

## ZMIANY PARAMETRÓW BARWY OWOCÓW JAGODOWYCH WYWOŁANE SUSZENIEM, PRZECHOWYWANIEM I REHYDRACJĄ

Marta Paślawska, Bogdan Stępień, Klaudiusz Jałoszyński

*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

**Streszczenie.** Owoce maliny i borówki czernicy leśnej poddano suszeniu sublimacyjnemu, a następnie przechowywano 180 dni w temperaturze pokojowej i przeprowadzono rehydrację. Po wysuszeniu, przechowywaniu i ponownym uwodnieniu oznaczono barwę próbek. Zaobserwowano zmiany parametrów barwy malin wywołane odwodnieniem i przechowywaniem oraz rehydracją, świadczące o silnym powiązaniu barwników z wodą. Migracja wody wywołana suszeniem borówek w stanie zamrożenia, długotrwałym przechowywaniem oraz rehydracją nie spowodowała znaczących zmian barwy tych owoców.

**Słowa kluczowe:** barwa, maliny, borówki, suszenie sublimacyjne, rehydracja

### Wprowadzenie i cel badań

Proces suszenia stosuje się w wielu sektorach przemysłu owocowo-warzywnego, głównie ze względu na to, że usunięcie wody z żywności jest przyczyną zahamowania wzrostu mikroorganizmów oraz zatrzymania niepożądanych procesów biochemicznych i fizjologicznych, dzięki czemu produkt jest trwały [Pabis 1982]. Pozbycie się wody z produktu prowadzi również czasem do zmniejszenia wartości odżywczej i pogorszenia cech sensorycznych żywności - zmian istotnych z punktu widzenia konsumenta [Szentmarjay i in. 1996]. Twarde reguły rynku i wymagania konsumentów decydują jednak o tym, że produkty o niewłaściwym smaku, barwie, złej konsystencji, czy nienaturalnym zapachu, nie znajdują nabywcy. Jako najbardziej zachowawczy sposób suszenia owoców uważa się suszenie sublimacyjne, przede wszystkim ze względu na bardzo dobrą jakość uzyskiwanych produktów i możliwość długotrwałego ich przechowywania w normalnej temperaturze, praktycznie bez utraty wartości odżywczych czy takich właściwości jak aromat, barwa i konsystencja [Kramkowski, 1998]. Suszenie sublimacyjne jest metodą kosztowną i na skalę przemysłową stosowaną jedynie w tych działach przemysłu spożywczego, gdzie koszt procesu jest w odpowiedniej proporcji do wartości produktu, a zastosowanie metod konwencjonalnych nie pozwala na uzyskanie produktu o wymaganej jakości [Tutowa i Kuc 1991].

Barwa owoców i warzyw, będąca odzwierciedleniem rodzaju i ilości związków barwnych, jest istotną cechą ich jakości i atrakcyjności, a konsumenci poszukują produktów o barwie intensywnej i naturalnej dla danego produktu. Substancje barwne występujące w produktach roślinnych – głównie antocyjany i karotenoidy – są związkami o niewielkiej

stabilności, ulegającymi przemianom lub rozpadowi pod wpływem niewielkich nawet zmian zawartości i stanu wody, temperatury, pH, jonów metali, tlenu oraz aktywnych chemicznie pozostałych składników żywności [Sikorski 2007]. Instrumentalny pomiar barwy umożliwia wstępną ocenę stopnia zaawansowania przemian chemicznych związków barwnych, a jedną z metod obiektywnej oceny barwy jest system kolorymetryczny C.I.E.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . W systemie C.I.E. jest możliwe określenie jasności obrazu za pomocą parametru  $L^*$  (od 0 – czarny do 100 – biały), chromatyczności za pomocą parametrów:  $a^*$  (od (-)60 - zielony do (+)60 - czerwony) oraz  $b^*$  (od (-)60 - niebieski do (+)60 - żółty), a także ustalenie odcienia ( $h^*$ ) i nasycenia barwy ( $C^*$ ) [Zausznica 1959].

Celem przeprowadzonych badań było określenie stabilności barwy malin i borówek leśnych wysuszonych sublimacyjnie i przechowywanych, a następnie uwodnionych.

