartości. Wykazano również, że dodatek zagęszczonego soku jabłkowego zamiast kwasu cytrynowego w produkcji dżemów borówkowych ma wpływ na wzrost ogólnej aktywności przeciwutleniającej tych produktów. Jednakże w czasie gotowania polifenole obecne w koncentracji jabłkowej mogą powodować degradację antocyjanów zawartych w owocach borówek, gdyż zagęszczony sok jabłkowy zawiera w swym składzie związki fenolowe łatwo ulegające procesowi utleniania (procyjanidyny, katechiny, kwas chlorogenowy), które mogą reagować z antocyjanami zawartymi w owocach borówek, tworząc w ten sposób nierozpuszczalne polimery [28].

Na zawartość przeciwutleniaczy w przetworach owocowych mają również wpływ temperatura, dostęp światła oraz czas przechowywania. Badania przeprowadzone przez Ścibisz i wsp. [24]) wykazały, że zawartość związków antocyjanowych w dżemach przechowywanych w temperaturze 22°C przez okres 8 miesięcy jest prawie 7-krotnie mniejsza w porównaniu do tych produktów przechowywanych w warunkach chłodniczych. Wykazano również znaczący wpływ długości okresu przechowywania przetworów owocowych na zawartość tych związków. Podczas 8-miesięcznego składowania dżemów w temperaturze 22°C wykazano, że 2/3 strat antocyjanów następuje w dwóch pierwszych miesiącach, natomiast tylko 1/3 podczas następujących sześciu miesięcy magazynowania. Wraz z upływem czasu przechowywania wzrastają również straty kwasu askorbinowego. Badania Cendrowskiego i wsp. [2] wykazały, że podczas 180-dniowego przechowywania dżemów porzeczkowych w temperaturze pokojowej ilość tego związku zmalała o 56% w stosunku do bezpośrednio wyprodukowanego dżemu. W badaniach Ścibisz i Mitek [28] stwierdzono, że podczas 6-miesięcznego przechowywania dżemów z borówki nastąpił spadek ich aktywności przeciwutleniającej w zakresie od 33 do 63%. Produkty przechowywane przez okres 6 miesięcy w niższej temperaturze odznaczały się znacznie wyższymi aktywnościami aniżeli dżemy przechowywane w temperaturze pokojowej.

Bardzo dobrym sposobem utrwalania owoców, pozwalającym na zachowanie właściwości antyoksydacyjnych, jest proces mrożenia. Według Szajdek i Borowskiej [22] mrożenie pulpy truskawkowej powoduje niemal 100% zachowanie podstawowej pojemności antyoksydacyjnej. Badania Kolniak [8] wykazały, że po półrocznym zamrażalniczym przechowywaniu truskawek następuje wzrost zawartości związków polifenolowych ogółem w porównaniu do świeżych owoców. Według autorów zwiększona ilość związków polifenolowych po kilkumiesięcznym mrożeniu może być spowodowana fizjologiczną reakcją organizmów roślinnych na uszkodzenia oraz infekcje. Badania Ścibisz i Mitek [28] wykazały, że zamrażanie owoców borówki niezależnie od wysokości stosowanej temperatury (-35°C i -18°C), nie

wywołuje strat zawartości antocyjanów ogółem. Proces zamrażania wpływa natomiast na obniżenie zawartości witaminy C. W badaniach przeprowadzonych przez Skupień [20] wykazano, że znaczne straty tego związku następują w 4 pierwszych miesiącach przechowywania truskawek. Spadek ten kształtował się na poziomie od 32% do 62% wyjściowej. Na zachowanie właściwości antyoksydacyjnych mrożonek korzystnie wpływa ograniczenie dostępu światła i tlenu [8].

