

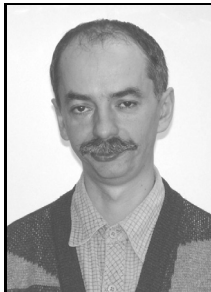
Dariusz TOMKIEWICZ, Adam KOPEĆ, Kamil DOLIK

POLITECHNIKA KOSZALIŃSKA
ul. Raclawicka 15/17, 75-620 Koszalin

Zastosowanie metod przetwarzania obrazu do monitorowania procesu płukania farszu rybnego

Dr inż. Dariusz TOMKIEWICZ

Pracuje jako adiunkt w Katedrze Automatyki Politechniki Koszalińskiej. Stopień doktora nauk technicznych w dziedzinie Budowa i Eksploatacja Maszyn, specjalność Automatyka i Robotyka uzyskał w 2000 roku. W zakresie jego zainteresowań znajdują się modelowanie i identyfikacja obiektów, inteligentne układy pomiarowe, algorytmy sztucznej inteligencji, sterowanie układami o parametrach rozłożonych.



e-mail: dariusz.tomkiewicz@tu.koszalin.pl

Dr inż. Adam KOPEĆ

Pracuje jako adiunkt w Katedrze Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego Politechniki Koszalińskiej. Stopień doktora nauk technicznych w dziedzinie Budowa i Eksploatacja Maszyn, uzyskał w 2006 roku. W zakresie jego zainteresowań znajdują się: inżynieria procesowa, budowa i eksploatacja maszyn przemysłu spożywczego, procesy zamrażania i rozmrażania żywności, obróbka cieplna i suszenie produktów spożywczych, zastosowanie próżni w przemyśle spożywczym, ocena jakości żywności.



e-mail: adam.kopec@tu.koszalin.pl

Mgr inż. Kamil DOLIK

Od września 2009 roku jest doktorantem w Katedrze Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego na Wydziale Mechanicznym Politechniki Koszalińskiej. Obszar jego działalności naukowej obejmuje zagadnienia związane z zamrażaniem i rozmrażaniem surowców spożywczych. W obszarze jego zainteresowań znajduje się również instrumentalna ocena surowców spożywczych.



e-mail: xibalbha@gmail.com

Streszczenie

W artykule przedstawiono metodę monitorowania procesu płukania farszu rybnego. W układach automatyki konieczne jest stosowanie szybkich i nieniszczących metod pozwalających na oszacowanie rozmaitych cech żywności, które składają się na jej finalną jakość. Celem badań było przetestowanie czy istnieje możliwość zastosowania metod przetwarzania obrazu do oceny przebiegu procesu płukania farszu rybnego oraz wstępne przetestowanie możliwości zastosowania wybranej metody na linii produkcyjnej. Aby oczyścić farsz rybny został on poddany procesowi płukania w wodzie w celu usunięcia zanieczyszczeń. Próbkę, po różnych czasach płukania, zarejestrowano z zastosowaniem kamery CCD. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że nie ma potrzeby stosowania analizy poszczególnych składowych barwy, gdyż każda z nich jest ściśle skorelowana ze stopniem czystości farszu. Istnieje zatem możliwość połączenia danych z trzech macierzy i posługiwanie się tylko macierzą chrominancji. Z przebiegu charakterystyki procesu można założyć iż proces płukania farszu może zostać opisany jako proces inercyjny pierwszego rzędu. Na podstawie danych pomiarowych uzyskanych z zastosowaniem układu analizy obrazu istnieje możliwość wyznaczenia stałej czasowej procesu. Można przyjąć iż czas równy trzem stałym czasowym jest czasem zakończenia procesu płukania.

Słowa kluczowe: płukanie farszu rybnego, przetwarzanie obrazu, monitorowanie.