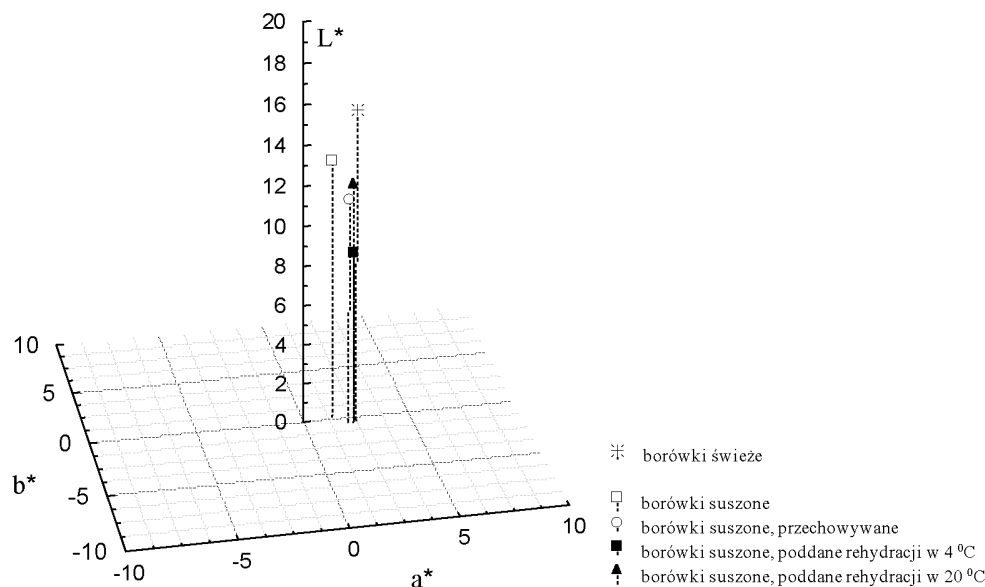
## Metodyka badań

Materiałem badawczym były nieuszkodzone, zdrowe i wyrównane owoce borówki czernicy leśnej oraz malin odmiany Polana, zakupione w handlu detalicznym w 2008 roku. Borówki umyto i osuszono; zabieg ten pominięto w przypadku malin ze względu na ich delikatną strukturę i tym samym możliwość uszkodzenia. Owoce poddano suszeniu w instalacji OE-950 (50 Pa, 50°C), po uprzednim zamrożeniu w temp. -20°C przez 12 h. Susz zapakowany próżniowo (folia PA/PE bezbarwna o grubości 80  $\mu\text{m}$  i max. przepuszczalności: dla pary wodnej 6  $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot 24\text{h}$ , dla tlenu < 40  $\text{cm}^3\cdot\text{m}^{-1}\cdot 24\text{h}$ ) przechowywano przez 180 dni w temperaturze pokojowej, bez dostępu światła. Rehydrację prowadzono w wodzie destylowanej, w temperaturze 4 oraz 20°C. W materiale świeżym, w suszu, w suszu po 180 dobach przechowywania oraz w materiale poddanym rehydracji oznaczano: suchą masę wg PN-90/A-75101/03, aktywność wody (miernik KMAW 7 Cobrabid) oraz barwę (kolorymetr Minolta CR200, skalowany według wzorca bieli BCRA No 20933100). Próbkę owoców o masie 5g rozdrabniano w młynku laboratoryjnym WŻ-1, a następnie określano parametry barwy  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , wykonując każdorazowo pięć odczytów. Oznaczenie barwy powtarzano dwukrotnie. Okienko pomiarowe o średnicy 0,008 m umieszczone było w odległości 0,010 m od próbki. Oznaczone parametry  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  posłużyły do wyliczenia nasycenia barwy ( $C^*$ ), tonu barwy ( $h^*$ ) oraz całkowitej różnicy barwy ( $\Delta E$ ) [Clydesdale 1972].

Wartość całkowitej różnicy barwy poszczególnych prób wyznaczono w odniesieniu do materiału świeżego. Wyniki dotyczące barwy poddano analizie statystycznej przy wykorzystaniu programu Statistica 8, stosując analizę wariancji ANOVA, test Tukeya.

## Analiza wyników

Owoce borówki czernicy leśnej charakteryzowała stabilność parametrów barwy  $a^*$  i  $b^*$  podczas przeprowadzonego odwadniania, przechowywania oraz ponownego uwadniania. Zmianie ulegał natomiast parametr  $L^*$ , opisujący jasność materiału, obrazujący pociemnienie owoców wywołane zarówno suszeniem, przechowywaniem jak i rehydracją suszu (rys. 1).



