

EWA ŚNIEŻEK, MAGDALENA SZUMSKA, BEATA JANOSZKA

**OCENA WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWIUTLENIAJĄCYCH
WYBRANYCH PRODUKTÓW ROŚLINNYCH W ASPEKCIE
MOŻLIWOŚCI ICH WYKORZYSTANIA JAKO DODATKÓW DO
ŻYWNOŚCI WYSOKOBIAŁKOWEJ PODDAWANEJ OBRÓBCE
TERMICZNEJ**

Streszczenie

Celem pracy było porównanie właściwości przeciwutleniających wybranych suszonych owoców: śliwek, moreli i żurawiny z właściwościami świeżej cebuli i czosnku. Badania podjęto ze względu na potwierdzony hamujący wpływ dodatków roślinnych o dużej zawartości przeciwutleniaczy na syntezę mutacji i kancerogennych związków, m.in. heterocyklicznych amin aromatycznych, które powstają w wyniku procesów rodnikowych w żywności wysokobiałkowej podczas jej obróbki termicznej. Do oceny właściwości przeciwutleniających zastosowano metody spektrofotometryczne: FRAP, polegającą na oznaczeniu zdolności redukcji jonów Fe^{3+} oraz DPPH – polegającą na redukcji rodnika 2,2-difenylo-1-pikrylohydrazylu przez przeciwutleniacze zawarte w badanych próbkach roślinnych. Wyniki oznaczeń wyrażono w równoważnikach troloksu [$\mu\text{mol/g}$ produktu]. Między wynikami uzyskanymi metodami FRAP i DPPH wykazano silną korelację o wartości współczynnika $r = 0,98$. Właściwości przeciwutleniające suszonych owoców były większe niż świeżej cebuli i czosnku. Aktywność badanych produktów, oznaczoną przy użyciu metody FRAP [$\mu\text{mol/g}$ produktu], można uszeregować następująco: suszone śliwki (14,02) > suszone morele (9,76) > suszona żurawina (5,28) > świeży czosnek (2,88) > świeża cebula (2,43). Można przypuszczać, że ze względu na korzystne parametry przeciwutleniające suszonych owoców, w porównaniu z czosnkiem i cebulą, ich dodatek do termicznie przetwarzanej żywności wysokobiałkowej pozwoli ograniczyć syntezę kancerogennych związków w potrawach mięsnych, podobnie jak to zaobserwowano w przypadku czosnku i cebuli.

Słowa kluczowe: suszone owoce: śliwki, morele, żurawina; cebula, czosnek, właściwości przeciwutleniające

Wprowadzenie

Badania epidemiologiczne wskazują na istotny wpływ środowiska i stylu życia człowieka, w tym diety, na stan jego zdrowia. Do głównych przyczyn wzrostu częstości zachorowań na tzw. choroby cywilizacyjne, w tym nowotworowe, zalicza się częste spożycie mięsa i jego przetworów, jak również sposób przygotowania potraw mięsnych [2, 6]. W 2015 roku spożywanie mięsa poddanego obróbce termicznej zostało zaliczone przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem (International Agency for Research on Cancer – IARC) do pierwszej grupy kancerogenności [27]. Procesy termicznego przetwarzania żywności wysokobiałkowej mogą prowadzić do powstawania między innymi mutagennych i/lub kancerogennych heterocyklicznych amin aromatycznych (HAA) oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) [9, 15].

WWA tworzą się prawdopodobnie w wyniku pirosyntezy niewielkich cząsteczek, w tym wolnych rodników, powstających podczas rozkładu termicznego organicznych składników żywności [9]. Aminy heterocykliczne powstają natomiast z cukrów redukujących, aminokwasów i kreatyny podczas reakcji Maillarda, której produktami pośrednimi są rodniki pirazynowe i pirymidynowe [9, 17, 24]. Hamujący wpływ na syntezę amin heterocyklicznych, polegający prawdopodobnie na dezaktywacji rodników, mogą wywierać syntetyczne i naturalne związki o właściwościach przeciwutleniających. Źródłem związków naturalnych są produkty pochodzenia roślinnego o dużej zawartości przeciwutleniaczy [7, 17, 20, 24]. Naturalne przyprawy i zioła bogate w przeciwutleniacze są często dodawane do potraw mięsnych w celu nadania im smaku, a zarazem ochrony przed procesami utleniania lipidów i białek [1, 18, 26]. Możliwość obniżenia stężeń związków kancerogennych poprzez zastosowanie dodatków roślinnych stanowi istotną korzyść prozdrowotną dla konsumentów takich produktów. Dotychczas ukazało się niewiele prac dotyczących wpływu owoców lub ich ekstraktów na tworzenie się związków z grupy HAA oraz WWA [5, 7, 20, 21].