Application of image processing methods to monitoring the fish stuffing rinse process

Abstract

The paper presents a method of monitoring the process of fish stuffing rinse. In food processing industry it is necessary to utilize high-speed and non-destructive methods to estimate various characteristics of the foods that make up the final quality. The aim of this study was to test whether there was a possibility of using image processing methods to assess the process of fish stuffing rinse and preliminary testing applicability of the method chosen on the production line. Stuffing used for testing was characterized by a brown colour, which was caused by the presence of its impurities. It was rinsed in water to clean it from impurities. The samples of fish stuffing were recorded during rinsing with a CCD camera. The correlation was determined between the time of rinsing the stuffing and the mean value of each colour component R, G and B. It shows that the

relationship between the rising time and the mean value of the component colours is strictly monotonic. The research shows that there is no need to analyse individual components of the colour because each of them is closely correlated with the degree of the stuffing purity. There is possibility to combine data from three of the colour matrices and use only a chrominance matrix. After making the transition from the RGB model to the chrominance component, the process was described with a mathematical model. The time course of the process characteristic shows that the process can be described as a first order inertia one. On the basis of the data obtained by means of the image analysis system, the process time constant can be determined. It can be assumed that the time equal to three time constants is the end time of stuffing rinse.

Keywords: rinse of fish stuffing, image processing, monitoring.

1. Wstęp

Ocena jakości produktów spożywczych jest zagadaniem złożonym. W praktyce nie opracowano jednoznacznych wyznaczników określających jakość produktów mięsnych. Jakość produktu ogólnie można zdefiniować jako oczekiwania nabywcy w stosunku do produktu tym samym jest to jest to pojęcie nieprecyzyjne i obejmuje różne grupy cech cząstkowych, które razem składają się na ogólną jakość produktu.

W przypadku produktów spożywczych (w tym mięsa) pojęcie jakości produktu jest jeszcze bardziej złożone gdyż w zależności od preferencji odbiorcy produktu możemy mówić o jakości sensorycznej, żywieniowej, zdrowotnej, produkcyjnej a nawet etycznej.

Rosnące wymagania związane z obniżeniem kosztów produkcji oraz rosnące wymagania odbiorców powodują konieczność automatyzacji poszczególnych etapów procesu przetwarzania żywności. W układach automatyki konieczne jest stosowanie szybkich i nieniszczących metod pozwalających na oszacowanie rozmaitych cech żywności, które składają się na jej finalną jakość. Konieczność taka zachodzi nawet w przypadku gdyby to się wiązało mniejszą dokładnością stosowanych metod pomiarowych.

Trudności związane z wyróżnieniem obiektywnych (mierzalnych) cech na których składa jakość produktów spożywczych oraz złożona budowa fizyczną i chemiczną mięsa są przyczyną dla której obecnie bardzo często do oceny jakości są używani eksperci. W przypadku, gdy zachodzi taka konieczność w celu zwiększenia obiektywizmu organizowane są zespoły ekspertów. Zespół na podstawie oceny sensorycznej (smakowej, zapachowej, wzrokowej) oraz swojego doświadczenia klasyfikuje przetwory mięsne do różnych grup jakościowych.

W przypadku konieczności ścisłego określenia cech produktów spożywczych stosowane są również metody analityczne. Metody analityczne polegają na pomiarze szeregu mierzalnych czynników określających właściwości fizyczne, chemiczne i mikrobiologiczne żywności. Pomiar tymi metodami jest często pomiarem niszczącym. Pomiar, w wyniku którego konieczne jest zniszczenie badanego materiału, nie może być stosowany dla całej partii materiału tylko

dla próbek pobranych z większej całości. Oznaczenie jakości metodami analitycznymi jest dodatkowo często czasochłonne i tym samym nie może być stosowane on-line na linii produkcyjnej.