Rys. 1. Zmiana parametrów barwy owoców borówki czernicy leśnej wywołana suszeniem, przechowywaniem i rehydracją

Fig. 1. Change in parameters of bilberry fruit colour caused by drying, storage and rehydration

Efekt ten wywołany był prawdopodobnie przez związane z usunięciem wody znaczne zagęszczenie antocyjanów w suchej masie borówek ( $91\text{-}255\text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$  s.m. świeżych owoców [Kunachowicz i in. 2005]), oraz występowaniem zasklepiającej się podczas suszenia skórki. Warunki doświadczenia - zastosowana podczas suszenia sublimacyjnego temperatura  $50^{\circ}\text{C}$ , jak również przechowywanie i rehydracja nie doprowadziły do istotnego rozpadu substancji barwnych w owocach borówek, co widoczne byłoby jako wzrost jasności (wzrost wartości parametru  $L^*$ ) oraz wzrost udziału barwy żółtej (spadek wartości parametru  $a^*$ ). Wywołane degradacją substancji barwnych rozjaśnienie barwy próbek owoców i warzyw zawierających, podobnie jak borówki, duże ilości antocyjanów - czerwonych winogron, czerwonej kapusty, czarnej marchwi i aronii, opisują Czapski i Walkowiak-Tomczak [2005].

Obserwowane podczas przechowywania pociemnienie borówek powiązane było prawdopodobnie z przemieszczaniem się pozostałej w materiale wody z wiązań chemicznych do substancji barwnych, co widoczne jest również jako wzrost aktywności wody i wzrost wilgotności przechowywanego suszu (rys. 3 i rys. 4).

Pomimo nieistotnych zmian wartości podstawowych parametrów barwy  $a^*$  i  $b^*$ , stwierdzono istotne statystycznie zmiany zależnego od nich kąta tonu barwy ( $h^*$ ) oraz wahania wielkości nasycenia barwy ( $C^*$ ) (tab. 1). Ton barwy ( $h^*$ ) obniżył się na skutek odwodnienia materiału, a następnie wzrósł w trakcie przechowywania oraz po rehydracji do wartości wyższych niż w przypadku materiału świeżego. Wysuszenie sublimacyjne oraz przechowywanie borówek było przyczyną zmniejszenia się nasycenia ich barwy ( $C^*$ ) i ponowne

uwodnienie nie zapewniło powrotu tego parametru do wartości typowych dla owoców świeżych.

Tabela 1. Nasylenie, ton oraz całkowita różnica barwy owoców borówki czernicy leśnej podczas suszenia, przechowywania i rehydracji

Table 1. Saturation, tone and total difference in colour of bilberry fruits during drying, storage and rehydration

Stan owoców borówki czernicy leśnej	Ton barwy [h*]	Nasylenie barwy [C*]	Całkowita różnica barwy [ΔE]
Świeże owoce	7,45 <sup>a</sup>	2,50 <sup>a</sup>	-
Susz	3,28 <sup>b</sup>	2,26 <sup>b</sup>	3,68
Susz po 180 dniach przechowywania	11,42 <sup>c</sup>	1,99 <sup>c</sup>	0,76
Susz po rehydracji w 4°C	9,87 <sup>d</sup>	2,33 <sup>b</sup>	6,98
Susz po rehydracji w 20°C	12,41 <sup>c</sup>	2,30 <sup>b</sup>	3,54

