

## **Wpływ warunków konwekcyjnego suszenia i sposobu przygotowania papryki na przebieg zmian chromatycznych współrzędnych barwy**

### **Streszczenie**

W pracy zbadano wpływ temperatury (w zakresie 50, 55, 60 i 65 °C), prędkości przepływu powietrza suszącego (0,3 i 0,5 m/s) oraz wysycania próbki kwasem cytrynowym na przebieg zmian współrzędnych chromatycznych barwy ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) podczas konwekcyjnego suszenia papryki odmiany Kier. Na podstawie danych eksperymentalnych opracowano model zmian współrzędnych barwy w funkcji czasu. Temperatura powietrza suszącego jest głównym czynnikiem determinującym zmiany jaskrawości, odcienia i nasycenia barwy. Zmiany wartości współrzędnych chromatycznych barwy rosną wraz ze wzrostem temperatury czynnika suszącego.

**Słowa kluczowe:** chromatyczne współrzędne barwy ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), papryka, suszenie konwekcyjne, kwas cytrynowy.

### **Wykaz symboli:**

$L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  - współrzędne chromatyczne barwy,

$L_0^*$ ,  $a_0^*$ ,  $b_0^*$  - współrzędne chromatyczne barwy świeżej papryki,

$\Delta E$  - całkowita zmiana barwy,

$t$  - czas [min].

### **Wstęp**

Barwa suszu jest jedną z najważniejszych cech jakościowych, którą kierują się konsumenci przy wyborze określonego produktu. Procesom suszenia owoców i warzyw towarzyszy bardzo wiele niekorzystnych reakcji, prowadzących do zmiany barwy. Wiele z mechanizmów tych reakcji nie zostało jeszcze poznanych i opisanych. Zmiana barwy wiąże się ze zjawiskami: degradacji pigmentów- zwłaszcza chlorofilu, karotenoidów, reakcjami brązowienia oraz utleniania kwasu L-askorbinowego. Czynnikiem wywierającym wpływ na jakość suszonej

żywności są także: pH materiału, stężenie jonów metali ciężkich. Substancjami minimalizującymi zmiany barwy w trakcie procesów termicznego utrwalania, są m.in.: kwas L-askorbinowy i kwas cytrynowy.

### **Cel i zakres pracy**

Celem pracy było zbadanie wpływu temperatury, prędkości przepływu powietrza suszącego i wstępnego wysycania papryki kwasem cytrynowym na przebieg zmian chromatycznych współrzędnych barwy ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) w funkcji czasu konwekcyjnego suszenia. Proces suszenia przeprowadzono w czterech temperaturach powietrza suszącego 50, 55, 60 i 65 °C oraz dwu prędkościach przepływu powietrza 0,3 i 0,5 m/s.

### **Materiał i metody**

Surowcem użytym do badań była papryka słodka odmiany Kier. Przed przystąpieniem do badań, surowiec został pozbawiony części niejadalnych i rozdrobniony na sześciany o boku długości 5 mm. Następnie jedną partię materiału poddano procesowi wysycania w 2% kwasie cytrynowym w ciągu 3 minut, drugą pozostawiono jako kontrolną (nie poddaną tej obróbce wstępnej). Tak przygotowaną paprykę suszono w suszarce konwekcyjnej w temperaturze 50, 55, 60 i 65 °C przy dwóch prędkościach przepływu powietrza suszącego 0,3 i 0,5 m/s.

Pomiary barwy rozdrobnionego surowca i suszu, a także jej przebieg w czasie procesu konwekcyjnego suszenia papryki, wykonywano przy pomocy kolorymetru typu Supercolor firmy Braive Instruments. Wyniki pomiarów wyznaczono zgodnie z CIE w układzie współrzędnych barwy  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . Sposób ten wybrano ze względu na fakt, że dobrze określa on różnicę barwy i jest jednym z najpowszechniej stosowanych w badaniach produktów rolniczych. Składowa  $L^*$  w tym układzie oznacza współrzędną jaskrawości i opisuje ilość światła odbitego od materiału badanego. Zawarta jest w granicach: 100- kolor biały, 0-kolor czarny. Współrzędna  $a^*$  określa odcień i oddaje zmiany barwy od zielonej, czyli od -60 do czerwonej +60. Składowa  $b^*$  określa nasycenie barwy i oddaje zmiany barwy na osi niebieska od -60, żółta do +60. Sumaryczną zmianę barwy określono na podstawie równania:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0,5} \quad (1)$$