Konieczne jest zatem zastąpienie tradycyjnych metod oceny jakości żywności przez metody automatyczne, nie wymagające opinii eksperta i zmniejszające czas potrzebny do oceny. W przypadku stosowania automatycznych metod oceny jakości konieczne jest aby stosowana metoda zapewniała jednoznaczność uzyskiwanych wyników, przynajmniej w odniesieniu do kierunku zachodzących zmian w materiale badanym [2].

Dzięki stale zwiększającym się możliwościom obliczeniowym sprzętu koniecznego do pozyskiwania i analizy obrazów oraz jego stale obniżającym się cenom interesującą alternatywą dla tradycyjnych metod określania jakości żywności jest zastosowanie metod analizy obrazów.

Komputerowa analiza obrazu polega na analizie zarejestrowanego widoku pod kątem kształtu, wielkości oraz barwy obecnych na nim obiektów. Początki stosowania tej techniki w przemyśle spożywczym sięgają lat 70-tych XX wieku. Od tamtej pory, została ona znacznie rozwinięta, do czego przyczynił się postęp w dziedzinie technik cyfrowego przetwarzania obrazu (kamery i aparaty o większej czułości, szybsze komputery umożliwiające przetwarzanie obrazów zawierających znaczną ilość danych, rozwój oprogramowania do obróbki i analizy obrazu).

Metody pomiarowe wykorzystujące analizę obrazu są szeroko stosowane obecnie w wielu dziedzinach przemysłu. Najczęściej wykorzystuje się je do: klasyfikacji obiektów, określania pozycji i położenia obiektów, sprawdzania kompletności, sprawdzania kształtów i wymiarów, zliczania elementów.

Istnieje zatem możliwość zastosowania tych metod do oceny jakości produktów spożywczych szczególnie w przypadku gdy ekspert dokonuje wizualnej oceny produktu i określa jego jakość na podstawie kształtu, koloru, rozmieszczenia poszczególnych składników itp.

Obecnie komputerowa analiza obrazu wykorzystywana jest w przemyśle spożywczym między innymi, w: ocenie jakości surowca (np. klasyfikacji jakościowej tusz wieprzowych); ocenie jakości produktu finalnego (np. wielkości i rozmieszczenia oczek w serze); analizie procesów technologicznych (np. efektywności procesu mieszania na podstawie oceny stopnia zmieszania składników mieszaniny); mikrobiologii, biotechnologii i technikach wspomaganie systemów analitycznych [1].

Celem badań było przetestowanie czy istnieje możliwość zastosowania metod przetwarzania obrazu do oceny przebiegu procesu płukania farszu rybnego oraz wstępne przetestowanie możliwości zastosowania wybranej metody na linii produkcyjnej.

Podstawowym wymaganiem w przypadku stosowanie układu pomiarowego na linii produkcyjnej jest jego niezawodność, praca w czasie rzeczywistym oraz niski koszt zakupu [4].

Układy elektroniczne wykorzystywane w systemach przetwarzania obrazów od dłuższego czasu umożliwiają pracę w warunkach przemysłowych (niesprzyjające warunki otoczenia takie jak zmiany temperatury, wilgotności itp.). Koszt zakupu takiego systemu również nie jest czynnikiem, który by uniemożliwiał jego zastosowanie. Podstawowym problemem jest algorytm przetwarzania informacji obrazowej.

W przypadku stosowania metod przetwarzania obrazu na linii produkcyjnej czas reakcji systemu pomiarowego często ogranicza się do kilku milisekund. Tak więc, istotną cechą takiego układu jest także dobranie algorytmu przetwarzania obrazu aby system był w stanie przetworzyć docierające do niego dane. Często więc konieczne jest zrezygnowanie z bardziej dokładnych metod przetwarzania obrazu wymagających większej ilości obliczeń.

