

OCENA ZMIAN BARWY PANIERU PSZENNEGO W WARUNKACH INTENSYWNEGO OŚWIETLENIA STANDARDOWYM ŚWIATŁEM D65

Adam Ekielski, Tomasz Żelaziński, Małgorzata Powałka
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. Celem pracy było zbadanie wpływu działania stałego oświetlenia na dynamikę zmian barwy panieru ekstrudowanego. Materiałem wykorzystywanym w badaniach był rozdrobniony ekstrudat pszeniczny wyprodukowany na ekstruderze dwuślimakowym. Zmiany parametrów barwy panieru opisywano zmiennymi L^* , a^* , b^* . Do opracowywania wyników badań wykorzystywano metodę statystyczną szeregów czasowych. Stwierdzono, że rozdrobniony ekstrudat charakteryzował się dużą wrażliwością na działanie stałego oświetlenia, szczególnie w pierwszych czterech dniach przebywania próbek w komorze świetlnej. Najbardziej znaczące zmiany można było zaobserwować w przypadku współczynników zmian barwy a^* i b^* . Współczynnik jasności L^* był parametrem bardziej stabilnym spośród analizowanych.

Słowa kluczowe: ekstruzja, dynamika zmian barwy, komora świetlna

WSTĘP

Proces ekstruzji jest powszechnie stosowaną metodą pozwalającą na przetwarzanie szerokiego asortymentu produktów spożywczych. W procesie tym mieszaniny różnego rodzaju surowców roślinnych są intensywnie przetwarzane, co wywołuje w uzyskanych produktach istotne zmiany fizykochemiczne i jakościowe [Desrumaux i in. 1998, Ekielski i in. 2007, Hashimoto i Grossmann 2003]. Intensywny przebieg ekstruzji połączony z precyzyjnym kontrolowaniem przebiegu procesu [Gumul i in. 2005, Ekielski i in. 2005, Rzedzicki i Zarzecki 2006] może pozwolić na uzyskanie zupełnie nowych produktów

o zaplanowanych właściwościach, takich jak np. odpowiednia wodochłonność, rozpuszczalność, wytrzymałość i inne.

Do tego typu produktów wytwarzanych za pomocą technologii ekstruzji można zaliczyć panier spożywczy. Poza odpowiednimi właściwościami panier ekstrudowany może być dodatkowo barwiony, co znacznie polepsza cechy sensoryczne tych wyrobów [Białobrzewski i Zapotoczny 2003, Valous i in. 2009, Ekielski 2013]. Do zmiany barwy panieru wykorzystywane są często barwniki naturalne, takie jak: ekstrakt z papryki, naturalne barwniki karotenoidowe czy karmel. Barwa panieru w warunkach przechowywania powinna wykazywać się stabilnością przez długi czas. Jednak w wyniku oddziaływania czynników środowiskowych, tj. promieniowania świetlnego, rodzaju opakowania, wilgotności czy temperatury w przechowywanych produktach dochodzi do strat ilościowych i jakościowych [Ciećko 1993]. Biorąc to pod uwagę, szczególnie trudnym zadaniem może być dla producentów zachowanie akceptowalnych przez konsumentów cech jakościowych produktu, które przez długi okres nie zmieniają się znacząco w stosunku do akceptowalnego i oczekiwanego wzorca. Należy zaznaczyć, że w dotychczasowych opracowaniach analizowane były zmiany jakości wybranych produktów ekstrudowanych, zachodzące podczas kilkutygodniowego lub kilkumiesięcznego okresu przechowywania [Sowbhagya i in. 2005]. Standardowe testy badania zmian jakości w czasie są zatem testami czasochłonnymi.

Reasumując, przyspieszone badania przechowalnicze mogą być niebezpośrednią metodą pomiaru i szacowania stabilności produktu w czasie przechowywania w kontrolowanych warunkach sprawdzających. Pojawia się więc potrzeba przeprowadzenia przyspieszonych badań zmian barwy produktów spożywczych oraz badania dynamiki tych zmian.

Celem pracy było zbadanie wpływu stałego naświetlania na dynamikę zmian barwy rozdrobionych wyrobów ekstrudowanych z przeznaczeniem na panier spożywczy.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem wykorzystywanym w badaniach był ekstrudat pszenny (95% mąka pszena), w skład którego jako barwnik zastosowano koncentrat papryki (1,5%) oraz dodatek kurcyny (0,15%), wyprodukowany na współbieżnym ekstruderze dwuślimakowym o stosunku długości do średnicy ślimaka $L/d = 27$ i stopniu sprężania 4,5. Prędkość obrotowa ślimaków wynosiła $200 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$. Profil temperaturowy w sekcjach ekstrudera wynosił 120/120/100°C. Zastosowano matrycę wielootworową (4 otwory) o średnicy dysz wylotowych 3 mm.

Próbki umieszczone w komorze świetlnej poddawano badaniom przyspieszonym. Komora świetlna wyposażona była w 12 świetlówek emitujących standardowe światło D65 (temperatura barwowa 6500 K) z natężeniem przy powierzchni próbek wynoszącym 8000 Lux oraz w kamerę z przetwornikiem CCD [Ekielski 2013, Ekielski i in. 2013]. Temperatura w komorze świetlnej wynosiła około 30°C (stabilizowana wentylatorem). Obraz powierzchni próbek zapisywany był w formacie tiff, z częstotliwością co 30 minut. Dla każdego obrazu przeprowadzono justację balansu bieli, porównując uzyskane zdjęcia do wzorca bieli Konica Minolta, No1863310.

Uzyskane w wyniku pomiarów zdjęcia obrabiane były za pomocą programu Adobe Photoshop* 6.0 CE. Zmiany parametrów barwy panieru opisywano zmiennymi L^* , a^* , b^* zgodnie ze standardem CIELab, gdzie: L^* oznacza jasność, a^* jest wskaźnikiem barwy zmieniającym się od zielonego do czerwonego, a b^* od żółtego do niebieskiego. Pomiary ilościowe barwy polegały na obliczeniu dla każdego kanału średniej wartości pikseli wchodzących w skład obrazu.

Do opracowywania wyników badań wykorzystywano program STATISTICA 10, wykorzystując metodę statystyczną szeregów czasowych, na podstawie których obliczono bezwzględne zmiany poziomu zjawiska w dwóch porównywanych okresach czasu opisane wzorami:

przyrost jednopodstawowy:

$$\Delta = y_t - y_0 \quad (1)$$

przyrost łańcuchowy:

$$\Delta = y_t - y_{t-1} \quad (2)$$

Obliczono również tempo zmian (3) oraz średnie tempo zmian:

$$T = \frac{y_t - y_{t-1}}{y_{t-1}} \cdot 100\% \quad (3)$$

$$\bar{T} = \left(\sqrt[n]{\frac{y_n}{y_1}} - 1 \cdot 100\% \right) \quad (4)$$

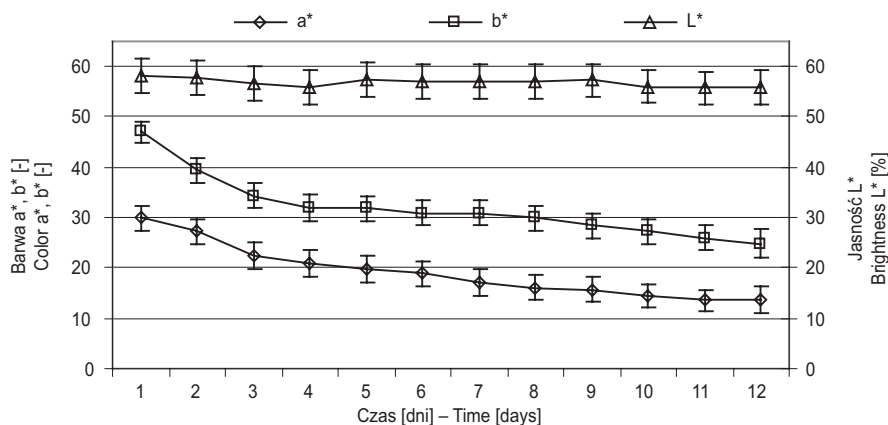
gdzie: y_t – wartość odczytana przy t -tym pomiarze,
 y_0 – początkowa wartość y ,
 y_n – wartość po n okresie pomiarowym,
 y_1 – pomiar wartości dla $t = 1$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonych badań w komorze świetlnej stwierdzono, że wraz z wydłużającym się czasem przechowywania próbek zmiane ulegały wartości parametrów barwy $L^*a^*b^*$. Dynamikę zmian barwy można było zaobserwować analizując indeksy szeregów czasowych opisane wzorami 1, 2, 3, 4.

Barwiony za pomocą papryki i curcummy ekstrudat po upływie 12 dni przebywania w komorze świetlnej był wyraźnie jaśniejszy, a barwa w stosunku do pierwotnej próbki stała się mniej intensywna. Zmianę zabarwienia wskaźników można było zaobserwować wzrokowo, a potwierdziły ją szczegółowe badania empiryczne wykonywane w systemie $L^*a^*b^*$.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że parametry barwy a^* i b^* wyraźnie zmieniały się w ciągu zadanego okresu naświetlania, a zmiany te miały charakter monotoniczny. Parametr a^* w stosunku do wartości pierwotnej wynoszącej 29,9 [-] zmniejszył się niemalże o połowę i 12. dnia osiągnął wartość 16,1 [-]. Parametr b^* charakteryzował się mniejszą stabilnością barwową (wartość początkowa – 46,9 [-], wartość końcowa – 24,7 [-]). W przypadku parametru barwy L^* stwierdzono tylko nieznaczne obniżenie wartości tego wskaźnika, które wynosiło około 2,4% w ciągu całego przedziału czasowego.

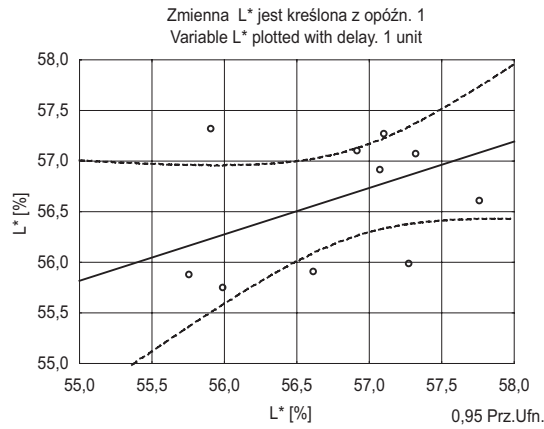


Rys. 1. Zmiany parametrów barwy panierki ekstrudowanego

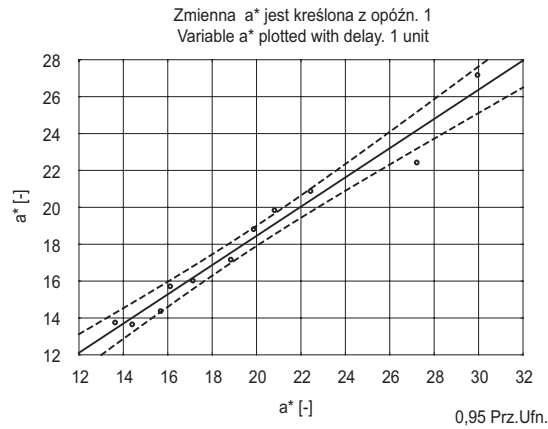
Fig. 1. Changes in color parameters extruded breadcrumbs

W celu zidentyfikowania błędów, czyli punktów, które nie pokrywają się z rozkładem pozostałych danych, wyniki parametrów barwy $L^*a^*b^*$ poddano analizie statystycznej metodą szeregów czasowych, polegającej na przeprowadzeniu autokorelacji szeregu z nim samym, przesuniętym o określoną liczbę obserwacji (oznaczaną przez k i nazywaną opóźnieniem t , czas – 1). Na rysunkach 2–4 można zatem zidentyfikować punkty odstające, które w dalszej analizie mogą mieć wpływ na wyniki badań.

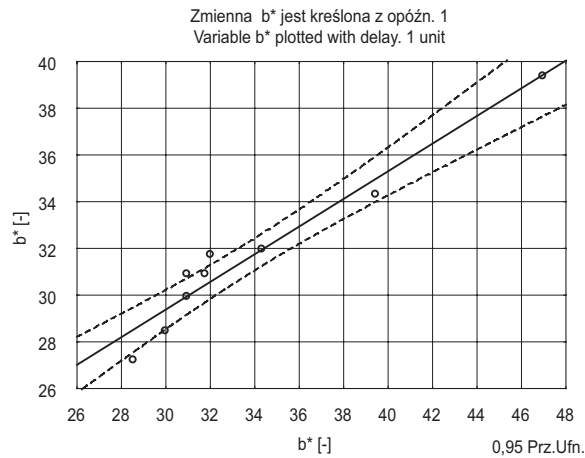
Na wykresie autokorelacji a^* wz. a^* i b^* wz. b^* (rys. 3–4) można zidentyfikować punkty odstające – o największych wartościach danego współczynnika. Zidentyfikowane punkty to wartości początkowe próbek poddanych bezpośrednio naświetlaniu, które szybko ulegały zmianie (w ciągu pierwszych godzin przebywania w komorze świetlnej), dlatego zostały one wykorzystane do dalszych analiz. Dodatkowo można stwierdzić, że punkty na płaszczyźnie wykresów autokorelacji a^* wz. a^* i b^* wz. b^* układają się wzdłuż prostej, zatem można przyjąć, że są wzajemnie silnie powiązane ze sobą. W przypadku wykresu przedstawiającego autokorelację parametru barwy L^* (rys. 2) należy zwrócić uwagę na duży rozrzut wyników. Taki przebieg wykresu może być jednak wynikiem wysychania ekstrudatu na skutek ciepła emitującego świetlówki (temperatura w komorze – 30°C) i tworzenia się między cząstkami zacienionych przestrzeni, które przy analizie zdjęć mogły wpływać na intensywne zmiany parametru jasności L^* . Ponieważ zaobserwowany rozrzut danych pomiarowych odnosił się tylko do parametru barwy L^* , w dalszej analizie wykorzystano wszystkie zmierzone wyniki.



Rys. 2. Wykres rozrzutu autokorelacji L^* wz. L^*
Fig. 2. A graph of the autocorrelation L^* vs. L^*



Rys. 3. Wykres rozrzutu autokorelacji a^* wz. a^*
Fig. 3. A graph of the autocorrelation a^* vs. a^*



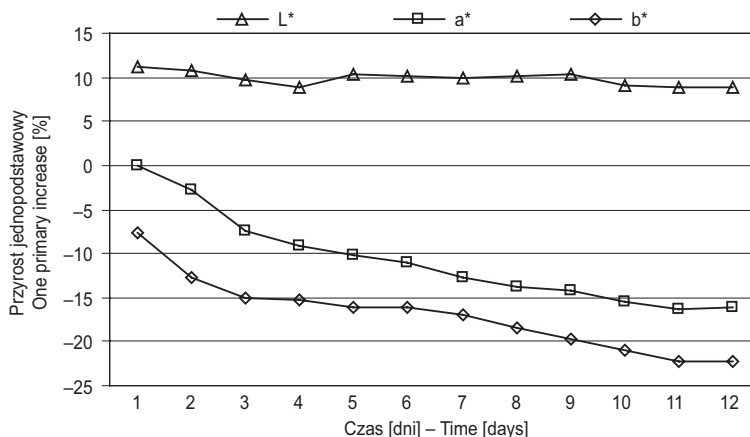
Rys. 4. Wykres rozrzutu autokorelacji b^* wz. b^*
Fig. 4. A graph of the autocorrelation b^* vs. b^*

Analizując wykresy autokorelacji (rys. 2–4) zauważa się, że przy parametrze L^* wz. L^* pomimo dużego rozrzutu wyników można zaobserwować występowanie tzw. lokalnego trendu, co sugeruje zagęszczenie punktów w przedziale wartości 57–57,5% parametru L^* . W przypadku autokorelacji parametru a^* wz. a^* punkty ułożone są wzdłuż prostej i naprzemiennie po przeciwnych stronach, co może wskazywać na okresowość zmian i przejawia się powolnymi zmianami barwy. Analizując parametr b^* wz. b^* można zauważyć podobny trend przebiegu wykresu.

W celu zbadania dynamiki zjawiska na rysunkach 5–7 przedstawiono wyniki obliczeń jednopodstawowego wskaźnika oraz tempa zmian barwy obrazującego zmiany parametrów barwy próbek L^* , a^* , b^* w funkcji czasu.

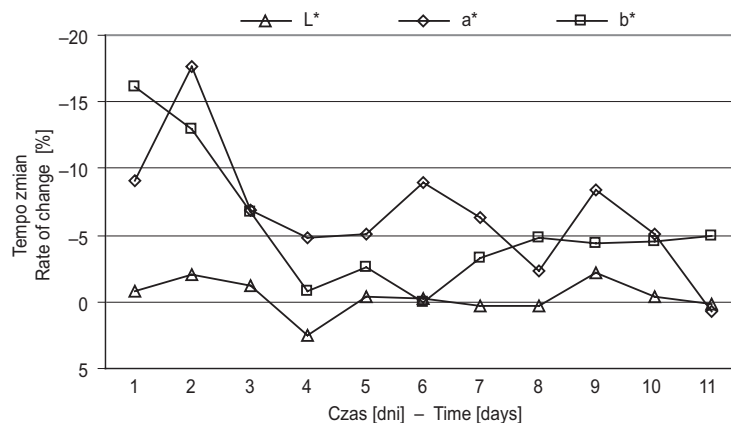
Obliczenie jednopodstawowego przyrostu parametru barwy $L^*a^*b^*$ pozwala stwierdzić, że parametry barwy $L^*a^*b^*$ wraz ze zwiększeniem czasu przebywania w komorze klimatycznej, podobnie jak na rysunku 1, przyjmują tendencję spadkową. W przypadku parametru jasności L^* spadek jest niewielki i wynosi po przeliczeniu 2,3%. Analizując jednopodstawowy przyrost ujemny parametru barwy a^* oraz b^* obserwuje się bardziej dynamiczne zmiany. Maksymalna różnica pomiędzy próbką początkową i końcową wyniosła 16,2% dla parametru a^* oraz 14,8% dla parametru b^* . Można również zauważyć, że najbardziej dynamiczny jednopodstawowy ujemny przyrost parametrów barwy odnotowano w ciągu pierwszych czterech dni przebywania próbek w komorze świetlnej. Maksymalna różnica pomiędzy wartościami początkowymi a uzyskanymi po czterech dniach wyniosła 10,1 dla parametru a^* oraz 8,7 dla parametru b^* .

Proces zmiany barwy panieru zaczął się już w pierwszych godzinach przebywania w komorze świetlnej, co z punktu widzenia producentów może być cechą negatywną dla tego typu produktów. Tak szybka zmiana barwy może uniemożliwiać wprowadzenie tego typu panieru na rynek z dłuższym, gwarantowanym okresem stabilności barwy. Należy zwrócić również uwagę, że zmiany barwy zwykle są nieodwracalne, dlatego dłuższe przetrzymywanie surowca może w szybkim tempie znacznie obniżyć jakość produktu.



Rys. 5. Wpływ czasu przebywania panieru ekstrudowanego w komorze świetlnej na jednopodstawowy przyrost wartości parametrów barwy $L^*a^*b^*$

Fig. 5. Effect of the residence time in the chamber breadcrumbs extruded light for one primary color values increase in $L^*a^*b^*$

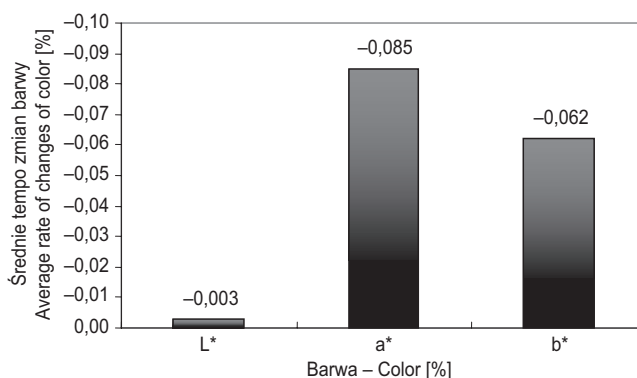


Rys. 6. Wpływ czasu przebywania panieru ekstrudowanego w komorze świetlnej na tempo zmian wartości $T [3]$ obliczonych dla parametrów barwy $L^*a^*b^*$

Fig. 6. Effect of the breadcrumbs like residence time in the light chamber on the changes of the color rate $T [3]$ for color parameters $L^*a^*b^*$

Na rysunku 6 przedstawiono wyniki obliczeń tempa zmian parametrów barwy w funkcji czasu. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem czasu przebywania próbek w komorze świetlnej szybkość tych zmian wyraźnie się zmniejszała. Najszybsze zmiany parametrów barwy można było zaobserwować w czasie pierwszych czterech dni przebywania próbek w komorze. Po tym czasie tempo zmian barwy stabilizowało się, a pewne zmiany wartości parametrów w czasie dalszych badań mogły wynikać prawdopodobnie z reakcji chemicznych zachodzących z udziałem barwników obecnych w produkcie. Analizy takie nie były jednak przedmiotem badań niniejszego artykułu.

W celu zbadania pełnej dynamiki zjawiska na rysunku 7 przedstawiono średnie tempo zmian parametrów barwy $L^*a^*b^*$. Na histogramie można zaobserwować, że



Rys. 7. Wpływ czasu przebywania panieru ekstrudowanego w komorze świetlnej na średnie tempo zmian wartości parametrów barwy $L^*a^*b^*$

Fig. 7. Effect of the residence time in the chamber extrudate lights at the average rate of change of color parameters $L^*a^*b^*$

największe średnie tempo zmian barwy występowało przy parametrze barwy a^* i wynosiło $-0,085\%$. Średnie tempo zmian parametru jasności L^* zmieniało się w najmniejszym stopniu.

Podsumowując, należy zaznaczyć, że nawet krótkotrwałe ciągłe naświetlanie (do 24 godzin), może mieć znaczący wpływ na zmiany parametrów barwy rozdrobnionych produktów ekstrudowanych. Biorąc pod uwagę niewątpliwą wrażliwość ekstrudatów na zmiany parametrów barwy oraz ubogą literaturę, obejmującą badania panierów ekstrudowanych, uwidacznia się potrzeba gruntownego zbadania różnych produktów ekstrudowanych w zmiennych warunkach oświetleniowych.

WNIOSKI

1. Rozdrobniony ekstrudat wykorzystany w badaniach charakteryzował się dużą wrażliwością na działanie stałego oświetlenia, co potwierdziły przyspieszone badania tempa zmian barwy.

2. Najbardziej dynamiczne zmiany parametrów barwy $L^*a^*b^*$ można było zaobserwować podczas pierwszych czterech dni przebywania ekstrudatu w komorze świetlnej. Współczynnik jasności L^* był parametrem najbardziej stabilnym spośród analizowanych.

3. Wraz ze zwiększeniem czasu przebywania rozdrobnionego ekstrudatu w ustalonych warunkach oświetleniowych dynamika zmian barwy wyraźnie się zmniejszała.

LITERATURA

- Białobrzeski I., Zapotoczny P., 2003. Matematyczne modelowanie zmian barwy przechowywanych ogórków. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. R. 11, nr 2, 35–43.
- Ciećko Z., 1993. Ocena jakości i przechwalnictwa produktów rolnych. Skrypt. Wyd. II UWM, Olsztyn.
- Desrumaux A., Bouvier J.M., Burri J., 1998. Corn grits particle size and distribution effect on the characteristic of expanded extrudates. *Journal of Food Science Engineering Processing* 63 (5), 857–863.
- Ekielski A., 2013. Wykorzystanie analizy obrazu do oceny wybranych parametrów opisujących struktury porowate na przykładzie ekstrudatów zbożowych, Warszawa.
- Ekielski A., Biller E., Żelaziński T., 2005. Wpływ wybranych parametrów procesu ekstruzji na zmiany barwy ekstrudatu. *Inżynieria Rolnicza* 10 (70), 65–73.
- Ekielski A., Klepacka A.M., Pawan Kumar M.S., 2013. Effect of visible light on the process of accelerated oxidation of dye contained in red paprika powder. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture* 61 (Agricultural and Forest Engineering), Warsaw.
- Ekielski A., Majewski Z., Żelaziński T., 2007. Effect of extrusion conditions on physical properties of buckwheat – maize blend extrudate. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 57, 2 (A), 57–61.
- Gumul D., Korus J., Achremowicz B., 2005. Parametry procesu ekstruzji a zawartość polisacharydów nieskrobiowych oraz aktywność przeciwutleniająca otrąb żytnich. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 3 (44), 61–69.

- Hashimoto J.M., Grossmann M.V.E., 2003. Effects of extrusion conditions on quality of cassava bran/cassava starch extrudates. *International Journal of Food Science & Technology* 38 (5), 511–517.
- Rzedzicki Z., Zarzycki P., 2006. Wpływ ekstruzji na skład frakcyjny błonnika pokarmowego ekstrudatów z udziałem owsa nagonasiennego. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 239, 281–293.
- Sowbhagya H.B., Smitha S., Sampathu S.R., Krishnamurthy N., Suvendu Bhattacharya, 2005. Stability of water-soluble turmeric colourant in an extruded food product during storage. *Journal of Food Engineering* 67, 367–371.
- Valous N.A., Mendoga F., Sun D.W., Allen P., 2009. Colour calibration of a laboratory computer vision system for quality evaluation of pre-sliced hams. *Meat Science*. 81, 132–141.

TIME SERIES AS USEFUL METHOD TO EVALUATE OF WHEAT BREADCRUMBS COLOR STABILITY

Summary. The aim of this study was to investigate the effect of operation of the fixed light on the dynamics of changes in the color of extruded breadcrumbs. The material used in the study were divided extrudate wheat – corn produced in the twin-screw extruder. Changes in color parameters breadcrumbs reported variables L^* , a^* , b^* . The development of the results of the statistical method used in time series. It has been found that shredded extrudate is characterized by high sensitivity to the continuous lighting, particularly in the first four days at illuminating the samples in the chamber. The most significant changes were seen in the case of coefficients instead of a^* and b^* . Coefficient of lightness L^* a parameter of the analyzed more stable.

Key words: extrusion, the rate of change of color, light chamber