

Dr inż. Anna SADOWSKA  
Dr inż. Rita RAKOWSKA  
Prof. dr hab. Franciszek ŚWIDERSKI  
Dr inż. Monika HOFFMANN  
Mgr inż. Grażyna WASIAK-ZYS

Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

## CECHY JAKOŚCIOWE PROSZKÓW WARZYWNYCH OTRZYMANÝCH INNOWACYJNĄ METODĄ SUSZENIA W NISKICH TEMPERATURACH Z RÓWNOCZESNĄ MIKRONIZACJĄ®

Quality characteristics of vegetable powders received by innovative drying  
in low temperatures with simultaneous micronization®

**Słowa kluczowe:** surowce roślinne, proszki warzywne, substancje bioaktywne, niskotemperaturowe suszenie z równoczesną mikronizacją.

*Niskotemperaturowe suszenie z równoczesną mikronizacją surowca roślinnego jest innowacyjną metodą, nie stosowaną dotychczas na większą skalę w przetwórstwie owoców i warzyw. Celem pracy była ocena jakości sensorycznej oraz zawartości składników bioaktywnych i właściwości przeciwutleniających czterech warzywnych proszków otrzymanych metodą niskotemperaturowego suszenia z jednoczesną mikronizacją. Ocena fizykochemiczna obejmowała oznaczanie suchej substancji, sedymentacji, oznaczanie zawartości witaminy C, polifenoli ogółem, antyoksydantów oraz właściwości przeciwutleniających. Ocenę sensoryczną przeprowadzono metodą opisową. Surowce warzywne przetworzone metodą niskotemperaturowego suszenia z równoczesną mikronizacją, charakteryzowały się wysoką jakością sensoryczną - intensywną, niezmienną barwą typową dla danego surowca, intensywnym smakiem i zapachem, praktycznie niezmiennym przez zastosowany proces suszenia. Zawartość składników bioaktywnych, takich jak: witamina C, polifenole, składniki antyoksydacyjne oraz właściwości przeciwutleniające badanych proszków była bardzo wysoka, porównywalna lub nieznacznie niższa niż w odpowiednich surowcach (w przeliczeniu na suchą masę).*

**Key words:** plant materials, vegetable powders, bioactive substances, low-temperature drying with simultaneous micronization.

*Low-temperature drying of plant material with simultaneous micronization is an innovative method not previously used on a larger scale in the processing of fruits and vegetables. The aim of the study was to assess the sensory quality and content of bioactive compounds and antioxidant properties of four vegetable powders, obtained by low-temperature drying with simultaneous micronization. Physicochemical evaluation included determination of dry matter, sedimentation, vitamin C, polyphenols, antioxidants and antioxidant activity. The sensory evaluation was carried out by descriptive method. Raw vegetables, prepared using low-temperature drying of simultaneous micronization, characterized by high sensory quality - intensive, unchanged color typical of the raw material, intense taste and smell, essentially unchanged drying process used. The content of bioactive compounds such as vitamin C, polyphenols, antioxidant components and antioxidant activity of the tested powder was very high, comparable or slightly lower than in the appropriate raw materials (on a dry weight basis).*

### WSTĘP

Metoda suszenia niskotemperaturowego z równoczesną mikronizacją jest nową metodą przetwarzania surowców, dotychczas stosowaną jedynie w skali półtechnicznej, obecnie uruchamianą w Polsce w skali przemysłowej. Metoda ta może być konkurencyjna do dobrze znanego procesu liofilizacji, ponieważ jest znacznie tańsza i nie wymaga stosowania specjalnych opakowań barierowych zapobiegających wchłanianiu wody przez higroskopijne produkty. Innowacyjna technologia produkcji surowców (głównie pochodzenia roślinnego) w postaci mikronizowanych proszków, o odpowiednio niskiej zawartości wody i aktywności

wodnej, zapewniającej im trwałość przechowalniczą, polega na szybkim rozdrabnianiu surowców do uzyskania cząstek o bardzo małych rozmiarach sięgających mikronów, z równoczesnym gwałtownym odparowywaniem zawartej w nich wody wolnej i częściowo kapilarnej w silnym strumieniu powietrza lub gazu obojętnego. Odparowywanie wody odbywa się w niskiej temperaturze poniżej 40°C. Do rozdrabniania można używać całe, lub częściowo rozdrobnione owoce lub warzywa, łącznie z okrywą owocowo-nasienną lub nasionami. Wielkość cząstek otrzymanych proszków, jak i zawartość w nich wody może być regulowana (zawartość wody może wynosić od 4 do 15%). Czas suszenia zależy od zawartości wody w surowcu oraz pożądanej zawartości suchej

masy proszków i waha się w granicach od kilkunastu minut do jednej godziny [20,21].

