

## IDENTYFIKACJA WPŁYWU STOPNIA ROZDROBNIENIA, OBRÓBKĘ WSTĘPNĄ I SPOSOBU SUSZENIA NA ZAWARTOŚĆ BARWNIKÓW BETALAINOWYCH W SUSZU Z BURAKÓW

Dorota Nowak, Magdalena Syta

*Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji,  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

**Streszczenie.** W pracy podjęto próbę analizy wpływu zmian zachodzących w materiale podczas operacji przygotowawczych przed procesem suszenia oraz zmiennych parametrów procesu na jakość otrzymanego suszu. Analizowano materiał świeży (burak v. *Bikores*), poddany blanszowaniu lub bez obróbki cieplnej, rozdrabniany na trzy sposoby. Zastosowano suszenie konwekcyjne oraz promiennikowe. Jako wyróżnik zachodzących zmian przyjęto zawartość barwników czerwonych wyrażonych za pomocą betaniny. Stwierdzono istotny wpływ zmienności wszystkich badanych parametrów procesu na zawartość ocenianego wyróżnika jakości, przy czym wpływ ten stanowi złożoną funkcję, bez wyraźnej dominacji któregośkolwiek z nich.

**Słowa kluczowe:** podcierwień, suszenie konwekcyjne, burak ćwikłowy, barwniki betalainowe

### Wprowadzenie

Żywność jest przeważnie materiałem czy układem biologicznym, o którego jakości decyduje zarówno surowiec - m.in. jego skład chemiczny, struktura czy budowa morfologiczna, zawartość substancji bioaktywnych, enzymów rodzimych, aktywność wody i wiele innych, jak i proces technologiczny. W trakcie operacji jednostkowych materiał ten podlega różnorodnym zmianom, których szybkość jest uzależniona od warunków prowadzenia procesu.

Jednym z podstawowych procesów w technologii żywności jest suszenie, które może być realizowane przy wykorzystaniu różnych technik (sposób dostarczenia ciepła, zróżnicowane parametry procesu) [Jayaraman i in. 2007]. Obok suszenia konwekcyjnego, stanowiącego główną metodę suszenia, istnieją przesłanki do upowszechniania suszenia przy wykorzystaniu promieniowania podczerwonego, zwłaszcza w zakresie bliskiej podcierwieni [Nowak 2005]. Ze względu na specyficzny mechanizm transportu ciepła, podczas tego rodzaju suszenia występują zdecydowanie bardziej korzystne warunki wymiany ciepła i masy – w porównaniu z suszeniem konwekcyjnym, co w praktyce sprowadza się do skrócenia czasu suszenia.

Właściwy proces suszenia poprzedzają różne operacje jednostkowe [Gębczyński 2005], m.in.: blanszowanie, rozdrabnianie. Operacje te naruszają strukturę materiału, wywołują

przemiany związków termolabilnych. W trakcie suszenia usuwanie wody niezwiązanej prowadzi w skali makro do skurczu materiału, a ruch wody w materiale wywołuje zmiany stężenia soku komórkowego. Tak więc zmiany, którym podlega surowiec w trakcie procesu, ich parametry mogą mieć wpływ na przebieg procesów biochemicznych zachodzących w tkance, co z kolei decydować będzie o jakości produktu.

Stąd celem pracy było określenie zmian wybranego wskaźnika decydującego o jakości produktu, zachodzących pod wpływem zadanych parametrów procesu technologicznego. Wskaźnikiem tym była zawartość czerwonych barwników betalainowych, będących bioaktywnym składnikiem buraka czerwonego o istotnych właściwościach prozdrowotnych [Duda 2005]. Analiza tych zmian może stanowić istotne narzędzie dla przewidywania oraz projektowania końcowej jakości produktu.

## Metodyka badań

Materiał badawczy stanowił burak ćwikłowy odmiany Bikores wyhodowany w Zakładzie Hodowli i Nasiennictwa Ogrodniczego PlantiCo, Zielonki.