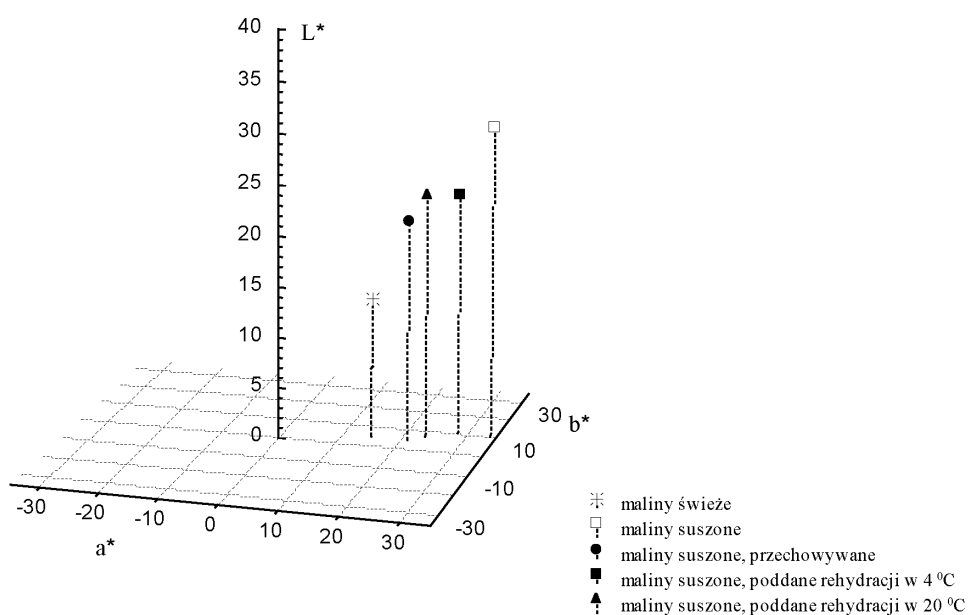
Rehydracja suszu z borówek doprowadziła do wzrostu wilgotności i aktywności wody do wartości nieco wyższych niż wilgotność i aktywność wody owoców świeżych (rys. 3 i rys. 4), nie spowodowało to jednak znaczących zmian barwy materiału. Całkowita różnica barwy próbek opisana przez parametr ΔE, nie przekraczająca wartości 4,0 wskazuje na niewielki wpływ stanu uwodnienia na stabilność antocyjanów w owocach borówki czernicy leśnej. Zmiana tego rzędu jest niezauważalna ludzkim okiem i świadczy o stabilności barwy borówek poddanych suszeniu, przechowywaniu i rehydracji. Wyjątek stanowi próbka uwadniania w temperaturze 4°C, której barwa różni się od barwy owoców świeżych o ΔE=6,98. Całkowita różnica barwy tego rzędu opisywana jest jako odchylenie średnie, rozpoznawalne przez niedoświadczonego obserwatora i na podstawie analizy tego parametru można uznać temperaturę rehydracji 4°C jako mniej korzystną niż 20°C.

Parametry barwy owoców malin ulegały zmianie na skutek wszystkich stosowanych zabiegów - odwadniania, przechowywania oraz ponownego uwadniania.

Stwierdzono, że suszenie sublimacyjne wywołało zmianę barwy malin, objawiającą się wzrostem parametru opisującego jasność L\*, przy jednoczesnym wzroście udziału barwy czerwonej a\* (rys. 2), natomiast parametr b\* pozostał na stałym poziomie. Ton barwy (h\*) uległ znacznemu podwyższeniu (tab. 2) od wartości 15,58 dla malin świeżych do 35,51 dla suszu, zaś nasycenie barwy (C\*) zmniejszyło się nieznacznie.

Wzrost jasności owoców nie był spowodowany prawdopodobnie rozpadem barwników antocyjanowych znajdujących się w malinach (średnia zawartość antocyjanów w zależności od odmiany: 50-130 mg·100 g s.m<sup>-1</sup>. [Kunachowicz i in. 2005]), z uwagi na to, że degradacja antocyjanów związana jest z powstawaniem barwników żółtych, a więc również wzrostem udziału barwy żółtej, co byłoby widoczne jako obniżenie się wartości parametru a\*. Obserwowany w doświadczeniach wzrost parametru a\* (nasilenie czerwieni) wskazuje na wzrost udziału substancji barwnych w suchej masie odwodnionych sublimacyjnie malin. Podobny efekt zaobserwowany został również w przypadku barwy sublimacyjnie wysuszonych truskawek [Paślawska 2006], z tym że całkowita zmiana barwy wyrażona jako ΔE była w przypadku truskawek mniejsza (9,09) niż w przypadku malin (26,01). Przyczyną

rozjaśnienia barwy malin może być izomeryzacja karotenoidów ( $70-100 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g s. m}^{-1}$ . [Kunachowicz i in. 2005]) o strukturze *trans* do pochodnych o strukturze częściowo *cis*, mniej aktywnych biologicznie i mających jaśniejszą barwę [Sikorski 2007]. Rozjaśnienie barwy suszonych malin wynikać może również z metody oznaczania barwy, polegającej na pomiarze promieniowania odbitego od powierzchni. Materiał surowy zawiera dużo wody i światło odbija się od jego powierzchni inaczej niż od porowatej powierzchni suszu. Woda może adsorbować padające nań promieniowanie, w efekcie czego mniej odbija się od powierzchni.