Zawartość przeciwutleniaczy w owocach poddanych procesowi mrożenia zależy również od sposobu rozmrażania. Wykazano, że rozmrażanie truskawek z wykorzystaniem mikrofal powoduje mniejsze straty związków polifenolowych w porównaniu do rozmrażania w temperaturze pokojowej. Spowodowane jest to zarówno zdecydowanie krótszym czasem oddziaływania tlenu oraz światła na rozmrażany produkt, jak i szybszym procesem rozmrażania związanym z tworzeniem się energii cieplnej wewnątrz surowca, co może zabezpieczać polifenole przed utlenianiem, które wzmaga się w zniszczonych rozmrożonych tkankach [8].

PODSUMOWANIE

Zanieczyszczenie środowiska, długotrwały stres związany z rosnącym tempem życia, palenie papierosów, nadużywanie alkoholu - należą do czynników wywołujących stres oksydacyjny. Pod tym pojęciem rozumiemy stan braku równowagi pomiędzy działaniem reaktywnych form tlenu a biologiczną zdolnością do szybkiej neutralizacji reaktywnych produktów pośrednich bądź naprawy wyrządzonych szkód. W konsekwencji rośnie ryzyko rozwoju szeregu chorób cywilizacyjnych. W profilaktyce schorzeń wywołanych działaniem wolnych rodników ważna jest odpowiednia podaż z dietą produktów będących źródłem antyoksydantów. Związki te stanowią dodatkowy system wzmacniający naturalną obronę organizmu przed szkodliwym działaniem wolnych rodników. Owoce jagodowe i ich przetwory stanowią bardzo bogate źródło substancji o charakterze przeciwutleniaczy. Z tych powodów powinno się zalecać zwiększenie ich spożycia.

Poszczególne gatunki owoców jagodowych różnią się ilościowym i jakościowym składem przeciwutleniaczy. Jedne są bogatym źródłem witaminy C (owoce dzikiej róży, czarnej porzeczki), inne dostarczają dużych ilości związków fenolowych (aronia). Pod względem zawartości karotenoidów większość z nich ma mniejsze znaczenie. Zróżnicowanie zawartości przeciwutleniaczy można zaobserwować również w obrębie jednego gatunku owocu - wpływają na to czynniki takie jak odmiana, stopień dojrzałości jagód, warunki agrotechniczne oraz klimatyczne uprawy, a także warunki i czas przechowywania owoców.

Z punktu widzenia korzyści zdrowotnych owoce jagodowe zaleca się spożywać w postaci surowej, wówczas bowiem zawartość antyoksydantów jest największa. Jednak są to owoce sezonowe o niskiej trwałości, a ponadto niektóre z nich, z powodu cech sensorycznych, nie nadają się do bezpośredniego spożycia i z tego względu owoce jagodowe spożywane są głównie w postaci przetworzonej. Procesy przetwórcze wywierają wpływ na zawartość substancji bioaktywnych. Właściwie przeprowadzony proces mrożenia i rozmrażania powoduje stosunkowo niewielkie zmiany ilości przeciwutleniaczy. W procesie otrzymywania soków największe

straty (zwłaszcza związków fenolowych) następują na etapie tłoczenia. Aby zwiększyć wydajność tego procesu i równocześnie zmniejszyć straty przeciwutleniaczy (pozostających w wytlókach) stosuje się proces maceracji. Istotne zmniejszenie zawartości przeciwutleniaczy (zwłaszcza antocyjanów i witaminy C) wywołuje proces obróbki termicznej. Wielkość strat zależy od wysokości stosowanej temperatury oraz czasu jej działania. Poziom przeciwutleniaczy w przetworach z owoców jagodowych maleje również podczas przechowywania wyrobów. Zmiany te są mniejsze w niższej temperaturze i przy ograniczonym dostępie światła.

LITERATURA

- [1] **BOJARSKA J., CZAPLICKI S., ZARECKA K., ZADERNOWSKI R. 2006.** *Związki fenolowe owoców wybranych odmian truskawki*. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2, 20-27.
- [2] **CENDROWSKI A., ŚCIBISZ I., MITEK M. 2011.** *Wpływ warunków przechowywania na zawartość hydroksymetylofurfuralu, furfulalu i kwasu askorbinowego w dżemach z owoców jagodowych*. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 6, 79, 155-166.
- [3] **CIEŚLIK E., SIKORA E. 2007.** Występowanie przeciwutleniaczy w owocach jagodowych. [w:] Grajek W. (red.): *Przeciwutleniacze w żywności*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 201-209.
- [4] **CZERWIECKI L. 2009.** *Współczesne poglądy na rolę przeciwutleniaczy roślinnych w profilaktyce chorób cywilizacyjnych*. Rocznik Państwowego Zakładu Higieny, 3, 201-206.
- [5] **CZŁAPKA-MATYASIK M., FEJFER M., GRAMZA-MICHAŁOWSKA A., KOSTRZEWSKA-TARNOWSKA A., JESZKA J. 2011.** *Właściwości antyrodnikowe wybranych soków owocowych dostępnych na polskim rynku*. Problemy Higieny i Epidemiologii, 92, 40, 991-993.
- [6] **GRAJEK W. 2004.** *Rola przeciwutleniaczy w zmniejszeniu ryzyka wystąpienia nowotworów i chorób układu krążenia*. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 1, 38, 3-11.
- [7] **KALISZ S. 2008.** *Wpływ sposobu otrzymywania soków truskawkowych na zawartość antocyjanów i barwę*. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 5, 60, 149-160.
- [8] **KOLNIAK J. 2008.** *Wpływ sposobu zamrażania, rozmrażania oraz dodatków kriochronnych na zawartość polifenoli ogółem, antocyjanów i pojemność przeciwutleniającą mrożonek truskawkowych*. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 5, 60, 135-148.
- [9] **KOLNIAK J., AUGUSTYNIAK A., OSZMIAŃSKI J. 2009.** *Wpływ dodatku owoców i warzyw do przecieru aroniowego*. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny, 10, 13-15.
- [10] **KUŹNICKI D. 2006.** *Antyoksydanty i środki obniżające poziom cholesterolu zawarte w surowcach roślinnych wykazujące działanie przeciwmiażdżycowe*. Postępy Fitoterapii, 4, 206-212.