Zmienne niezależne w zastosowanym procesie technologicznym - jako potencjalne punkty krytyczne - stanowiły następujące wyróżniki:

- Zastosowanie obróbki termicznej (obróbka w parze lub jej brak);
- Stopień rozwinięcia powierzchni (plastry gładkie, falowane, wióry);
- Metoda suszenia.

Obróbkę wstępną buraka ćwikłowego stanowiło alternatywne parowanie w temp. 100°C przez 40 minut [Pijanowski i in. 1976]. Rozdrabnianie prowadzono w rozdrabniaczu do jarzyn Robot Coupe, typ/model CL50D, do postaci plastrów gładkich o grubości 5 mm i średnicy 7-10 mm), plastrów karbowanych o grubości 5 mm i średnicy 7-10 mm oraz wiórów o długości 7-10 mm i średnicy 5 mm.

Zastosowane zostały dwie, istotnie różniące się pod względem sposobu dostarczenia ciepła metody suszenia: konwekcyjne oraz promiennikowe. W suszeniu promiennikowym źródło ciepła stanowiło promieniowanie w zakresie bliskiej podczerwieni o natężeniu (wg mocy zainstalowanej)  $7,875 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ , emitowane przez jasne promienniki umieszczone w odległości 20 cm od powierzchni odparowania. Powietrze o temperaturze 23°C przepływało z prędkością  $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Suszenie konwekcyjne prowadzono używając powietrza suszącego o temperaturze 68°C, tj. wartości równej temperaturze materiału suszonego, która została osiągnięta podczas suszenia promiennikowego. Proces suszenia realizowano w suszarce promiennikowo-konwekcyjnej znajdującej się w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji SGGW.

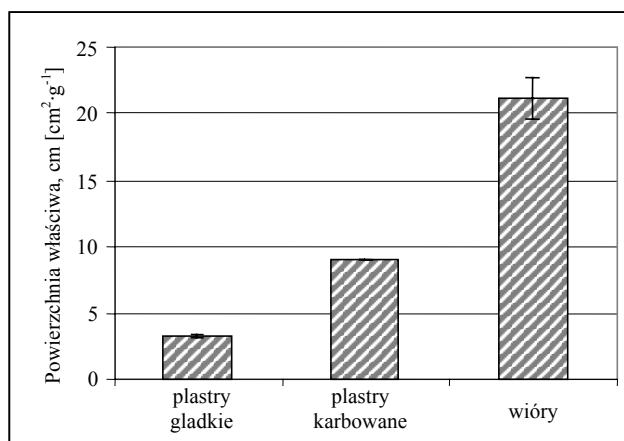
W celu oceny wpływu zastosowanych parametrów na zmiany jakościowe tkanki buraka, po każdym etapie procesu technologicznego oznaczono zawartość barwników betalainowych. Oznaczenie to wykonano metodą wg Nillsona [1975].

Uzyskane wyniki poddane zostały analizie statystycznej przy użyciu programu STAT-GRAPHICS 4.1 Plus. Zastosowano analizę wariancji jednoczynnikową przy poziomie istotności 0,05.

## Wyniki i ich omówienie

W trakcie rozdrabniania następuje redukcja wymiarów cząstki materiału, ale i jednocześnie zmiana powierzchni właściwej, która w procesie suszenia stanowi powierzchnię kontaktu z powietrzem przepływającym przez suszarkę. Na tym etapie zmiany zachodzące w materiale mogą więc wynikać ze stopnia uszkodzenia komórek tkanki buraka (mechanizmy obronne, wyciek soku komórkowego) i wielkości powierzchni kontaktu z powietrzem (intensywności natleniania). W efekcie zastosowanych stopni rozdrobnienia najbardziej rozwiniętą powierzchnię posiadały wióry, 1 g masy tworzył  $21,16 \pm 1,504 \text{ cm}^2$  powierzchni. Dla plastrów karbowanych wartość ta była 2,5-krotnie mniejsza i wynosiła  $8,98 \pm 0,009 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ . Dla plastrów gładkich otrzymano zaledwie  $3,17 \pm 0,092 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ , czyli 3-krotnie mniej niż dla plastrów karbowanych i 7 razy mniej niż dla wiórów (rys. 1). Uzyskano więc bardzo zróżnicowany materiał do dalszych badań i analiz.