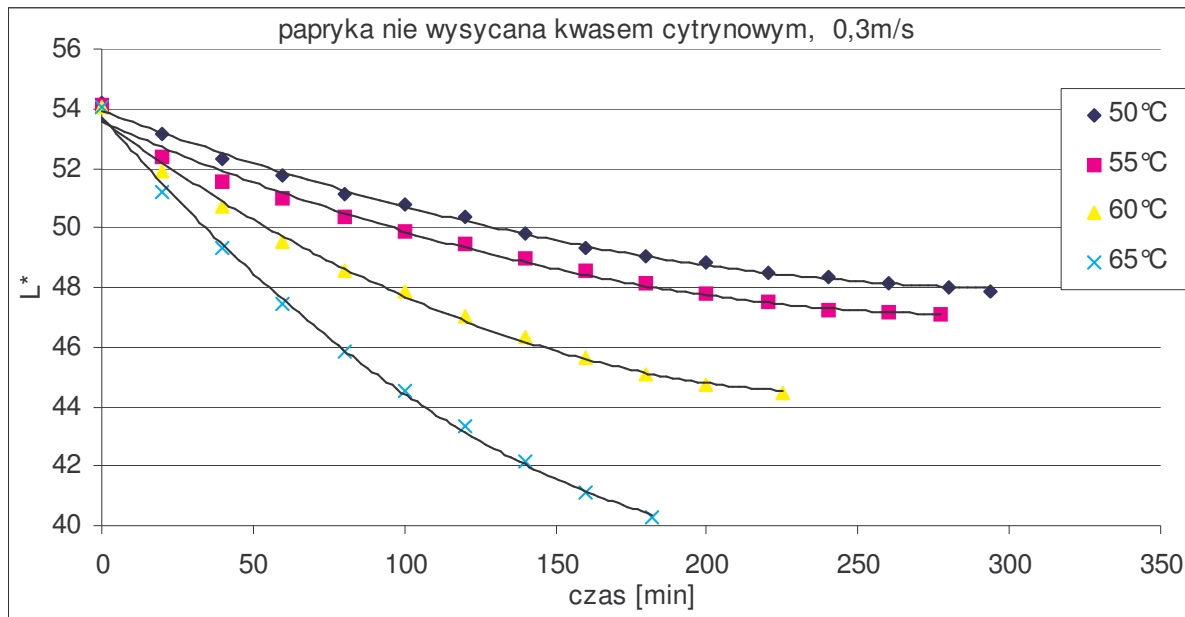
### **Wyniki i dyskusja**

Świeża papryka charakteryzowała się następującymi wartościami współrzędnych chromatycznych:  $L^*=54,2$ ,  $a^*=27,1$  i  $b^*=25,9$ . Wstępne

wysycanie papryki kwasem cytrynowym powoduje zmiany wszystkich współrzędnych barwy. W porównaniu z próbą kontrolną po wysyceniu: jaskrawość zmniejszyła się o około 10%, odcień barwy wzrósł o około 14%, natomiast nasycenie barwy zmniejszyło się o około 7%. Wysycanie papryki kwasem cytrynowym przyczyniło się do znacznego pogorszenia barwy, gdyż surowiec stał się ciemniejszy, współrzędna  $b^*$  przesunęła się w kierunku barwy czerwonej, a nasycenie barwy zmieniło się w kierunku koloru niebieskiego.

Przykładowe przebiegi zmian wartości współrzędnych barwy papryki w czasie konwekcyjnego suszenia papryki przedstawiono na rys. 1-3. W tabelach, pod każdym z rysunków, umieszczono równania regresyjne, opisujące zmiany współrzędnych chromatycznych ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) w funkcji czasu konwekcyjnego suszenia. Dla każdej wartości temperatury, przebieg zmian współrzędnych chromatycznych ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) można opisać wielomianowymi równaniami regresyjnymi drugiego stopnia z wysokimi współczynnikami determinacji.

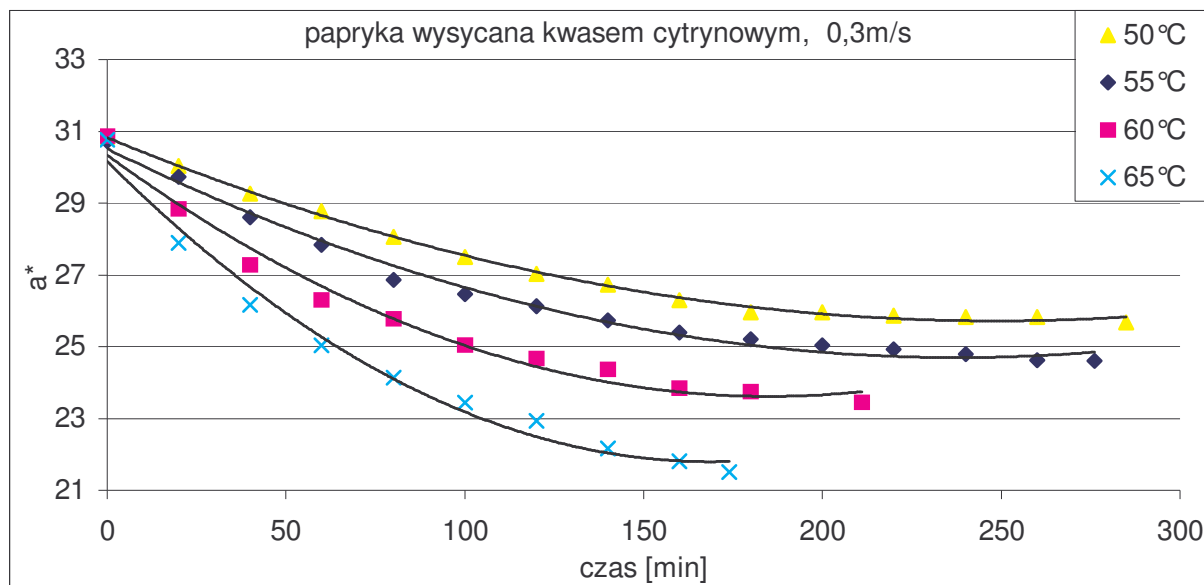
W trakcie trwania konwekcyjnego suszenia wartości wszystkich współrzędnych chromatycznych ulegają zmniejszeniu. Temperatura powietrza suszącego w znacznym stopniu intensyfikuje przebieg zmian jaskrawości ( $L^*$ ), choć dla temperatury 50 i 55°C różnice pomiędzy wartościami  $L^*$  w kolejnych jednostkach czasu są niewielkie. Znacząca różnica występuje dopiero w temperaturze 60 i 65°C (rys.1).



Rys. 1. Przebieg zmiany współrzędnej  $L^*$  w funkcji czasu konwekcyjnego suszenia

Fig. 1. A course of  $L^*$  coordinate change in the function of convection drying time

Temperatura [°C]	Równanie regresji	$R^2$
50	$L^* = 7 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 - 0,0323 \cdot t + 48,725$	0,9966
55	$L^* = 0,0001 \cdot t^2 - 0,0465 \cdot t + 48,731$	0,9974
60	$L^* = 0,0002 \cdot t^2 - 0,0707 \cdot t + 48,603$	0,9961
65	$L^* = 0,0003 \cdot t^2 - 0,0969 \cdot t + 48,328$	0,9934



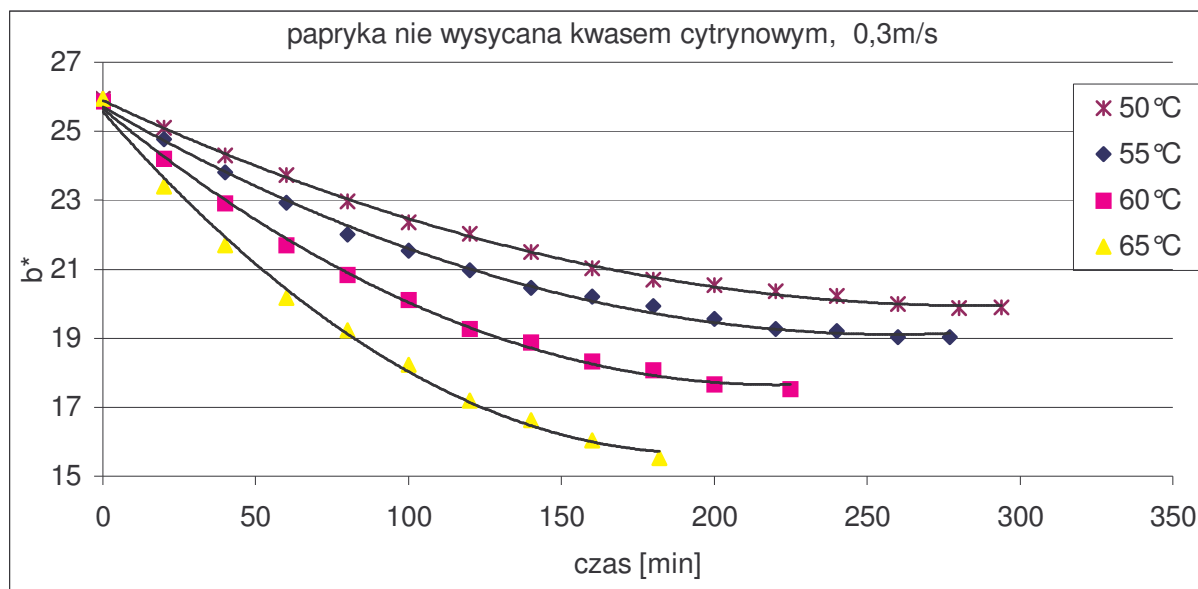
Rys. 2. Przebieg zmian współrzędnej  $a^*$  w funkcji czasu konwekcyjnego suszenia

Fig. 2. A course of  $a^*$  coordinate changes in the function of convection drying time

Temperatura [°C]	Równanie regresji	$R^2$
50	$a^* = 8 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 - 0,0411 \cdot t + 30,823$	0,9975
55	$a^* = 0,0001 \cdot t^2 - 0,0489 \cdot t + 30,512$	0,9908
60	$a^* = 0,0002 \cdot t^2 - 0,0727 \cdot t + 30,336$	0,9824
65	$a^* = 0,0003 \cdot t^2 - 0,0992 \cdot t + 30,162$	0,985

Zmiany współrzędnej  $a^*$  przebiegają w podobny sposób jak zmiany jaskrawości  $L^*$  jednak w tym przypadku zmniejszenie wartości tej współrzędnej zachodzi bardziej gwałtownie dla temperatury 50 i 55°C.

W końcowym etapie trwania konwekcyjnego suszenia, dla tych temperatur, zmiany współrzędnej  $a^*$  ulegają zahamowaniu (rys. 2). Zmiany wartości współrzędnej  $b^*$  nie przebiegają tak intensywnie, jak zmiany pozostałych współrzędnych chromatycznych. Na każdym poziomie temperatury zmiany te są największe na początku procesu i ulegają zahamowaniu w jego końcowej fazie (rys.3).



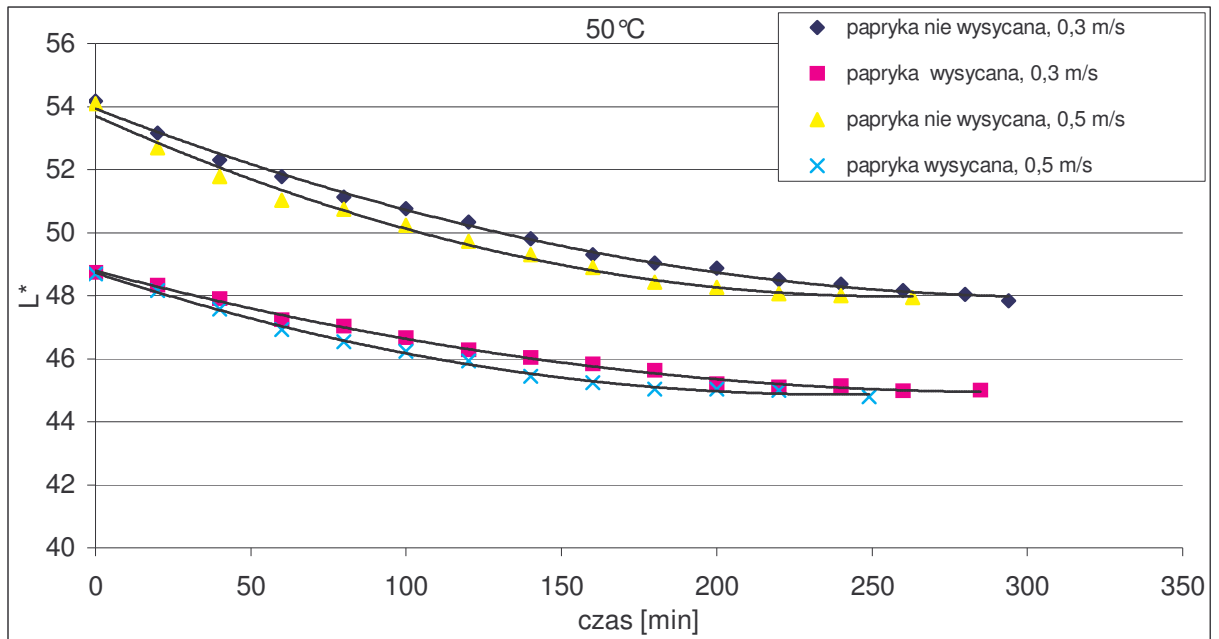
Rys. 3. Przebieg zmian współrzędnej  $b^*$  w funkcji czasu konwekcyjnego suszenia

Fig. 3. A course of  $b^*$  coordinate changes in the function of convection drying time

Temperatura [°C]	Równanie regresji	$R^2$
50	$b^* = 7 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 - 0,0415 \cdot t + 25,889$	0,9987
55	$b^* = 1 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 0,0509 \cdot t + 25,708$	0,997
60	$b^* = 0,0002 \cdot t^2 - 0,0726 \cdot t + 25,651$	0,9978
65	$b^* = 0,0003 \cdot t^2 - 0,1013 \cdot t + 25,57$	0,9959

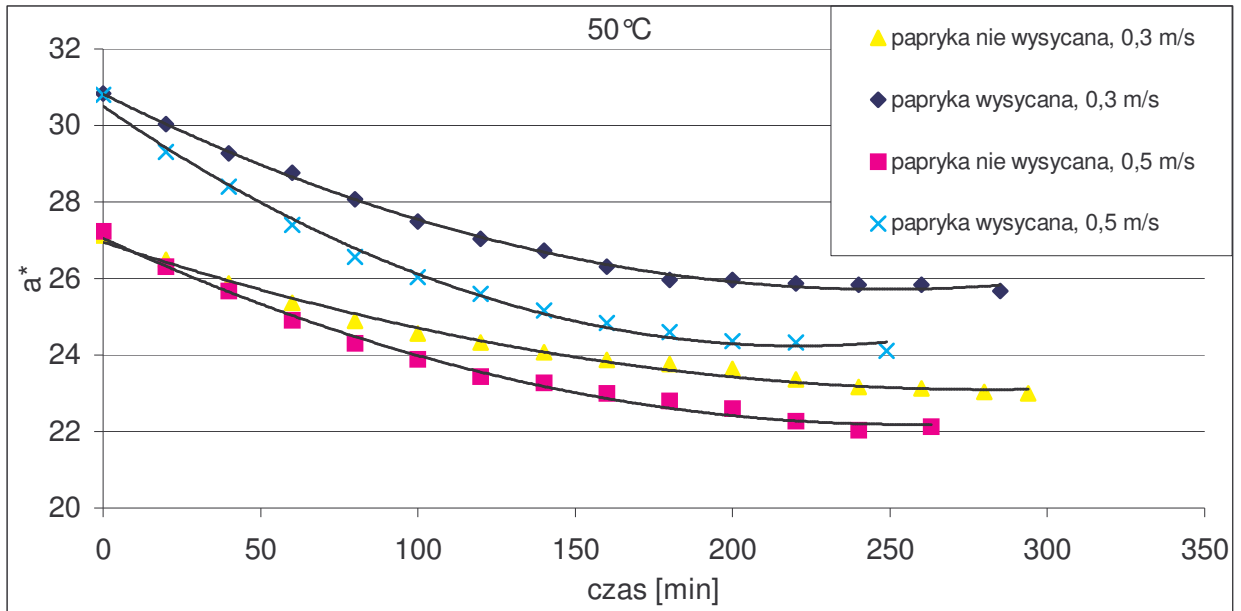
Rysunek 4 przedstawia wpływ prędkości przepływu powietrza suszącego i wstępnego przygotowania surowca na zmiany jaskrawości barwy w czasie konwekcyjnego suszenia papryki. Zwiększenie prędkości przepływu powietrza suszącego w zakresie 0,3-0,5 m/s wywiera niewielki wpływ na przebieg zmian współrzędnej jaskrawości barwy ( $L^*$ ) papryki (niezależnie od sposobu wstępnego przygotowania surowca). Dla określonej prędkości przepływu papryka wysycana kwasem cytrynowym pochłania więcej światła (charakteryzuje się

ciemniejszą barwą) w każdym przedziale czasowym, niż papryka nie poddana wysycaniu. Największe różnice jaskrawości, pomiędzy papryką wysycaną i nie wysycaną, występują na początku suszenia, w trakcie jego trwania różnice te są coraz mniejsze. Na tej podstawie można stwierdzić, że wysycanie papryki kwasem cytrynowym powoduje mniejsze zmiany barwy w czasie konwekcyjnego suszenia, w odniesieniu do zmian barwy suszu uzyskanego z surowca nie wysycanego.



Rys. 4. Wpływ prędkości przepływu powietrza suszącego i wstępnego wysycania surowca na zmiany współrzędnej  $L^*$

Fig. Influence of the drying air flow speed and the initial material saturation to changes in  $L^*$  coordinate

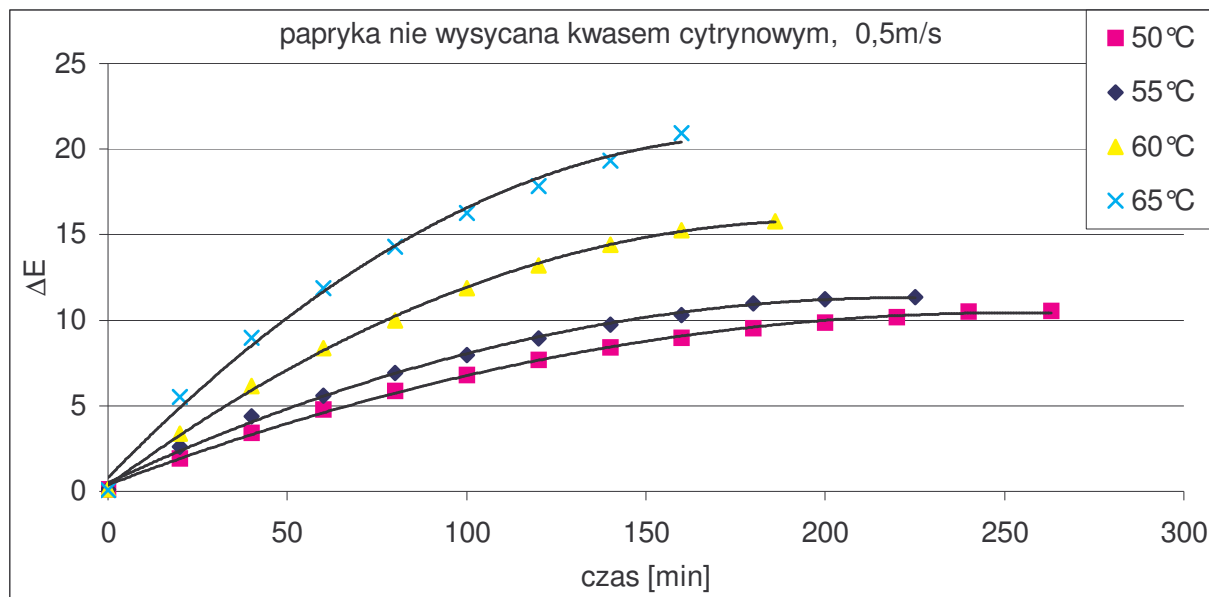


Rys. 5. Wpływ prędkości przepływu powietrza suszącego i wstępnego wysycania surowca na zmiany współrzędnej  $a^*$

Fig. 5. Influence of the drying air flow speed and the initial material saturation to changes in  $a^*$  coordinate

Zwiększenie prędkości przepływu powietrza suszącego powoduje obniżenie wartości współrzędnej odcienia barwy ( $a^*$ ). Różnice te są bardziej widoczne w końcowym etapie suszenia dla papryki wysycanej kwasem cytrynowym (rys.5).

Wysycanie papryki kwasem cytrynowym powoduje zmniejszenie nasycenia barwy o około 7%. Konwekcyjne suszenie (w temperaturze powietrza suszącego 50 °C i prędkości przepływu powietrza suszącego 0,3 m/s) powoduje jej zmniejszenie o około 22% dla papryki nie wysycanej i 22% dla papryki wysycanej kwasem cytrynowym. Susz, uzyskany z papryki wysycanej, charakteryzował się niższą wartością współrzędnej nasycenia barwy (o około 7%) od suszu uzyskanego z papryki nie poddanej obróbce wstępnej. Najmniejszymi zmianami wszystkich współrzędnych chromatycznych charakteryzował się susz nie poddany obróbce wstępnej i suszony w najniższej temperaturze 50 °C.



Rys. 6. Całkowita zmiana barwy  $\Delta E$  w funkcji czasu konwekcyjnego suszenia  
 Fig. 6. Fig. 6. Total colour change  $\Delta E$  as the function of convection drying time

Temperatura [°C]	Równanie regresji	$R^2$
50	$\Delta E = -0,0002 \cdot t^2 + 0,0795 \cdot t + 0,3881$	0,9985
55	$\Delta E = -0,0002 \cdot t^2 + 0,0973 \cdot t + 0,5076$	0,9975
60	$\Delta E = -0,0004 \cdot t^2 + 0,1545 \cdot t + 0,3435$	0,9991
65	$\Delta E = -0,0006 \cdot t^2 + 0,2161 \cdot t + 0,8027$	0,9951

Całkowita zmiana barwy  $\Delta E$ , wynikająca ze zmian wartości poszczególnych współrzędnych ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) w funkcji czasu konwekcyjnego suszenia, dla całego zakresu pomiarowego, została opisana przy pomocy kwadratowych równań regresyjnych rosnących w funkcji czasu (rys.6). Wartości  $\Delta E$  rosną zdecydowanie szybciej w temperaturze 60 i 65°C. Końcowa wartość całkowitej zmiany barwy ( $\Delta E$ ), dla suszu uzyskanego w temperaturze 65°C, jest około dwukrotnie większa, niż dla suszu uzyskanego w 50°C.

## WNIOSKI

1. Wzrost temperatury powietrza suszącego w zakresie (50°C - 65°C) przyczynia się do zmniejszenia wartości wszystkich współrzędnych chromatycznych. Zmiany te są najbardziej widoczne na początku procesu suszenia i ulegają stopniowemu zmniejszaniu w czasie



jego trwania, aż do całkowitego zahamowania w końcowej jego fazie.

2. Zwiększenie prędkości przepływu powietrza suszącego w zakresie 0,3-0,5 m/s nie wywiera wpływu na przebieg zmian współrzędnej  $L^*$  (niezależnie od sposobu wstępnego przygotowania surowca). Przyczynia się jednak do zmniejszenia wartości współrzędnych  $a^*$  i  $b^*$  (różnice te są bardziej widoczne dla papryki wysycanej kwasem cytrynowym).
3. Całkowita zmiana barwy  $\Delta E$ , wzrasta zdecydowanie szybciej w temperaturze 60 i 65°C. Jej końcowa wartość (niezależnie od sposobu przygotowania surowca i prędkości przepływu powietrza suszącego), jest około dwukrotnie większa dla suszu uzyskanego w temperaturze 65°C, niż w 50°C.

## Bibliografia

1. Chua K., Mujumdar A., Hawlader M., Chou S., Ho J. 2001. Batch drying of banana pieces- effect of stepwise change in drying air temperature on drying kinetics and product colour. Food Research International, 34, s. 721-731.
2. Hammami Ch., Rene F. 1997. Determination of freeze-drying process variables for strawberries. Journal of Food Engineering, 32, 133-154.
3. Krokida M., Kiranoudis C., Maroulis Z., Marinou- Kuris D. 2000. Effect of pretreatment on color of dehydrated products. Drying Technology, 18 (6), s. 1239-1250.

## **Influence of convection drying conditions and way of preparation of paprika on changes of chromatic colour coordinates**

### **Summary**

The aim of the presented work was to examine the influence of temperature (50, 55, 60 and 65°C), the drying air flow rate (0.3 and 0.5 m/s) and the saturation rate of a sample with

citric acid, on the change of colour chromatic co-ordinates ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) during convection drying of Kier paprika. Based on the experimental data a model of colour co-ordinates changes in the time function was constructed. Drying air temperature is the main factor determining the changes of colour brightness, shade and saturation. The chromatic co-ordinates increase followed the drying agent temperature raise.

**Key words:** chromatic colour co-ordinates ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), paprika, convection drying, citric acid