Proszki z całych owoców i warzyw bez dodatku nośnika można również otrzymać poprzez liofilizację surowców a następnie ich rozdrobnienie lub poprzez liofilizację uprzednio rozdrobnionych owoców i warzyw. Proces liofilizacji uważany jest za metodę utrwalania zachowującą w wysokim stopniu wartość odżywczą i jakość sensoryczną owoców i warzyw. Mankamentem tej metody jest stosunkowo wysoki koszt produkcji, potrzeba stosowania barierowych opakowań oraz konieczność szybkiego wykorzystania produktów po otwarciu opakowania ze względu na ich dużą higroskopijność [19].

Żywność bogata w przeciwutleniacze odgrywa istotną rolę w profilaktyce wielu chorób. Wybrane składniki diety pełnią niezwykle ważną funkcję we wzroście całkowitego potencjału przeciwutleniającego [17,22]. Do tych składników należą przede wszystkim produkty pochodzenia roślinnego, głównie świeże owoce i warzywa, zarówno ich nasiona, kwiaty, liście, korzenie, części zdrewniałe, jak i produkty roślinne przetworzone [4]. Spożycie owoców i warzyw chroni przed chorobą wieńcową serca, chorobami płuc, a nawet nowotworami [12]. Właściwości przeciwutleniające owoców i warzyw w dużej mierze zależą od obecności w nich witamin antyoksydacyjnych oraz innych substancji o działaniu przeciwutleniającym [6,7,11,13,16,18,23].

W przypadku suszy problem stanowi uzyskanie produktu o zawartości kwasu askorbinowego zbliżonej do wartości charakterystycznych dla świeżego surowca. Najczęściej wykorzystywane suszenie konwekcyjne powoduje dużą degradację przeciwutleniaczy, dlatego też metody niekonwencjonalne stają się coraz częściej przedmiotem badań naukowych. Susz otrzymany przy ich wykorzystaniu, charakteryzuje się większą stabilnością związków bioaktywnych [1]. Jednak mała liczba doniesień literaturowych wskazuje na potrzebę prowadzenia prac w tym zakresie.

**Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących oceny jakości sensorycznej oraz zawartości składników bioaktywnych i właściwości przeciwutleniających czterech warzywnych proszków otrzymanych metodą niskotemperaturowego suszenia z jednoczesną mikronizacją.**

## MATERIAŁ I METODYKA

W Laboratorium Oceny Żywności i Diagnostyki Zdrowotnej SGGW poddano badaniom cztery rodzaje proszków otrzymanych z: kapusty, buraków, kopru oraz natki pietruszki, wytworzonych w skali półprzemysłowej przy zastosowaniu urządzenia łączącego proces mikronizacji warzyw (do rozmiarów 10-100  $\mu\text{m}$ ) z suszeniem niskotemperaturowym (temp. ok 40°C). Próbkę zapakowaną w torebki foliowe otrzymano od Producenta, po trzech miesiącach ich przechowywania w temperaturze pokojowej. Ocena jakościowa obejmowała badania fizykochemiczne i sensoryczne. Zawartość suchej masy oznaczono metodą wagową wg PN-A-75101/03. Sedymentację określono poprzez zalanie 5g próbki proszku 100ml wody destylowanej w cylindrze miarowym o objętości 200ml i odczekaniu określonego czasu (5 oraz 30 min), po którym dokonywano odczytu na skali cylindra.