Zawartość barwników czerwonych w badanych burakach (w surowcu) wynosiła  $105,0 \pm 8,3 \text{ mg betaniny} \cdot (100\text{g})^{-1}$  masy, co w przeliczeniu na suchą substancję jest równoznaczne z ilością  $875 \text{ mg betaniny} \cdot (100\text{g ss})^{-1}$ . Obróbka termiczna, jako obróbka wstępna, w temperaturze  $100^\circ\text{C}$  przez 40 minut, powodowała ponad dwukrotny wzrost zawartości tych barwników, co determinowało również właściwości suszu otrzymanego.



Rys. 1. Powierzchnia właściwa cząstek buraka ćwikłowego

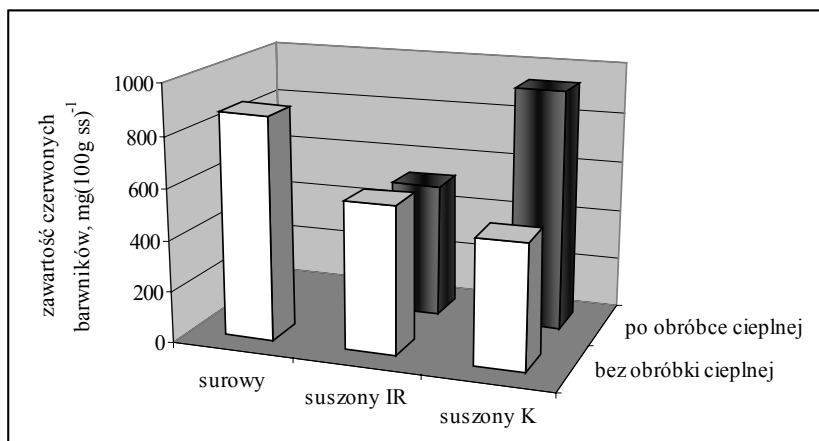
Fig. 1. Specific surface of red beet particles

Wpływ wstępnej obróbki cieplnej porównano zarówno dla suszenia konwekcyjnego, jak i dla procesu wykorzystującego energię promieni podczerwonych, dla materiału rozdrobnionego do postaci plastrów karbowanych (kształt ten teoretycznie powinien zapewniać najbardziej korzystne warunki wymiany ciepła i wymiany masy). W przypadku suszenia konwekcyjnego w temperaturze  $68^\circ\text{C}$  i przy prędkości przepływu powietrza suszącego  $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  susz z materiału nieblanszowanego zawierał  $488,2 \pm 1,6 \text{ mg betaniny} \cdot (100\text{g ss})^{-1}$ . W tych samych warunkach susz z materiału poddanego wstępnej obróbce cieplnej zawierał

941±30 mg betaniny·(100g ss)<sup>-1</sup>, co stanowiło ilość wyższą w stosunku do surowca. Tak zaprojektowany proces spowodował więc zwiększenie zawartości substancji pożądaných z punktu widzenia wartości żywieniowej.

Zmiana warunków suszenia i zastosowanie podczerwieni jako źródła ciepła efekt ten ograniczyły. Zawartość betanin w suszu wyprodukowanym z materiału bez obróbki wstępnej wynosiła 577,9±5,4 mg·(100g ss)<sup>-1</sup>, w suszu z zastosowaniem wstępnej obróbki cieplnej- 527,5±4,9 mg betaniny·(100g ss)<sup>-1</sup>. Można więc stwierdzić, że zastosowanie podczerwieni jest korzystne w przypadku braku obróbki wstępnej, natomiast niekorzystne w przypadku procesu dwuetapowego (rys.2).

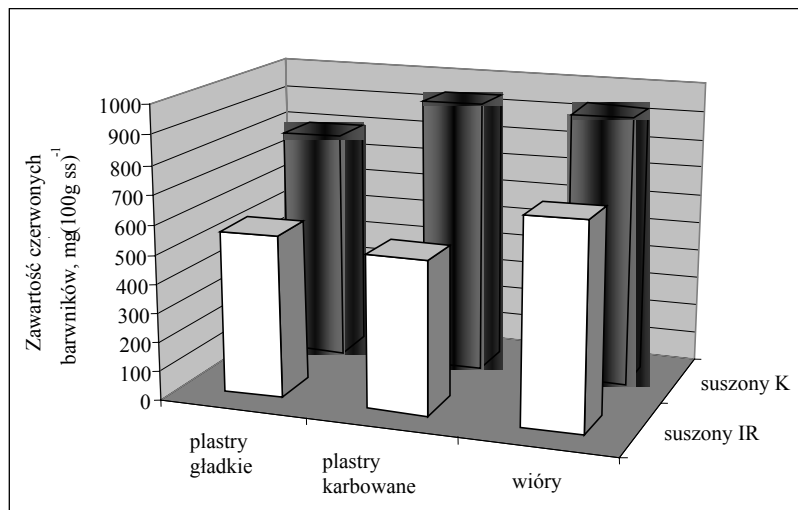
Analizując sposób rozdrobnienia materiału przed procesem suszenia należy zauważyć znów różne tendencje, w zależności od zastosowanej technologii. W przypadku suszenia konwekcyjnego, przy parametrach jak poprzednio, najkorzystniejsze wyniki uzyskano dla materiału w postaci wiórów i plastrów karbowanych, plastry gładkie zawierały około 15% betanin mniej.



Rys. 2. Wpływ wstępnej obróbki cieplnej na zawartość barwników czerwonych w suszach otrzymanych konwekcyjnie (K) i za pomocą podczerwieni (IR)

Fig. 2. The impact of thermal pretreatment on red dyes content in dried material obtained using convection method (K) and the infrared (IR)

W przypadku suszenia podczerwienią wióry okazały się kształtem najbardziej korzystnym - zawierały 703,7±7,6 mg betaniny·(100g ss)<sup>-1</sup>. Wartości dla pozostałych kształtów wynosiły: 527,5±4,9 mg betaniny·(100g ss)<sup>-1</sup> dla plastrów karbowanych i 562±12 mg betaniny·(100g ss)<sup>-1</sup> w przypadku plastrów gładkich. Tak więc kształt plastrów karbowanych, korzystny w przypadku suszenia konwekcyjnego, daje odmienne efekty dla podczerwieni, co wynika najprawdopodobniej z zależności pomiędzy krzywizną powierzchni, a właściwościami optycznymi materiału, przejawiającymi się w postaci zróżnicowanej zdolności do absorpcji promieniowania, co stanowi istotę tego sposobu dostarczania ciepła.



Rys. 3. Wpływ stopnia rozwinięcia powierzchni na zawartość barwników czerwonych w suszach otrzymanych konwekcyjnie (K) i za pomocą podczerwieni (IR)

Fig. 3. The impact of surface development degree on red dyes content in dried material obtained using convection method (K) and the infrared (IR)

Porównując warunki samego procesu suszenia (sposobu dostarczenia ciepła) pod kątem zachowania czy indukowania tworzenia barwników czerwonych w przypadku wiórów konwekcja okazała się korzystniejsza o około 30%, plastrów karbowanych - o około 40%, a w przypadku plastrów gładkich – o około 20%.

## Podsumowanie

Układ wzajemnych zależności pomiędzy zastosowaniem, bądź nie, obróbki cieplnej, stopniem rozdrobnienia czy techniką suszenia, a zawartością czerwonych barwników betalainowych wskazuje na złożoność zjawisk i procesów, jakim podlega materiał biologiczny w czasie procesu technologicznego. Każda z zastosowanych zmiennych niezależnych może istotnie wpływać na zawartość czerwonych barwników betalainowych – może być więc parametrem krytycznym dla tego wyróżnika jakości. Dla pełniejszej analizy należałoby jeszcze uwzględnić czas suszenia równoznaczny z okresem ekspozycji materiału na działanie wysokiej temperatury i intensywnego natlenienia. W przypadku wszelkich procesów biochemicznych jest on bazowym parametrem decydującym o stężeniu produktów reakcji. W przypadku procesu suszenia parametr ten jest wielkością wynikową – parametrem zależnym od szeregu czynników, takich jak powierzchnia kontaktu czynnika suszonego i suszącego, temperatura procesu, stopień rozdrobnienia, kształt, struktura, załadunek komory suszenia, itp. Stąd wpływ zmiennych parametrów procesu na właściwości uzyski-

wanego materiału jest często niejednoznaczny. Umiejętność więc doboru parametrów procesu dla uzyskania zadanej jakości produktu wymaga analizy szerokiego spektrum zarówno zmiennych niezależnych jak i zależnych.

Uzyskane wyniki uprawniają do stwierdzenia, że w obszarze badanych zmiennych, dla uzyskania suszu o najwyższej zawartości czerwonych barwników betalainowych najkorzystniejsza była następująca kombinacja parametrów: materiał w postaci plastrów karbowanych, z buraka poddanego obróbce cieplnej i suszony konwekcyjnie.

*Wyniki zamieszczone w niniejszej publikacji uzyskane zostały w ramach badań własnych SGGW*

## **Bibliografia**

- Duda G.** 2006. Współczesne poglądy na rolę witamin antyoksydacyjnych. W: Jakość i bezpieczeństwo żywności. Uwarunkowania surowcowe, technologiczno-produkcyjne i prawne (ed. Witro-wa-Rajchert, D., Nowak, D.). Wydawnictwo SGGW. Warszawa. s. 63-84.
- Gębczyński P.** 2005. Zawartość wybranych związków przeciwutleniających w świeżym, gotowanym i mrożonym buraku ćwikłowym. *Bromat. Chem. Toksykol.* 4. s. 355-341.
- Jayaraman K.S., Das Gupta D. K.** 2007. Drying of fruits and vegetables. W: Handbook of Industrial Drying. (ed. Mujumdar, A.S.) CRC Press Taylor&Francis Group. New York. s. 611-631.
- Nillson T.** 1975. Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L.ssp.vulgaris var. rubra L.). *Lantbrukshoegsk. Ann.* s. 179-218.
- Nowak D.** 2005. Promieniowanie podczerwone jako źródło ciepła w procesach technologicznych. *Cz. I. Przemysł Spożywczy.* 5. s. 42-44.
- Pijanowski E., Mroźewski S., Jarczyk A., Drzazga B.** 1976. Technologia produktów owocowych i warzywnych. T. 2 Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.

## **IDENTIFICATION OF THE IMPACT OF GRINDING DEGREE, PRETREATMENT AND DRYING METHOD ON CONTENT OF BETALAIN DYES IN DRIED BEET MATERIAL**

**Abstract.** The paper presents an effort to analyse the impact of changes occurring in the material during preparatory operations before drying process, and variable process parameters on the quality of obtained dried material. The research involved an analysis of fresh material (*Bikores v. beet*), put to blanching or without heat treatment, ground in three ways. Convection and radiator drying was used. The content of red dyes expressed using betaine was selected as the indicator of ongoing changes. The research allowed to observe significant effect of variability of all examined process parameters on content of the evaluated quality factor, whereas this effect constitutes a complex function, without clear predominance of any of these parameters.

**Key words:** infrared, convection drying, red beet, betalaine dyes

**Adres do korespondencji:**

Dorota Nowak; e-mail: Dorota\_nowak@sggw.pl  
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
ul. Nowoursynowska 159c  
02-776 Warszawa