Owoce, zarówno surowe jak i suszone, charakteryzują się dobrymi właściwościami przeciwutleniającymi, wynikającymi m.in. z obecności związków polifenolowych, w tym flawonoidów oraz witamin antyoksydacyjnych [8, 19, 25]. Na podstawie wyników badań dostępnych w literaturze przedmiotu stworzono bazę danych umożliwiającą porównanie właściwości przeciwutleniających różnych produktów roślinnych [8, 19]. Baza ta zawiera wyniki uzyskane jedną z wielu metod stosowanych w analizie właściwości przeciwutleniających, a mianowicie metodą ORAC (oznaczania zdolności absorpcji rodników tlenowych). Należy ona do grupy metod analitycznych wykorzystujących mechanizm reakcji przeniesienia atomu wodoru od cząsteczki przeciwutleniacza do rodnika tlenowego [8, 16, 19].

Druga grupa metod oznaczania właściwości przeciwutleniających wykorzystuje mechanizm przeniesienia pojedynczego elektronu z przeciwutleniacza na utleniacz.

Należą do niej m.in. dwie spektrofotometryczne metody: (I) oznaczania siły redukcyjnej jonów żelaza (FRAP – *ferric ion reducing antioxidant parameter*) oraz (II) redukcji rodnika DPPH (2,2-difenylo-1-pikrylohydrazylu) [3, 4, 14]. Obydwie procedury są często wykorzystywane do badań właściwości przeciwutleniających produktów pochodzenia roślinnego [12, 22, 23].

Celem niniejszej pracy było porównanie właściwości przeciwutleniających wybranych suszonych owoców (śliwek, moreli oraz żurawiny) z właściwościami przeciwutleniającymi przypraw stosowanych w polskiej kuchni, tj. świeżej cebuli i czosnku.

Material i metody badań

Przedmiotem badań były wybrane produkty roślinne: suszone owoce – śliwki, morele i żurawina oraz świeża cebula i czosnek. Wymienione produkty zakupiono w lokalnych sklepach. Świeżą cebulę (*Allium cepa* L) zakupiono w 2016 roku w ilości 2 kg. Po obraniu z łusek, rozdrobieniu nożem oraz blenderem uzyskano próbę uśrednioną. Zawartość suchej masy oznaczano w temp. 105 °C [28]. Wynosiła ona $14,15 \pm 0,30$ %. Czosnek (*Allium* L) produkcji polskiej zakupiono w ilości 1 kg. Całość przygotowano do analizy podobnie jak cebulę. Zawartość suchej masy wynosiła $36,69 \pm 0,30$ %. Suszone owoce zakupiono w opakowaniach o masie 200 g. Próbkę uśrednioną otrzymano po rozdrobieniu nożem i blenderem, a następnie suszono w temp. 105 °C. Śliwki suszone, produkcji polskiej, nie zawierały konserwantów. Sucha masa stanowiła w nich $63,52 \pm 0,28$ %. Suszone morele, produkcji niemieckiej, według deklaracji producenta na etykiecie zawierały konserwant – SO₂. Zawartość suchej masy wynosiła $74,18 \pm 0,33$ %. Żurawina suszona, produkcji niemieckiej, zawierała jako konserwant kwas sorbowy (kwas heksa-2,4-dienowy). Sucha masa stanowiła w nich $75,66 \pm 0,30$ %.

Próbki roślinne poddawano ekstrakcji według zmodyfikowanej metody [12]. Do próbek o masie 1 g dodawano 10 ml wody redestylowanej o temp. 90 °C. Ekstrakcję prowadzono przez 15 min w komorze ultradźwięków (Advantage – Lab AL, Szwajcaria) w temp. 80 °C. Ekstrakty odwirowywano dwukrotnie przy użyciu wirówek firmy MPW (MPW Med. Instruments, Polska): wstępnie przez 7 min za pomocą wirówki MPW – 260R (4 tys. obr./min), po czym przez 4 min przy zastosowaniu Microcentrifuge MPW-55 (11 tys. obr./min).

Ze względu na możliwość udziału różnych form rodnikowych w syntezie amin heterocyklicznych oraz WWA, do oznaczania właściwości przeciwutleniających wybranych produktów roślinnych zastosowano metody polegające na mechanizmie przeniesienia pojedynczego elektronu (FRAP i DPPH).

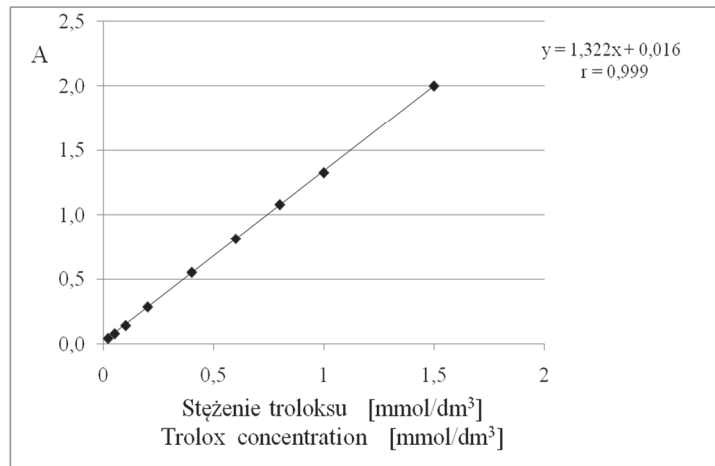
W oznaczeniach właściwości przeciwutleniających zastosowano odczynniki: kwas solny i octan sodu (cz.d.a., Chempur, Polska), kwas octowy (cz.d.a., POCH S.A., Polska), chlorek żelaza(III) sześciowodny (cz.d.a., Chempur, Polska), odczynnik TPTZ

(2,4,6 – tri(2-pirydylo)-s-triazyna (98 %, do oznaczeń spektrofotometrycznych, Sigma, Szwajcaria), DPPH (2,2-difenylo-1-pikrylohydrazyl, 98 %, Sigma-Aldrich, Niemcy), troloks (TE) – kwas (\pm)-6-hydroksy-2,5,7,8-tetrametylo-chromano-2-karboksylowy (97 %, Aldrich, Rosja), który zastosowano jako wzorzec związków o właściwościach przeciwutleniających. Stężenie roztworu bazowego troloksu wynosiło 2,5 mmol/dm³. Z tego roztworu sporządzano następnie rozcieńczenia, których użyto do wyznaczenia krzywej kalibracji.

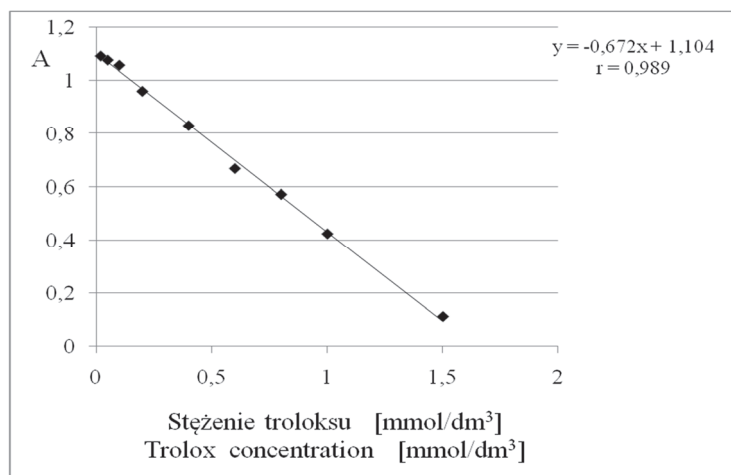
Właściwości przeciwutleniające ekstraktów owoców, cebuli i czosnku metodą FRAP prowadzono według procedury, którą opracowali Benzie i Strain [3], a zmodyfikowali Thaipong i wsp. [23]. Polega ona na określeniu zdolności redukcji jonów Fe³⁺ przez antyoksydanty obecne w badanej próbce do jonów Fe²⁺, które koordynacyjnie połączone z 2,4,6-tri(2-pirydylo)-s-1,3,5-triazyną (TPTZ) tworzą kompleks o granatowym zabarwieniu. W tym celu do 1450 μ l roztworu sporządzonego z buforu octanowego o pH = 3,6, 10 mmol/dm³ roztworu TPTZ i 20 mmol/dm³ roztworu FeCl₃·6H₂O (zmieszanych w stosunku objętościowym 10 : 1 : 1) dodawano 50 μ l ekstraktu wodnego badanej próbki i mieszano, a po 8 min mierzono absorbancję (spektrofotometrem HACH Lange GmbH DR 2800, Niemcy) przy λ = 593 nm. Próba zerowa zawierała 50 μ l wody redestylowanej zamiast ekstraktów.

Oznaczanie właściwości przeciwutleniających metodą DPPH[•] prowadzono według procedury opracowanej przez Brand-Williamsa [4] i zmodyfikowanej przez Thaiponga [23]. Polega ona na redukcji stabilnego rodnika azowego DPPH[•] przez przeciwutleniacze zawarte w próbce. Alkoholowy roztwór rodnika ma barwę purpurową o maksimum absorbancji przy λ = 515 nm. Roztwory rodnika DPPH[•] o stężeniu 0,10 mmol/dm³ (sporządzone z roztworu 0,60 mmol/dm³ w metanolu) otrzymywano bezpośrednio przed analizą. Ich absorbancja wynosiła 1,11 \pm 0,02. Podczas analizy 50 μ l ekstraktów mieszano z 1450 μ l 0,10 mmol/dm³ roztworu DPPH[•] i przechowywano w cieplarni o temp. 27 °C przez 60 min, po czym mierzono absorbancję odbarwionych roztworów. Czas reakcji wybrano jako optymalny dla wszystkich ekstraktów na podstawie krzywych zależności absorbancji od czasu.

Oznaczenia ilościowe przeprowadzono metodą krzywej kalibracyjnej. Krzywe sporządzano na podstawie wyników oznaczeń absorbancji 9 stężeń (w zakresie 0,02 ÷ 2,0 mmol/dm³) roztworów metanolowych troloksu. Przedstawiono je wraz z równaniami, na podstawie których przeprowadzono oznaczenia ilościowe, na rys. 1 i 2.



Rys. 1. Krzywa kalibracyjna dla troloksu wyznaczona wg metody FRAP; n = 6 dla każdego stężenia
Fig. 1. Calibration curve for trolox determined by FRAP method; n = 6 for each concentration rate



Rys. 2. Krzywa kalibracyjna dla troloksu wyznaczona wg metody DPPH; n = 6 dla każdego stężenia
Fig. 2. Calibration curve for trolox determined by DPPH method, n = 6 for each concentration rate

Granice wykrywalności (LOD) obliczono na podstawie wartości odchylenia standardowego próbek zerowych (zawierających wodę redestylowaną zamiast badanego ekstraktu) i kąta nachylenia krzywych kalibracyjnych [13], a granicę oznaczalności (LOQ) przyjęto jako równą 3LOD. Podstawowe parametry walidacji przedstawiono w tab. 1. Zastosowane spektrofotometryczne metody FRAP i DPPH charakteryzowały się dobrą powtarzalnością i precyzją pośrednią o wartościach nieprzekraczających 15%. Powtarzalność wyrażono jako współczynnik zmienności [%] wyników trzech

spektrofotometrycznych oznaczeń właściwości przeciwutleniających dla każdego z ekstraktów badanych produktów otrzymanych w danym dniu pomiarowym, natomiast precyzję pośrednią – jako współczynnik zmienności [%] wyników dla trzech serii takich oznaczeń przeprowadzanych w odstępach kilkudniowych. Liniowość metod wyznaczono na podstawie krzywych kalibracyjnych dla troloksu i wartości współczynników regresji obliczonych przy użyciu programu Excel (Microsoft) [13].

Tabela 1. Parametry walidacyjne metod oznaczania właściwości przeciwutleniających
Table 1. Method validation parameters for methods to determine antioxidant properties

Parametr Parameter	Metoda FRAP FRAP method	Metoda DPPH DPPH method
Granica wykrywalności LOD Limit of detection [mmol/dm ³]	0,02	0,05
Granica oznaczalności LOQ Limit of quantification [mmol/dm ³]	0,06	0,15
Powtarzalność / Repeatability [%]	3,10	2,30
Precyzja pośrednia / Intermediate precision [%]	8,90	3,30
Liniowość / Linearity [mmol/dm ³]	0,02 - 2,00	0,05 - 1,50

Ekstrakcję każdej z badanych próbek przeprowadzano trzykrotnie. W każdym ekstrakcie trzykrotnie oznaczano właściwości przeciwutleniające z użyciem metod FRAP i DPPH. Wyniki oznaczeń obydwu metod wyrażano jako równoważnik troloksu, po przeliczeniu na stężenie $\mu\text{mol TE/g}$ produktu. Przedstawiono je wykorzystując podstawowe parametry statystyki opisowej, takie jak wartość średnia i odchylenie standardowe. Dla zbadania korelacji pomiędzy zmiennymi uzyskanymi metodami FRAP i DPPH obliczono współczynnik korelacji Pearsona. Do obliczeń zastosowano program Statistica for Windows wersja 10.0.

Wyniki i dyskusja

Wyniki oznaczeń właściwości przeciwutleniających wybranych produktów roślinnych w przeliczeniu na masę produktu wyjściowego oraz w przeliczeniu na suchą masę (s.m.) produktu przedstawiono w tab. 2.

Obydwie wybrane spektrofotometryczne metody oznaczania właściwości przeciwutleniających zachodzą według tego samego mechanizmu reakcji, tj. przeniesienia elektronu z przeciwutleniacza na utleniacz (Fe^{+3} i rodnik DPPH). Z tego też względu korelacja wyników oznaczeń właściwości przeciwutleniających badanych owoców i przypraw (cebuli i czosnku), wyznaczona metodą FRAP i DPPH, przedstawiona graficznie na rys. 3, charakteryzuje się wysoką wartością współczynnika korelacji $r = 0,98$.

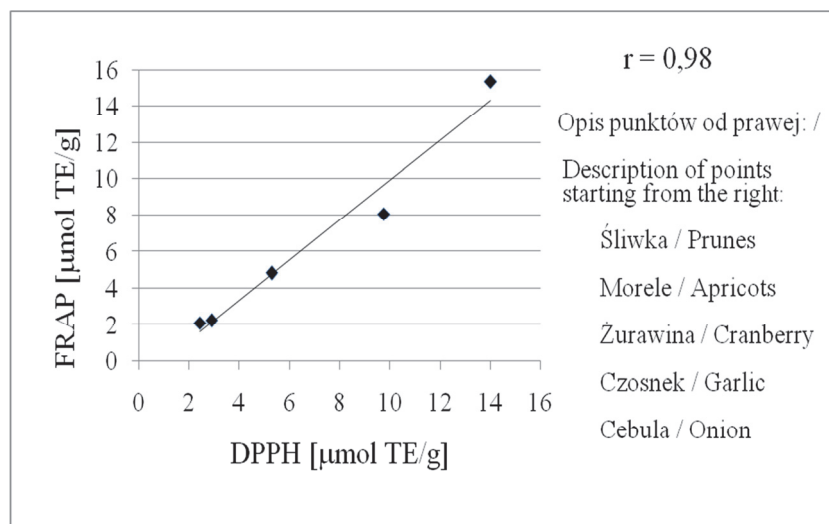
Tabela 2. Właściwości przeciwutleniające badanych produktów roślinnych

Table 2. Antioxidant properties of natural products analyzed

Badany produkt Analyzed product	Metoda FRAP FRAP method [$\mu\text{mol TE/g}$]	Metoda DPPH DPPH method [$\mu\text{mol TE/g}$]	Metoda FRAP [$\mu\text{mol TE/g s.m.}$] FRAP method [$\mu\text{mol TE/g d.m.}$]	Metoda DPPH [$\mu\text{mol TE/g s.m.}$] DPPH method [$\mu\text{mol TE/g d.m.}$]
Śliwki suszone Prunes	14,02 \pm 1,36	15,35 \pm 0,27	22,07 \pm 2,15	24,16 \pm 0,42
Morele suszone Dried apricots	9,76 \pm 0,53	8,07 \pm 0,32	13,15 \pm 0,39	10,87 \pm 0,43
Żurawina suszona Dried cranberries	5,28 \pm 0,20	4,83 \pm 0,13	6,98 \pm 0,26	6,39 \pm 0,17
Cebula świeża Fresh onion	2,43 \pm 0,16	2,10 \pm 0,04	17,15 \pm 1,12	14,80 \pm 0,27
Czosnek świeży Fresh garlic	2,88 \pm 0,16	2,23 \pm 0,07	7,86 \pm 0,44	6,08 \pm 0,18

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie \pm odchylenia standardowe / Table shows mean values \pm standard deviations; n = 9; s.m. – sucha masa / d.m. – dry mass.



Rys. 3. Zależność właściwości przeciwutleniających oznaczonych metodami FRAP i DPPH w produktach wyjściowych: suszonych owocach, czosnku i cebuli

Fig. 3. Correlation between antioxidant properties of products analyzed: dried fruits, garlic and onion as determined by FRAP and by DPPH methods

Podobnie wysoką korelację analogicznych danych (FRAP i DPPH) wykazali Thaipong i wsp. [23], którzy oznaczali właściwości przeciwutleniające owocu gujawy z wykorzystaniem kilku różnych metod analitycznych. Z przeglądu literatury przedmiotu wynika, że właściwości przeciwutleniające produktów pochodzenia roślinnego oznaczone metodą FRAP pozostają zwykle w silnej korelacji z zawartością kwasu askorbinowego [23] oraz z zawartością związków polifenolowych [12, 22, 23].

Spośród wybranych do badań produktów roślinnych najwyższe właściwości przeciwutleniające wykazywały ekstrakty z suszonych sliwek. Ekstrakty wodne ze świeżej cebuli i czosnku, przypraw najczęściej używanych w kuchni polskiej do przygotowania potraw mięsnych, charakteryzowały się słabszymi właściwościami przeciwutleniającymi niż z suszonych owoców. Wynika to prawdopodobnie z większej zawartości związków polifenolowych i witaminy C w owocach niż w cebuli i czosnku. Wymienione związki są bowiem odpowiedzialne za właściwości przeciwutleniające tych produktów [25]. Poza tym nie można wykluczyć wpływu związków zastosowanych jako konserwanty suszonych moreli (SO_2) i żurawiny (nienasycony kwas sorbowy) na wyniki oznaczeń.

Właściwości przeciwutleniające badanych owoców, cebuli i czosnku w przeliczeniu na suchą masę (tab. 2) były wyższe od odpowiednich wartości produktów wyjściowych. Śliwki (w przeliczeniu na suchą masę) również przewyższały aktywność pozostałych produktów, natomiast właściwości cebuli i czosnku (w których zawartość wody była znacznie większa niż w suszonych owocach) były zbliżone do właściwości przeciwutleniających moreli i żurawiny. Aktywność przeciwutleniająca cebuli, oznaczona metodą FRAP, w badaniach własnych wyniosła $17,15 \mu\text{mol/g s.m.}$ i była porównywalna z wartością ekstraktów wodnych suszonej cebuli ($17,8 \mu\text{mol/g s.m.}$) stwierdzoną przez Santasa i wsp. [22].

Dodatek cebuli i czosnku do mięs poddawanych obróbce termicznej wpływa na obniżenie stężeń heterocyklicznych związków azotu oraz WWA tworzących się podczas tych procesów [10, 11]. Prawdopodobne jest zatem, że z uwagi na stosunkowo silne właściwości przeciwutleniające suszone owoce, podobnie jak czosnek i cebula, dodane do potraw mięsnych spowodują ograniczenie syntezy kancerogennych związków powstających w wyniku reakcji rodnikowych w termicznie przetwarzanej żywności. Badania nad tym zagadnieniem są w trakcie realizacji. Dotychczas udowodniono, że owoce wiśni oraz suszone obierki jabłek dodane do potraw mięsnych w ilości $0,1 \div 11,5 \%$ (m/m) wykazują działanie hamujące proces powstawania związków z grupy amin heterocyklicznych nawet o 90 % [5, 20, 21].

Należy podkreślić, że składniki przeciwutleniające obecne w suszonych owocach oraz w cebuli i czosnku, zastosowanych jako dodatki smakowe do mięsa, mogą wywierać korzystny wpływ również na inne procesy towarzyszące obróbce termicznej produktów wysokobiałkowych. W licznych badaniach potwierdzono, że naturalne związki

o właściwościach przeciwutleniających przyczyniają się m.in. do redukcji wolnych rodników, dezaktywacji enzymów utleniających, chelatowania jonów metali katalizujących reakcje rodnikowe oraz do zahamowania procesów utleniania lipidów i białek zachodzących podczas produkcji przetworów mięsnych [1, 18, 26].

Wnioski

1. Właściwości przeciwutleniające suszonych owoców oznaczone przy zastosowaniu spektrofotometrycznych metod (FRAP i DPPH), wyrażone jako równoważnik troloksu [$\mu\text{mol TE/g}$ produktu] są silniejsze od analogicznych właściwości świeżej cebuli i czosnku.
2. Suszone śliwki charakteryzują się znacznie wyższą aktywnością przeciwutleniającą niż suszone morele i żurawina.
3. Korzystne parametry przeciwutleniające suszonych owoców wskazują na możliwość ich wykorzystania jako dodatków do mięs poddawanych obróbce termicznej.

Badania były finansowane ze środków służących rozwojowi uczestników studiów doktoranckich w 2016r nr KNW -2-216/0/6/N oraz ze środków na działalność statutową uczelni w 2016r.

Literatura

- [1] Ahmad S., Gokulakrishnan P., Giriprasad R., Yattoo M.: Fruit-based natural antioxidants in meat and meat products: A Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2015, **55** (11), 1503-1513.
- [2] Aykan N.F.: Red meat and colorectal cancer. *Oncol. Rev.*, 2015, **9** (1), 288- 332.
- [3] Benzie I.F., Strain J.J.: The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal. Biochem.*, 1996, **239** (1), 70-76.
- [4] Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C.: Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss. Technol.*, 1995, **28**, 25-30.
- [5] Britt C., Gomaa E., Gray J., Booren A.: Influence of cherry tissue on lipid oxidation and heterocyclic aromatic amine formation in ground beef patties. *J. Agric. Food Chem.*, 1998, **46** (12), 4891-4897.
- [6] Carr P.R., Walter V., Brenner H., Hoffmeister M.: Meat subtypes and their association with colorectal cancer: Systematic review and meta-analysis. *Int. J. Cancer.*, 2016, **138** (2), 293-302.
- [7] Cheng K.W., Wu Q., Zheng Z.P., Peng X., Simon J.E., Chen F., Wang M.: Inhibitory effect of fruit extracts on the formation of heterocyclic amines. *J. Agric. Food Chem.*, 2007, **55**, 10359-10365.
- [8] Haytowitz D., Bhagwat S.: USDA database for the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) of selected foods Release 2. May 2010. [on line]. U.S. Department of Agriculture. Dostęp w Internecie [01.04.2016]: http://www.orac-info-portal.de/download/ORAC_R2.pdf
- [9] Jägerstad M., Skog K.: Genotoxicity of heat processed foods. *Mutat. Res.*, 2005, **574**, 156-172.
- [10] Janoszka B.: Heterocyclic amines and azaarenes in pan-fried meat and its gravy fried without additives and in the presence of onion and garlic. *Food Chem.*, 2010, **120**, 463-473.
- [11] Janoszka B.: HPLC-fluorescence analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in pork meat and its gravy fried without additives and in the presence of onion and garlic. *Food Chem.*, 2011, **126**, 1344-1353.
- [12] Kołodziej B., Drożdżal K.: Właściwości przeciwutleniające kwiatów i owoców bzu czarnego pozytywnie ze stanu naturalnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **4** (77), 36-44.

- [13] Konieczka P., Zygmunt B., Namieśnik J.: Ocena i kontrola jakości wyników pomiarów analitycznych. WNT, Warszawa 2013.
- [14] Magalhães L.M., Segundo M.A., Reis S., Lima J.L.: Methodological aspects about *in vitro* evaluation of antioxidant properties. Anal. Chim. Acta, 2008, **613**, 1-19.
- [15] Majcherczyk J., Surówka K.: Heterocykliczne aminy aromatyczne jako zagrożenie chemiczne w produktach mięsnych poddawanych obróbce termicznej. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2015, **1 (98)**, 16-34.
- [16] Małyszko, J. Karbarz, M.: Spektrofotometryczne i elektrochemiczne metody oznaczania aktywności antyoksydacyjnej. Wiad. Chem., 2009, **63 (1-2)**, 18-38.
- [17] Meurillon M., Erwan E.: Mitigation strategies to reduce the impact of heterocyclic aromatic amines in proteinaceous foods. Trends Food Sci. Technol., 2016, **50**, 70-84.
- [18] Nunez de Gonzalez M., Boleman R., Miller R., Keeton J., Rhee K.: Antioxidant properties of dried plum ingredients in raw and precooked pork sausage. J. Food Sci., 2008, **73 (5)**, H63-71.
- [19] Olędzki R.: Potencjał antyoksydacyjny owoców i warzyw oraz jego wpływ na zdrowie człowieka. Nauki Inż. Technol., 2012, **1 (4)**, 44-54.
- [20] Rounds L., Havens C., Feinstein Y., Friedman M., Ravishankar S.: Plant extracts, spices, and essential oils inactivate *Escherichia coli* O157:H7 and reduce formation of potentially carcinogenic heterocyclic amines in cooked beef patties. J. Agric. Food Chem., 2012, **60**, 3792-3799.
- [21] Sabally K., Sleno L., Jauffrit J., Iskandar M., Kubow S.: Inhibitory effects of apple peel polyphenol extract on the formation of heterocyclic amines in pan fried beef patties. Meat Sci., 2016, **117**, 57-62.
- [22] Santas J., Carbo R., Gordon M., Almajano M.: Comparison of the antioxidant activity of two Spanish onion varieties. Food Chem., 2008, **107**, 1210-1216.
- [23] Thaipong K., Boonprakob U., Crosby K., Cisneros-Zevallos L., Byrne D.: Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. J. Food Compos. Anal., 2006, **19**, 669-675.
- [24] Vitaglione P., Fogliano V.: Use of antioxidants to minimize the human health risk associated to mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in food. J. Chromatogr. B., 2004, **802**, 189-199.
- [25] Wawrzyniak A., Krotki M., Stoparczyk B.: Właściwości antyoksydacyjne owoców i warzyw. Med. Rodz., 2011, **1**, 19-23.
- [26] Wereńska M.: Naturalne antyutleniacze stosowane do mięs. Nauki Inż. Techno., 2013, **1 (8)**, 79-90.
- [27] WHO-IARC. World Health Organisation – International Agency for Research on Cancer: IARC Monographs, Volume 114: Red Meat and Processed Meat. Lyon 2015.
- [28] Worobiej E.: Oznaczanie zawartości wody w produktach spożywczych. W: Wybrane zagadnienia z analizy żywności. Red. M. Obiedziński Wyd. SGGW, Warszawa 2009, s. 57.

ASSESSING ANTIOXIDATIVE PROPERTIES OF SELECTED PLANT-BASED PRODUCTS IN TERMS OF THEIR USABILITY AS ADDITIVES TO THERMALLY TREATED HIGH PROTEIN FOOD

Summary

The objective of the research study was to compare the antioxidant properties of selected dried fruits: prunes, apricots, and cranberries with the properties of fresh onion and garlic. The research study was undertaken on account of the confirmed inhibitory effect of plant-based additives with high content of antioxidants on the synthesis of muta- and carcinogenic compounds, i.a. heterocyclic aromatic amines formed by radical processes in high protein food during its thermal processing. To access the antioxidant properties, the following spectrophotometric methods were applied: FRAP consisting in determining the ability of reducing Fe^{3+} ions and a DPPH method consisting in the reduction of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical by antioxidants contained in the plant-based samples analyzed. The analysis results

were expressed as an antioxidant trolox equivalent [$\mu\text{mol/g}$ of product]. A strong correlation of high coefficient value $r = 0.98$ was proved to exist between the data obtained using both the FRAP and the DPPH method. The antioxidant properties of dried fruits were stronger than that of fresh onions and garlic. The activity of the studied products determined using the FRAP method [$\mu\text{mol trolox/g}$ of product] can be ranked as follows: prunes (14.02) > dried apricots (9.76) > dried cranberries (5.28) > fresh garlic (2.88) > fresh onion (2.43). It can be assumed that on account of the beneficial antioxidant parameters of dried fruits compared to that of garlic and onions, their addition to the thermally processed high-protein food will reduce the synthesis of carcinogenic compounds in meat meals similar to what was found in the case of garlic and onions.

Key words: dried fruits: prunes, apricots, cranberry, onion, garlic, antioxidant properties ☒