Zawartość witaminy C oznaczono metodą miareczkową wg PN-A-04019:1998. Właściwości antyoksydacyjne zbadano z zastosowaniem metody spektrofotometrycznej wg Re i wsp. (1998). Zawartość polifenoli określono wg metody Singelton i Rossi (1965), a zawartość składników antyoksydacyjnych ogółem metodą spektrofotometryczną na podstawie redukcji jonów żelaza [3]. Ocenę sensoryczną przeprowadzono metodą opisową wg ISO 13299:2003.

## WYNIKI

Ocena sensoryczna proszków dokonana przez ekspertów panelu sensorycznego w Laboratorium Oceny Żywności i Diagnostyki Zdrowotnej SGGW wykazała ich bardzo wysoką jakość sensoryczną w zakresie wszystkich ocenianych cech. Wszystkie badane proszki charakteryzowały się intensywną, typową dla danego surowca barwą oraz intensywnym, typowym dla surowca zapachem i smakiem, praktycznie niezmiennym w procesie niskotemperaturowego suszenia (tab. 1, rys. 1).

**Tabela 1. Wyniki oceny sensorycznej proszków warzywnych otrzymanych metodą suszenia niskotemperaturowego z równoczesną mikronizacją**

**Table 1. Results of sensory evaluation of vegetable powders, obtained by low-temperature drying with simultaneous micronization**

Rodzaj produktu	Wygląd	Zapach	Smak	Konsystencja
Koperek	barwa intensywnie zielona, proszek drobnoziarnisty, mialki, sypki	intensywny, typowy dla koperku	słono-kwaśny, koperkowy	sypka, jednolita, bez zbryleń
Natka pietruszki	barwa intensywnie zielona, proszek drobnoziarnisty, mialki, sypki	intensywny, typowy dla natki pietruszki	typowy dla natki, słodkawy, z lekką nutą gorzką	sypka, jednolita, bez zbryleń
Kapusta	barwa jasna, kremowa, proszek drobnoziarnisty, mialki, sypki	zapach typowy dla kapusty, delikatny	słodki, lekko gorzki, lekko piekący, typowy dla roślin krzyżowych	sypka, jednolita, bez zbryleń
Burak	barwa intensywna, typowa, bordowo-fioletowa, proszek drobnoziarnisty, mialki, sypki	lekko buraczany, lekko słodki	typowy dla buraka, słodki, lekko piekący, z delikatną nutą goryczy	sypka, jednolita, bez zbryleń

**Źródło:** Opracowanie na podstawie [20]

**Source:** Study based on [20]

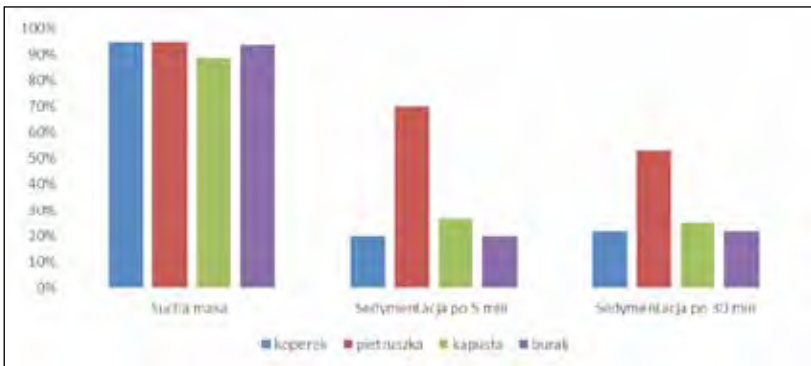


Rys. 1. Proszki warzywne otrzymane metodą suszenia niskotemperaturowego z równoczesną mikronizacją stanowiące materiał badawczy: a) koperek, b) pietruszka, c) kapusta, d) burak.

Fig. 1. Vegetable powders obtained by low-temperature drying with simultaneous micronization of the product of research: a) dill, b) parsley, c) cabbage, d) beet.

Źródło: Opracowanie na podstawie [20]

Source: Study based on [20]



Rys. 2. Wybrane parametry charakterystyki różnych proszków warzywnych otrzymanych metodą suszenia niskotemperaturowego z równoczesną mikronizacją.