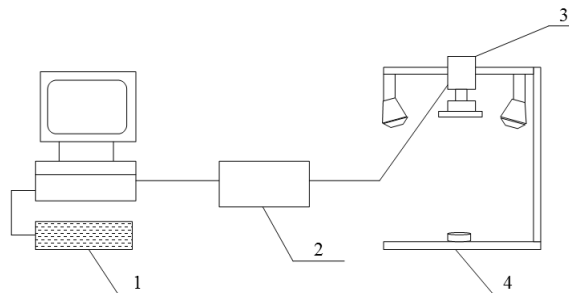
W artykule przedstawiono przykład zastosowania analizy obrazu do oceny jakości procesu płukania farszów rybnych.

2. Stanowisko badawcze

Stanowisko do komputerowej analizy obrazu w Katedrze Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego na Politechnice Koszalińskiej składa się z następujących elementów:

- kamery CCD typu Grundig FAC 830, charakteryzującej się wysoką rozdzielczością i jakością odtwarzania geometrii przestrzennej analizowanego obrazu,
- karty analizy obrazu typu FRAME-GRABBER, która przetwarza obraz rejestrowany przez kamerę na postać cyfrową, w formie macierzy o wymiarach 1024x1024 punkty,
- komputera klasy PC wyposażonego w oprogramowanie MutliScan, służące do komputerowej analizy obrazu uzyskanego z kamery.

Schemat poglądowy stanowiska przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego do komputerowej analizy obrazu.

Oznaczenia: 1 - komputer klasy IBM PC, 2 - karta analizy obrazu FRAME-GRABBER, 3 - kamera CCD, 4 - stolik pomiarowy.

Fig. 1. Schematic diagram of the test stand for computer image analysis: 1 - computer IBM PC, 2 - frame-grabber card, 3 - CCD camera, 4 - measuring table

Przy ocenie barwy brane są pod uwagę następujące kryteria:

- ton barwy – uwarunkowany pobudzeniem promieniowania o określonej długości fali,
- nasycenie barwy – określające mniejsze bądź większe zbliżenie barwy do barwy białej, przy zachowaniu tego samego tonu barwy,
- jasność barwy – uzależnione od natężenia światła oraz długości jego fali.

W przypadku stosowania standardowych kamer dane które pozyskujemy zawierają informację o przestrzennym rozmieszczeniu barwy w pozyskiwanym obrazie dla trzech częstotliwości promieniowania widzialnego odpowiadającym barwie: czerwonej (R), zielonej (G) oraz niebieskiej (B). Dane jakie otrzymujemy zawierają się w trzech macierzach dwuwymiarowych zawierających dane dotyczące każdej ze składowych koloru.

Proces analizy obrazu przeprowadzony został według następujących etapów [3]:

- Rejestracja pola widzenia kamery.
- Przesłanie zarejestrowanego obrazu do komputera i zmiana postaci analogowej danych na postać cyfrową (przy wykorzystaniu karty analizy obrazu), czyli na macierz wartości liczbowych.
- Przetwarzanie wstępne polegające na eliminacji zakłóceń i wykrycie krawędzi na obrazie. Operacja ta miała na celu polepszenie jakości obrazu. Operacja ta odbywa się z wykorzystaniem odpowiednich filtrów graficznych.
- Segmentacja, której celem było wyodrębnienie obiektów na obrazie które będą poddawane dalszym etapom przetwarzania.
- Pomiar określające ilościową wartość badanej cechy w wyselekcjonowanych podczas segmentacji obiektach.
- Końcowym etapem była estymacja wartości pomiarowej.

Ze względu na szybkość działania algorytmu, który ma być zastosowany na linii produkcyjnej w badaniach ograniczono się do przetwarzania informacji związanej ze składowymi koloru obrazu. W pracy nie są rozważane algorytmu związane z metodami wstępnego przetwarzania obrazu oraz segmentacji obrazu. Zakłada się, że będą spełnione warunki powtarzalności pomiaru takie jak powiększenie, oświetlenie, umieszczenie próbki w polu widzenia kamery.