Rys. 2. Zmiana parametrów barwy owoców malin wywołana suszeniem, przechowywaniem i rehydracją

Fig. 2. Change in parameters of raspberry fruit colour caused by drying, storage and rehydration

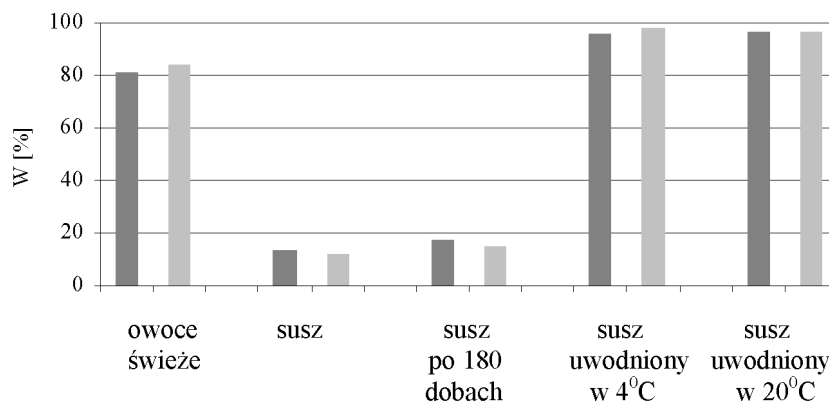
W trakcie przechowywania suszu z malin stwierdzono pociemnienie owoców, zmierzone jako spadek wartości parametru  $L^*$ , a świadczące o migracjach pozostałych w materiale cząstek wody związanej chemicznie. Wskazuje na to wzrost wilgotności i aktywności wody w przechowywanym suszu z malin (rys. 3 i rys. 4). Zaobserwowano przesunięcie parametru  $a^*$  w stronę barwy żółtej, świadczące o zachodzących przemianach chemicznych części barwników (min. oksydatywnej polimeryzacji antocyjanów) i innych składników. Obniżenie wartości tonu barwy  $h^*$  oraz jej nasycenia  $C^*$  wskazują także na przebiegające w trakcie przechowywania transformacje związków barwnych. Wielkość całkowitej zmiany barwy przechowywanych owoców  $\Delta E=16,52$  ukształtowała się na poziomie możliwym do stwierdzenia również w wyniku subiektywnej oceny wzrokowej (tab. 2).

Tabela 2. Nasylenie, ton oraz całkowita różnica barwy owoców malin podczas suszenia, przechowywania i rehydracji

Table 2. Saturation, tone and total difference in colour of raspberry fruits during drying, storage and rehydration

Stan owoców malin	Ton barwy [h*]	Nasylenie barwy [C*]	Całkowita różnica barwy [ΔE]
Świeże owoce	15,58 <sup>a</sup>	18,45 <sup>a</sup>	-
Susz	35,51 <sup>c</sup>	17,38 <sup>b</sup>	26,01
Susz po 180 dniach przechowywania	21,59 <sup>b</sup>	13,31 <sup>c</sup>	16,52
Susz po rehydracji w 4°C	20,72 <sup>b</sup>	30,24 <sup>d</sup>	17,75
Susz po rehydracji w 20°C	17,53 <sup>a</sup>	24,56 <sup>e</sup>	13,60

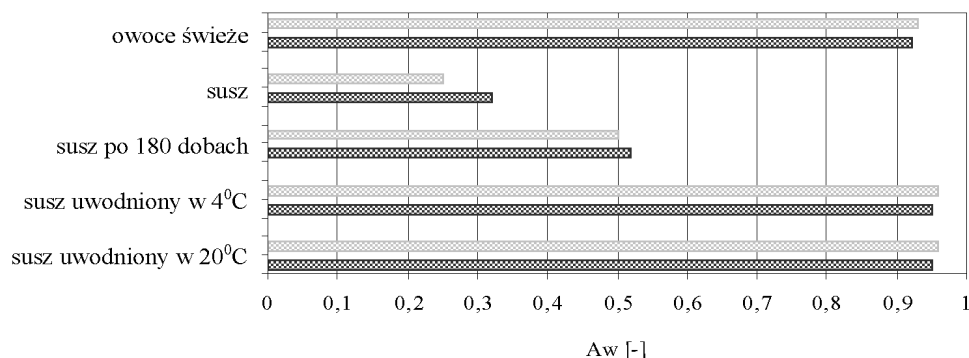
Przeprowadzenie rehydracji suszonych malin po przechowywaniu nie spowodowało powrotu jasności L\* i parametrów barwy a\* i b\* do wartości typowych dla owoców świeżych, niezależnie od temperatury zastosowanej podczas procesu. Całkowita różnica barwy (ΔE) pomiędzy owocami świeżymi a uwodnionym suszem była znaczna i wynosiła 17,75 w przypadku temperatury 4°C i 13,60 w przypadku temperatury 20°C. Tak znacząca różnica barwy była prawdopodobnie wynikiem zachodzącego podczas rehydracji intensywnego wycieku składników komórkowych (w tym również substancji barwnych), większego w temperaturze 4°C niż w temperaturze 20°C. Dyfuzja składników do otoczenia była również przyczyną utraty suchej substancji, a tym samym wzrostu wilgotności materiału uwodnionego w stosunku do owoców świeżych (rys. 3) obserwowanych niezależnie od stosowanej temperatury rehydracji. Podwyższona w stosunku do materiału świeżego aktywność wody (rys. 4) wskazuje na niższy stopień związania cząsteczek wody w uwadnianych ponownie tkankach zarówno w niższej jak i w wyższej temperaturze procesu.