Fig. 2. Selected parameters of the characteristics of different vegetable powders, obtained by low-temperature drying with simultaneous micronization.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [20]

Source: Own study [20]

Wygląd ogólny wskazywał na ich dużą jednorodność i brak zbryleń. Zawartość suchej masy w badanych proszkach wahała się w granicach od 88,6 do 94,8 % (rys. 2). W roztworach wodnych, w temperaturze 20 stopni Celsjusza badane proszki warzywne ulegały częściowemu rozpuszczeniu i sedymentacji, zróżnicowanej w zależności od rodzaju proszku, wahającej się od 20 do 70%.

Ocena wybranych mierników bioaktywnych sproszkowanych surowców takich jak: zawartość witaminy C, polifenoli,

składników antyoksydacyjnych i właściwości antyoksydacyjnych wykazała, że badane warzywa charakteryzują się wysoką zawartością witaminy C wynoszącą: 617,0 mg/100g w pietruszce, 399,4 mg/100g w kapuście, 280,2 mg/100g w koperku, 93,1 mg/100g w buraku (rys. 3).

Porównując uzyskane wartości witaminy C ze średnią tabelaryczną zawartością w odpowiednich surowcach warzywnych (po uwzględnieniu suchej masy) można stwierdzić, że straty witaminy C w zastosowanym procesie produkcji i trzymiesięcznym przechowywaniu w temperaturze pokojowej były niskie (wynosiły szacunkowo 15% dla buraka, 25% dla kapusty oraz 40% dla kopru i natki pietruszki). W typowym procesie suszenia wysokotemperaturowego straty tej witaminy mogą być bardzo wysokie, sięgające nawet 80%. Być może, specyfika metody – rozdrabnianie całych surowców w niskiej temperaturze, duża ilość nieszkodzonych komórek, wysoka ilość polifenoli itp., mogły mieć wpływ na dość niskie straty witaminy C. Badania z tego zakresu są obecnie kontynuowane.

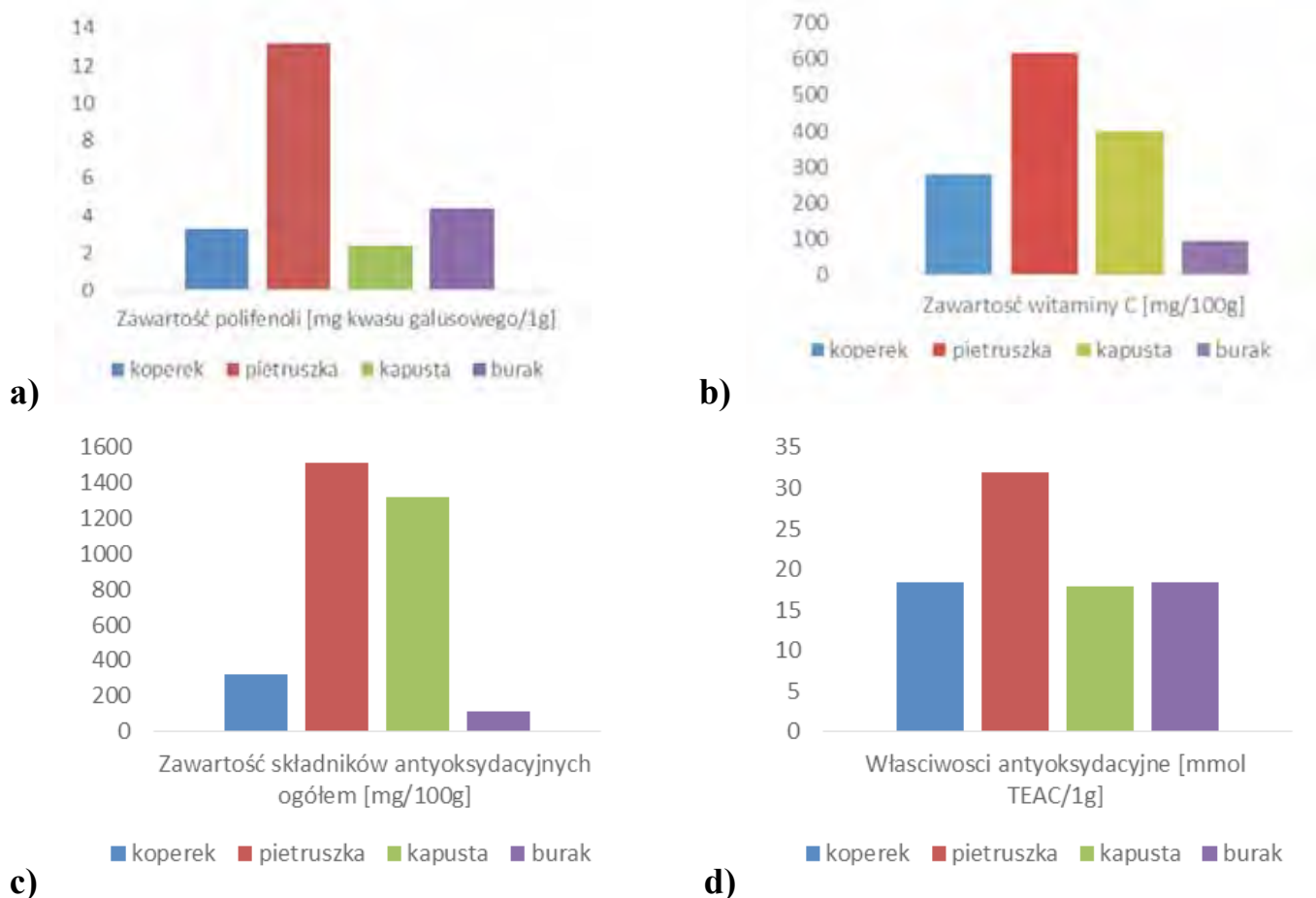
Ocena zawartości polifenoli, składników antyoksydacyjnych i właściwości antyoksydacyjnych badanych proszków warzywnych wykazała, że charakteryzują się one wysokimi, typowymi dla badanych surowców warzywnych parametrami. Najwyższą zawartością polifenoli, składników antyoksydacyjnych i właściwości antyoksydacyjnych charakteryzowały się proszki otrzymane z pietruszki, a następnie kapusty i koperku. Otrzymane wartości są zbliżone do parametrów odpowiednich warzyw niesproszkowanych (po przeliczeniu na suchą masę), co wskazuje na duże zalety tej innowacyjnej metody suszenia surowców.

## DYSKUSJA

W ostatnich latach obserwuje się stały wzrost zainteresowania technologiami mechanicznego rozdrabniania, mającymi na celu otrzymanie produktów o: bardzo drobnych (10–100 µm), superdrobnych (1–10 µm), ultra drobnych (0,1–1 µm) cechach uziarnienia. Badania wykazują, że **mikronizacja** ma bezpośredni wpływ na jakość wytwarzanych produktów [10].

Witamina C, z racji dużej labilności, jest w dużej mierze tracona podczas procesu suszenia [5]. Jest to wynik przede wszystkim wpływu podwyższonej temperatury. Susząc konwekcyjnie zioła, zaobserwowano ponad 10-krotną redukcję początkowej zawartości zredukowanej formy witaminy C. W badaniach Alibas [1] wszystkie metody suszenia spowodowały także degradację kwasu askorbinowego, która jednak była najniższa w liściach suszonych metodą kombinowaną, przy zastosowaniu temperatury 50°C oraz mocy mikrofal 500 W i wyniosła 2%. Zawartość kwasu askorbinowego w suszach zmniejszała się





**Rys. 3. Zawartość polifenoli (a), witaminy C (b), składników antyoksydacyjnych (c) i właściwości antyoksydacyjnych (d) w proszkach warzywnych otrzymanych metodą suszenia niskotemperaturowego z równoczesną mikronizacją.**

**Fig. 3. The content of the polyphenols (a), vitamin C (b), the antioxidant component (c) and antioxidant properties (d) vegetable powders, obtained by low-temperature drying with simultaneous micronization.**

**Źródło:** Opracowanie na podstawie [20]

**Source:** Study based on [20]

w miarę zmniejszania mocy mikrofal i zwiększania temperatury powietrza, osiągając najniższą wartość dla 160 W i 100°C, wynoszącą 177 mg/100 g, co stanowiło 90% początkowej ilości. Z kolei suszenie mikrofalowe także pozwoliło na uzyskanie dobrej jakości pokrzywy, co również w tym przypadku było związane z zastosowaną mocą mikrofal. Retencja wyniosła 87, 88 i 91%, odpowiednio dla mocy 160, 350 i 500 W. Natomiast suszenie konwekcyjne spowodowało zachowanie w suszonym materiale jedynie od 71 do 74% kwasu askorbinowego.

Suszenie przyczynia się do znaczących zmian w zawartości polifenoli. Negatywny wpływ podwyższonej temperatury podczas suszenia konwekcyjnego na zawartość polifenoli potwierdziły badania Arslan i wsp. [2]. Straty związków fenolowych po suszeniu konwekcyjnym wynosiły ponad 80%, gdy proces prowadzono w 60 i 70°C. W przypadku suszu uzyskanego w 50°C degradacja wyniosła 65%. Metoda sublimacyjna pozwoliła na uzyskanie suszu najwyższej jakości, co wynikało z niskiej temperatury prowadzenia procesu. Stosując suszenie mikrofalowo-podciśnieniowe otrzymano susz, charakteryzujący się znaczną degradacją polifenoli, przekraczającą 70% zawartości tych związków w świeżym oregano. Natomiast podwyższenie mocy mikrofal

spowodowało zmniejszenie strat polifenoli, co wynikało ze zdecydowanego skrócenia czasu suszenia, a co za tym idzie, skrócenia czasu ekspozycji materiału na działanie podwyższonej temperatury i tlenu. Ponadto wszystkie zastosowane metody suszenia (sublimacyjna, mikrofalowo-podciśnieniowa oraz konwekcyjna) spowodowały zmniejszenie zdolności przeciwutleniającej. Liofilizacja okazała się w tym przypadku metodą pozwalającą na uzyskanie suszu najwyższej jakości. Bardzo niskie wartości zdolności przeciwutleniającej osiągnęły susze konwekcyjne, szczególnie suszone w wysokich temperaturach, 60 i 70°C. Z kolei zwiększenie mocy mikrofal skróciło czas suszenia i pozwoliło na uzyskanie wyższej zdolności przeciwrodnikowej [9].

## WNIOSKI

1. Surowce warzywno przetworzone metodą niskotemperaturowego suszenia z równoczesną mikronizacją, charakteryzowały się wysoką jakością sensoryczną – intensywną, niezmienną barwą typową dla danego surowca, intensywnym smakiem i zapachem, praktycznie niezmiennym zastosowanym procesem suszenia.

2. Zawartość składników bioaktywnych, takich jak: witamina C, polifenole, składniki antyoksydacyjne oraz właściwości przeciwutleniające badanych proszków była bardzo wysoka, porównywalna lub nieznacznie niższa niż w odpowiednich surowcach (w przeliczeniu na suchą masę).
3. Przetwarzanie surowców pochodzenia roślinnego metodą niskotemperaturowego suszenia z równoczesną mikronizacją umożliwia uzyskanie wysokiej jakości półproduktów skoncentrowanych w postaci proszku o dużej trwałości. Jest to szczególnie ważne w przypadku owoców, warzyw i ziół ze względu na ich sezonowość oraz występujące trudności z ich szybkim zagospodarowaniem.
4. Otrzymane metodą niskotemperaturowego suszenia z równoczesną mikronizacją susze roślinne mogą być wykorzystane jako źródło naturalnych składników biologicznie czynnych w produkcji suplementów diety i koncentratów spożywczych o podwyższonej wartości biologicznej.

## LITERATURA

- [1] **ALIBAS I. 2010.** „Determination of drying parameters, ascorbic acid contents and color characteristics of nettle leaves during microwave-, air- and combined microwave-air drying”. *Journal of Food Process Engineering* 33: 213-233.
- [2] **ARSLAN D., ÖZCAN M. M., OKYAY MENGEŞ H. 2010.** „Evaluation of drying methods with respect to drying parameters, some nutritional and colour characteristics of peppermint (*Mentha x piperita* L.)”. *Energy Conversion and Management* 51: 2769-2775.
- [3] **BENZIE I.F.F., STRAIN J.J. 1996.** „The Ferric Reducing ability of Plasma (FRaP) as a measure of ”antioxidant power”: The FRaP assay”. *Analytical Biochemistry* 239: 70-76.
- [4] **BOROWSKA J. 2003.** „Owoce i warzywa jako źródło naturalnych przeciwutleniaczy”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-warzywny*, t. 47 (6): 11-12.
- [5] **CAPECKA E., MARECZEK A., LEJA M. 2005.** „Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species”. *Food Chemistry* 93: 223-226.
- [6] **CELIK H., OEZGEN M., SERCE S., KAYA C. 2008.** „Phytochemical accumulation and antioxidant capacity at four maturity stages of cranberry fruit”. *Scientia Horticulturae* 117: 345-348.
- [7] **COTE J., CAILLET S., DOYON G., DUSSAULT D., SYLVAIN J., LACROIX M. 2011.** „Antimicrobial effect of cranberry juice and extracts”. *Food Control* 22: 1413-418.
- [8] **INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION 2003.** *Sensory analysis – Methodology – General guidance for establishing a sensory profile*. ISO – 13299.
- [9] **JAŁOSZYŃSKI K., FIGIEL A., WOJDYŁO A. 2008.** „Drying kinetics and antioxidant activity of oregano”. *Acta Agrophysica* 11: 81-90.
- [10] **LEGUTKO M., TOMANEK G., GIERAK Ł., KROPIWICKI J. 2014.** „Mikronizacja kluczem do współczesnej farmacji”. *Chemik* 68(3): 224-226.
- [11] **MEDINA M. 2012.** „Determination of the total phenolics in juices and superfruits by a novel chemical method”. *Journal of Functional Food* 3: 79-87.
- [12] **NEUMARK-SZTAINER D., WALL M., CHERY P., MARY S. 2003.** „Correlates of fruit and vegetable intake among adolescents”. *Preventive Medicine* 37(3): 198-208.
- [13] **PANTELIDIS G., VASILAKAKISM., MANGANARIS G., DIAMANTIDIS G. 2003.** „Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, redcurrants, gooseberries and Cornelian cherries”. *Food Chemistry* 102: 777-783.
- [14] **PN-A-04019/1998.** *Produkty spożywcze. Oznaczanie zawartości witaminy C*. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- [15] **PN-A-75101/03/1990.** *Przetwory owocowe i warzywne – oznaczanie zawartości suchej masy metodą wagową*. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- [16] **RAO A.V., RAO L.G. 2007.** „Carotenoids and human Health”. *Pharmacological Research* 55(3): 207-216.
- [17] **SADOWSKA A., SKARŻYŃSKA E., RAKOWSKA R., BATOGOWSKA J., WASZKIEWICZ-ROBAK B. 2014.** „Substancje bioaktywne w surowcach pochodzenia roślinnego i roślinach zielarskich”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2: 131-135.
- [18] **SADOWSKA A., ŚWIDERSKI F., KROMOŁOWSKA (RAKOWSKA) R. 2011.** „Polifenole – źródło naturalnych przeciwutleniaczy”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 108-111.
- [19] **SUJKA K., KOCZOŃ P., GÓRSKA A., WIRKOWSKA M., REDER M. 2013.** „Sensoryczne i spektralne cechy wybranych wyrobów spirytusowych poddanych procesowi liofilizacji”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (89): 184-194.
- [20] **ŚWIADECTWO ANALIZY 2014.** *Laboratorium Oceny Żywności i Diagnostyki Zdrowotnej, Pracownia Analiz Fizyko-Chemicznych, Sprawozdanie z badań nr 114 F do zlecenia nr 7/2014*, Warszawa: SGGW.
- [21] **ŚWIDERSKI F. 2013.** *Opinia dotycząca innowacyjnej technologii otrzymywania surowców spożywczych w postaci proszku w wyniku niskotemperaturowego suszenia z równoczesnym rozdrabnianiem*, Warszawa: SGGW.
- [22] **SZAJDEK A., BOROWSKA J. 2004.** „Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (41): 5-28.
- [23] **YILMAZ Y., TOLEDO R. 2005.** „Antioxidant activity of water-soluble Maillard reaction products”. *Food Chemistry* 93(2): 273-278.