3. Badanie jakości farszu rybnego

Farsz rybny pozyskuje się, na ogół, z ryb o białym mięsie, a także ryb kostnoszkieletowych, słodkowodnych ryb karpiowatych czy ryb pelagicznych. Uzyskiwany może być również z głowonogów oraz skorupiaków. W skład farszu rybnego wchodzi składniki takie, jak mięśnie szkieletowe tułowia, ogon, płetwy. Elementy pokroju skóry, ości, rdzenia kręgosłupa, pęcherza pławnego i krwi są wysoce niepożądane i traktowane jako zanieczyszczenia. Mogą jednak przedostawać się do farszu w wyniku niedoskonałości procesu ich mechanicznego oddzielenia od części jadalnych. Obecność zanieczyszczeń w farszu ma negatywny wpływ na jego cechy organoleptyczne, barwę oraz smak. Ponadto obecność kawałków rybniej skóry negatywnie wpływa na trwałość farszu podczas jego przechowywania chłodniczego. O obecności zanieczyszczeń w farszu, na pierwszy rzut oka, świadczy jego niepoprawne zabarwienie (rysunek 2).

Opracowywana metoda pomiarowa miała służyć do automatycznego wykrywania momentu zakończenia płukania farszu. Konieczne zatem było znalezienia monotonicznej zależności pomiędzy czystością farszu a wartościami uzyskiwanymi na podstawie analizy obrazu.

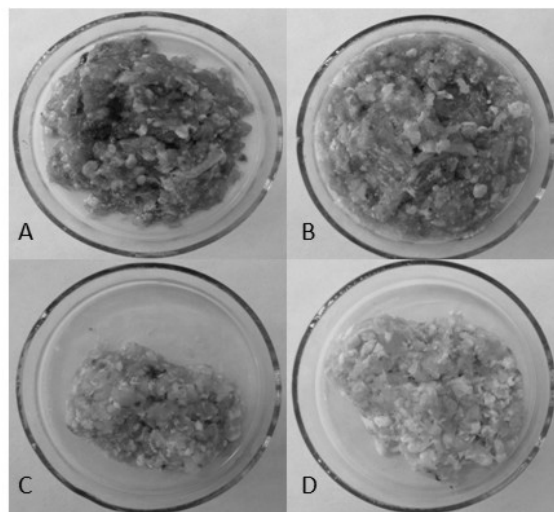


Rys. 2. Farsz ze świeżych kręgosłupów dorszy, nie płukany
Fig. 2. Stuffing with spinal column of fresh cod, not rinsed

Surowcem zastosowanym do badań był farsz rybny, uzyskany z pozostałości mięsnych na kręgosłupach dorsza pozostałych po filetowaniu. Farsz stosowany do badań charakteryzował się brudną barwą (rys. 2), co było spowodowane obecnością w nim krwi. Aby go oczyścić, otrzymany farsz rybny został poddany procesowi płukania w wodzie w celu usunięcia zanieczyszczeń. Czasy płukania farszu wynosiły kolejno: 5 min., 10 min., 40 min., 80 min. Z każdego czasu płukania oraz z farszu przed płukaniem przygotowano próbki, z których każda miała masę 10g. Pobrane próbki umieszczono na szkiełkach pomiarowych zarejestrowano ich wygląd z zastosowaniem kamery CCD. Na rysunku 3A przedstawiono przykładowy wygląd próbki farszu rybnego po 5 minutach płukania, na rysunku 3B po 10 minutach, na 3C po 40 minutach, na rysunku 3D po 80 minutach płukania.

W trakcie płukania farszu były usuwane z niego zanieczyszczenia. Oczyszczony farsz rybny stosowany w doświadczeniu ma kolor biały, wszelkie zanieczyszczenia powodują zmianę koloru farszu na ciemniejszą. Kolor biały w modelu kolorów RGB dla ośmiobitowego kodowania każdej ze składowych koloru uzyskiwany jest dla maksymalnych wartości, czyli 255 dla wszystkich trzech składowych koloru. Im jaśniejsza barwa farszu tym średnia wartość składowej barwy powinna być wyższa.