Rys. 3. Wilgotność (W [%]) owoców malin (■) i borówki czernicy leśnej (■) poddanych suszeniu, przechowywaniu oraz rehydracji

Fig. 3. Humidity (W [%]) of raspberry (■) and bilberry (■) fruits put to drying, storage and rehydration

## Zmiany parametrów barwy...



Rys. 4. Aktywność wody ( $A_w$  [-]) owoców malin (□) i borówki czernicy leśnej (■) podanych suszeniu, przechowywaniu oraz rehydracji

Fig. 4. Water activity ( $A_w$  [-]) in raspberry (□) and bilberry (■) fruits put to drying, storage and rehydration

## Wnioski

1. Przetwarzanie owoców poprzez zastosowanie suszenia sublimacyjnego, przechowywania oraz rehydracji jest przyczyną zmiany barwy malin, nie wpływa natomiast na stabilność barwy owoców borówki czernicy leśnej.
2. Ze względu na możliwość zbliżenia całkowitej różnicy barwy suszu po rehydracji do wartości typowych dla materiału świeżego, korzystnie jest prowadzenie procesu rehydracji suszu sublimacyjnego z malin i borówek czernicy leśnej w temperaturze 20°C.

## Bibliografia

- Czapski J., Walkowiak-Tomczak D. 2005. Zmiany parametrów barwy roztworów antocyjanów w czasie ogrzewania. *Inżynieria Rolnicza* 9(69), s. 27-33.
- Clydesdale F.M. 1976. Instrumental techniques for color measurement of foods. *Food Technology*, 10, s. 52-59.
- Kondratowicz J., Burczyk E., Janiak M. 2009. Liofilizacja jako sposób utrwalania żywności. *Chłodnictwo* XLIV nr 1-2, s. 58-61.
- Kunachowicz H., Nadolna I., Iwanow K., Przygoda B. 2005. Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw. PZWL, Warszawa, s. 44-45.
- Pasławska M., Pelka A. 2006. Właściwości rekonstrykcyjne i barwa suszu truskawkowego. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 1(46), s. 93-99.
- PN-90/A-75101.03. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczanie zawartości suchej masy metodą wagową.
- Sikorski Z. 2007. *Chemia żywności*. WNT, 195, 407.
- Szentmarjay T., Pallai E., Szekrenyessy K. 1996. Product quality and operational parameters of drying. *Drying*, Volume A, 658-663.
- Witrowa-Rajchert D. 2008. Suszarki sublimacyjne do żywności. *Przemysł Spożywczy* 4, 14-20.
- Zin M. 2008. Utrwalanie i przechowywanie żywności. WUR, Rzeszów, s. 11-12.

## **CHANGES IN PARAMETERS OF BERRY FRUIT COLOUR CAUSED BY DRYING, STORAGE AND REHYDRATION**

**Abstract.** Raspberry and bilberry fruits were put to sublimation drying, then stored for 180 days at room temperature, and finally rehydrated. Colour of samples was determined after drying, storage and rehydration. The research allowed to observe changes in raspberry colour parameters due to dehydration, storage and rehydration, which prove strong connection between dyes and water. Water migration resulting from drying of frozen bilberries, prolonged storage and rehydration did not cause any significant changes in colour of these fruits.

**Key words:** colour, raspberries, blueberries, sublimation drying, rehydration

**Adres do korespondencji:**

Marta Paślawska; e-mail: mpaślawska@up.wroc.pl  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chełmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław