

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,

ΔE - 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:

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

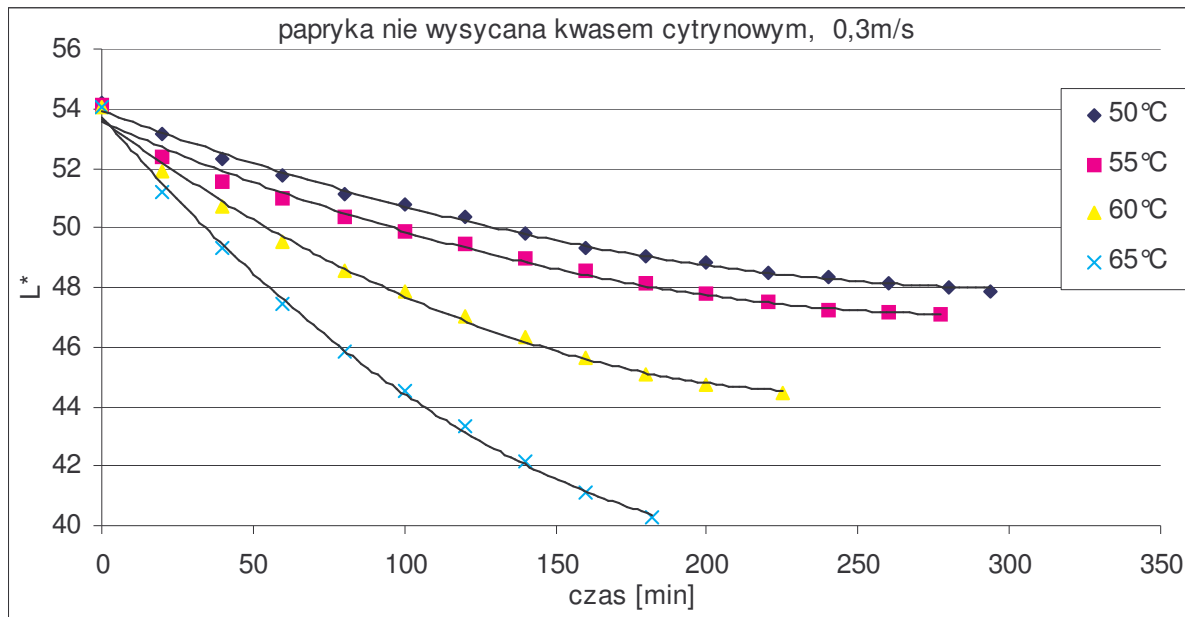
Wyniki i dyskusja

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.

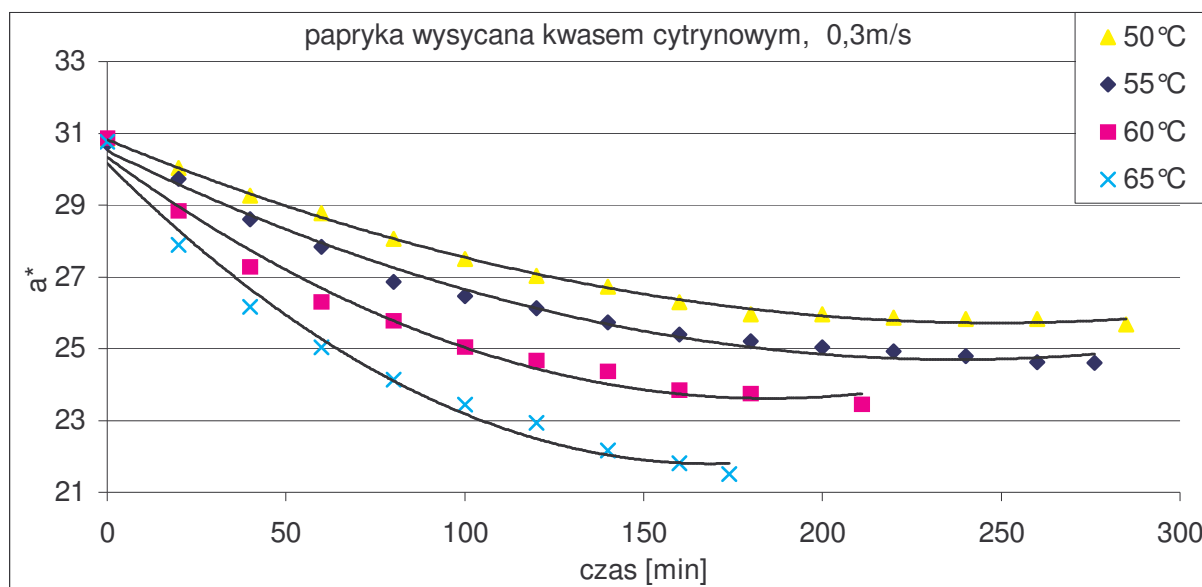
W trakcie trwania konwekcyjnego suszenia wartości wszystkich współrzędnych chromatycznych ulegają zmniejszeniu. Temperatura powietrza suszącego w znacznym stopniu intensyfikuje przebieg zmian jaskrawości (L^*), choć dla temperatury 50 i 55°C różnice pomiędzy wartościami L^* w kolejnych jednostkach czasu 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



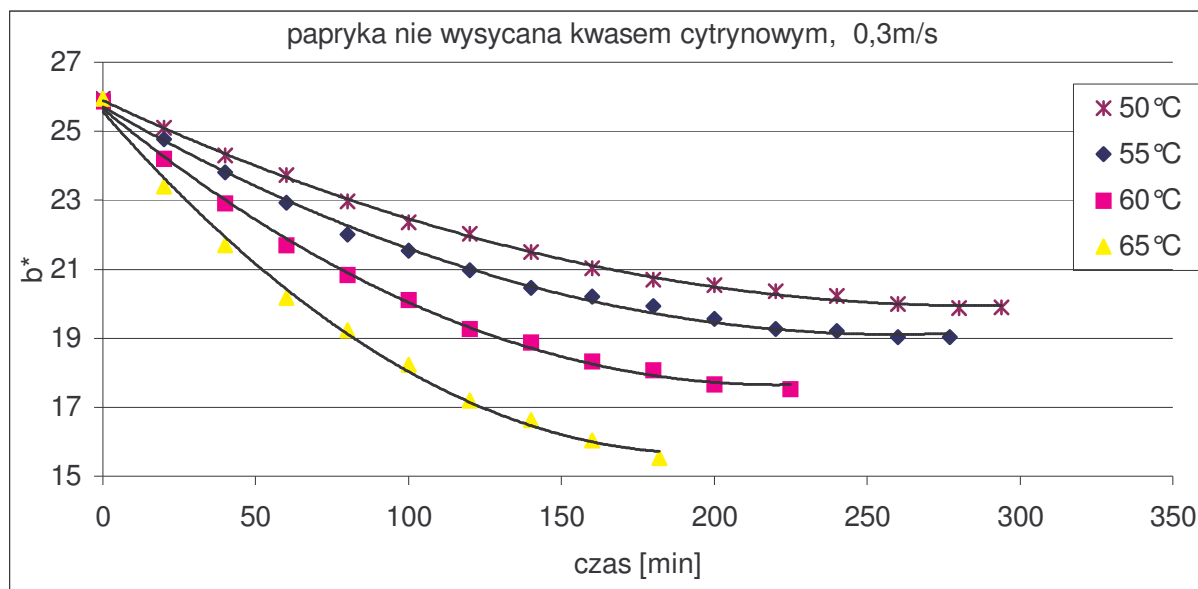
Rys. 2. Przebieg zmian współrzędnej a^* w funkcji czasu konwekcyjnego suszenia

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).



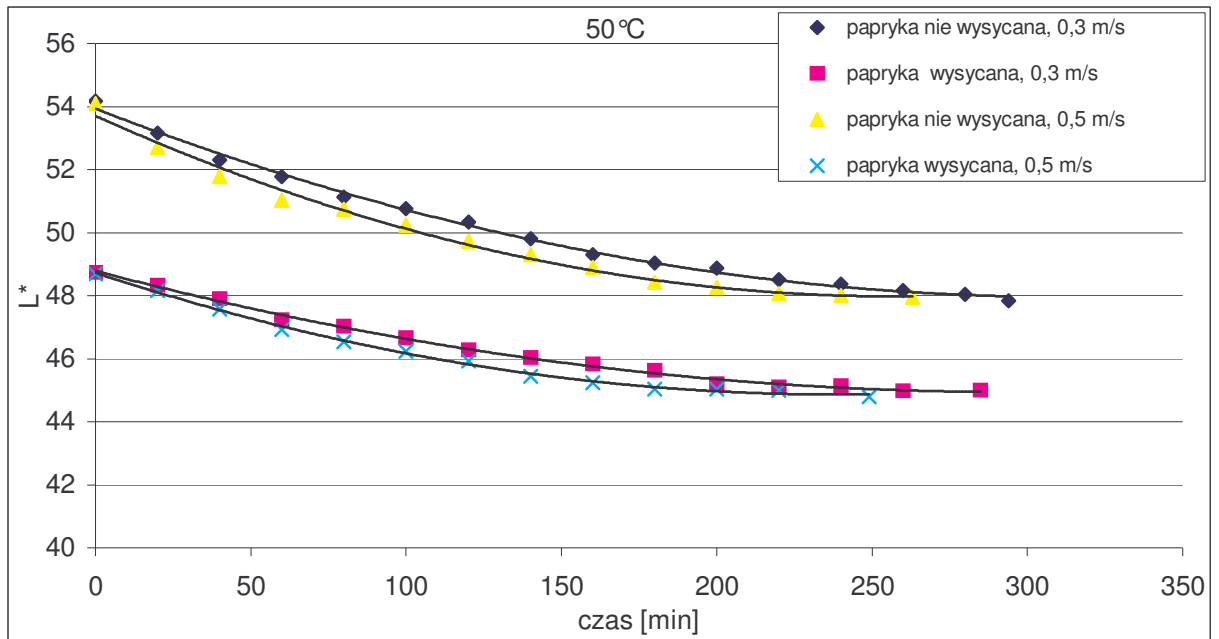
Rys. 3. Przebieg zmian współrzędnej b^* w funkcji czasu konwekcyjnego suszenia

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

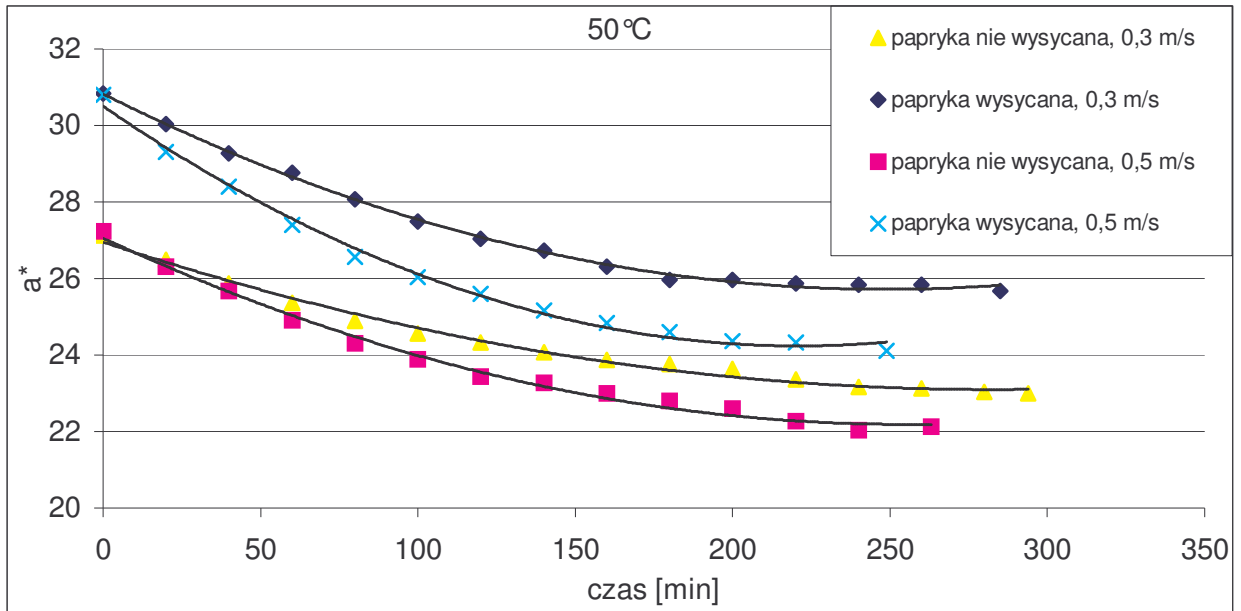
Rysunek 4 przedstawia wpływ prędkości przepływu powietrza suszącego i wstępnego przygotowania surowca na zmiany jaskrawości barwy w czasie konwekcyjnego suszenia papryki. Zwiększenie prędkości przepływu powietrza suszącego w zakresie 0,3-0,5 m/s wywiera niewielki wpływ na przebieg zmian współrzędnej 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

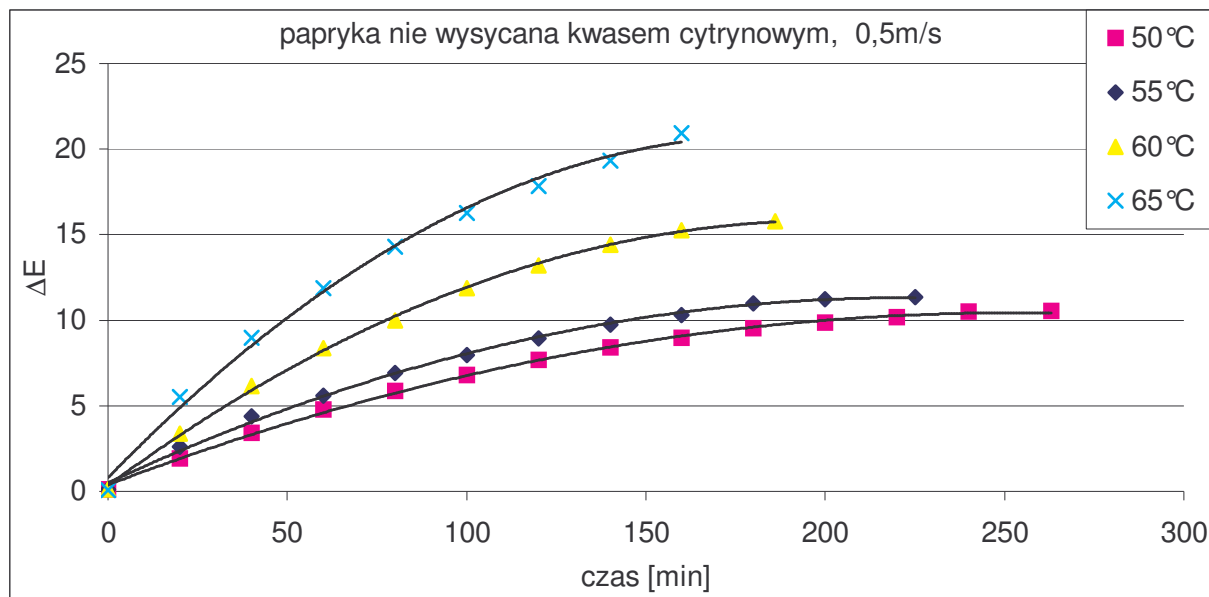


Rys. 5. Wpływ prędkości przepływu powietrza suszącego i wstępnego wysycania surowca na zmiany współrzędnej a^*

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 ΔE w funkcji czasu konwekcyjnego suszenia
 Fig. 6. Fig. 6. Total colour change ΔE 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 ΔE , 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 ΔE rosną zdecydowanie szybciej w temperaturze 60 i 65°C. Końcowa wartość całkowitej zmiany barwy (ΔE), 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 ΔE , 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