- [11] MIROŃCZUK-CHODAKOWSKA I., ZUJKO M., WITKOWSKA A. 2011. Zawartość polifenoli oraz aktywność antyoksydacyjna niektórych przetworów owocowych o znacznym stopniu przetworzenia. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, XLIV, 3, 905-910.
- [12] NARWOJSZ A., BOROWSKA E. 2011. Zmiany składników strukturotwórczych owoców porzeczki czarnej podczas maceracji miazgi a uwalnianie polifenoli do soku. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(74), 87-98.
- [13] NOWAK K., ŻMUDZIŃSKA-ŻUREK B. 2010. Czarna porzeczka – źródło witaminy C. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo- Warzywny*, 7-8, 59.
- [14] OSZMIAŃSKI J. 2007. Wpływ obróbki technologicznej na zawartość przeciwutleniaczy w produktach spożywczych. [w:] Grajek W. (red.): *Przeciwutleniacze w żywności*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 441-452.
- [15] OSZMIAŃSKI J. 2007. *Soki owocowe o wysokiej aktywności biologicznej*. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo- Warzywny, 4, 12-15.
- [16] OSZMIAŃSKI J., WOJDYŁO A., MATEUSZEWSKI 2007. Zmiany zawartości związków fenolowych podczas produkcji zagęszczonego soku truskawkowego w warunkach przemysłowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1, 50, 94-104.
- [17] SADOWSKA A., ŻEBROWSKA-KRASUSKA M., ŚWIDERSKI F. 2012. *Przeciwutleniacze w żywności*. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2, 41, 298-102.
- [18] SADOWSKA A., ŚWIDERSKI F., KROMOŁOWSKA R. 2011. *Polifenole – źródło naturalnych przeciwutleniaczy*. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, 38, 108-111.
- [19] SIENIAWSKA E. 2012. *Losy roślinnych antyoksydantów w organizmie ludzkim*. *Postępy Fitoterapii*, 1, 55-58
- [20] SKUPIEŃ K. 2003. *Ocena wybranych cech jakościowych świeżych i mrożonych owoców sześciu odmian truskawki*. *Acta Scientiarum Polonorum*, 2, 2, 115-123.
- [21] SOKÓŁ-ŁĘTOWSKA A., KUCHARSKA A. 2006. *Zmiany barwy, zawartości polifenoli i właściwości przeciwnadkwasotwórczych soku z czarnej porzeczki podczas przechowywania*. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo- Warzywny*, 1, 24-26.
- [22] SZAJDEK A., BOROWSKA J. 2004. *Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego*. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4, 5-28.
- [23] SZAJDEK A., DĄBKOWSKA E., BOROWSKA E. 2006. *Wpływ obróbki enzymatycznej miazgi owoców jagodowych na zawartość polifenoli i aktywność przeciwutleniającą soku*. *Żywność*, 4, 49, 59-67.
- [24] ŚCIBISZ I., GASIK A., MITEK M., CENDROWSKI A. (2011): *Wpływ warunków przechowywania na barwę dżemów z owoców kolorowych*. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1, 74, 99-111.
- [25] ŚCIBISZ I., KALISZ S., MITEK M. 2010. *Termiczna degradacja antocyjanów owoców borówki wysokiej*. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5, 72, 56-66.
- [26] ŚCIBISZ I., MITEK M. 2005. *Aktywność przeciwutleniająca i zawartość związków fenolowych w dżemach otrzymanych z borówki wysokiej (Vaccinium Coymbosum L.) oraz ich zmiany podczas przechowywania*. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2, 43, 210-221.
- [27] ŚCIBISZ I., MITEK M. 2006. *Aktywność przeciwutleniająca i zawartość związków fenolowych w suszach z owoców borówki wysokiej (Vaccinium Coymbosum L.)*. *Żywność*, 4, 49, 68-76.
- [28] ŚCIBISZ I., MITEK M. 2007. *Wpływ procesu mrożenia i zamrażalniczego przechowywania owoców borówki wysokiej na zawartość antocyjanów*. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5, 54, 231-238.
- [29] ŚCIBISZ I, MITEK M., SERWINOWSKA K. 2004. *Aktywność przeciwutleniająca soków i półkoncentratów otrzymywanych z owoców borówki wysokiej (Vaccinium Corymbosum L.)*. *Żywność*, 3, 40, 196-201.
- [30] TROSYŃSKA A., HONKE J., KOZŁOWSKA H. 2000. *Naturalne substancje nieodżywcze (NSN) pochodzenia roślinnego jako składnik żywności funkcjonalnej*. *Postępy Fitoterapii*, 2, 17-22.
- [31] WAWRZYŃIAK A., KROTKI M., STOPARCZYK B., 2011. *Właściwości antyoksydacyjne owoców i warzyw*. *Medycyna Rodzinna* 1, 19-23.
- [32] ZAJĄC K, PODSĘDEK A. 2002. *Skład i właściwości przeciwutleniające wybranych handlowych soków owocowych*. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo- Warzywny*, 2, 15-16.
- [33] ŻMUDA J., WIENIARSKA J., SZEMBER E. 2004. *Badania porównawcze składu chemicznego owoców wybranych odmian truskawki (Fragaria x Ananassa Duch)*. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis*, 240, 96, 225-230.

BERRY FRUIT AND ITS PRODUCTS AS A SOURCE OF ANTIOXIDANTS

SUMMARY

The science development resulted in broadening the knowledge concerning health, well-being and physical strength. Thus, the interest in food products, containing bioactive compounds (important in prevention of diet related diseases) is growing. Antioxidants are one of this kind of compounds. Within this article the role of antioxidants, as components enhancing natural defense of human body against negative effects of oxidative stress, was described. The content of antioxidants in selected berry fruit – strawberries, blackcurrants, chokeberries and blueberries were discussed. The factors influencing the antioxidants content in berry fruit, as well as in berry fruit products was also presented.

Key words: antioxidants, oxidative stress, berry fruit, berry fruit products.