W trakcie płukania kolor farszu zmieniał się na jaśniejszy.



Rys. 3. Farsz ze świeżych kręgosłupów dorszy, A) płukany przez 5 minut, B) płukany przez 10 minut, C) płukany przez 40 minut, D) płukany przez 80 minut

Fig. 3. Stuffing with spinal column of fresh cod, A) washed for 5 minutes, B) washed for 10 minutes, C) washed for 40 minutes, D) washed for 80 minutes,

Wartość średnią składowej dla każdej barwy dla danych z przeprowadzonych doświadczeń zestawiono w tabeli 1 oraz na rysunkach 4A, 4B i 4C przedstawiających dane na wykresach z uwzględnieniem odchylenia standardowego dla poszczególnych wyników (oznaczone słupkami błędów).

W trakcie płukania farszu były usuwane z niego zanieczyszczenia. Oczyszczony farsz rybny stosowany w doświadczeniu miał kolor biały, natomiast wszelkie zanieczyszczenia powodowały zmianę koloru farszu na ciemniejszą. Kolor biały w modelu kolorów RGB dla ośmiobitowego kodowania każdej ze składowych koloru uzyskiwany jest dla maksymalnych wartości, czyli 255 dla wszystkich trzech składowych koloru. Im jaśniejsza barwa farszu tym średnia wartość składowej barwy powinna być wyższa.

W trakcie płukania kolor farszu zmieniał się na jaśniejszy.

Tab. 1. Średnia wartość składowej dla barwy R, G i B
Tab. 1. Mean value of each colour component R, G and B

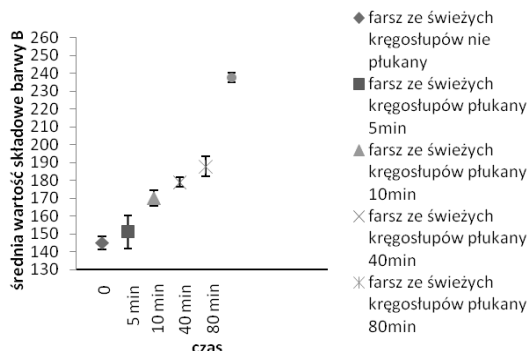
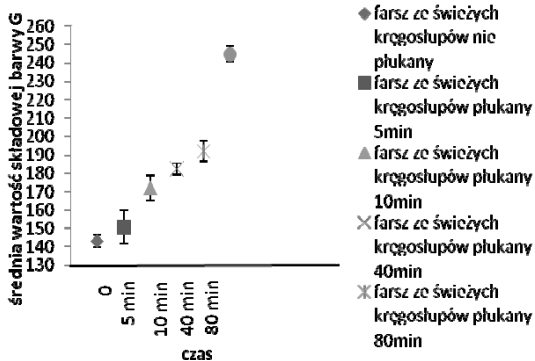
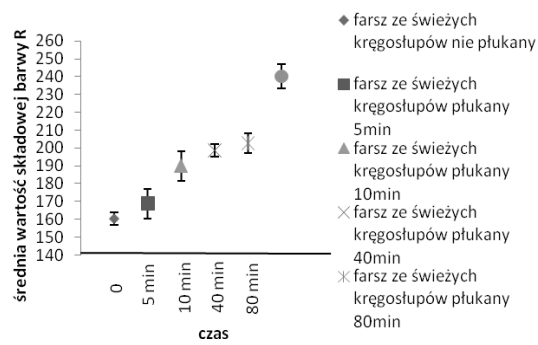
Czas płukania [min]	Składowa R	Składowa G	Składowa B
0	163	142	141
5	168	151	149
10	188	170	164
40	195	178	174
80	198	185	186

Do oceny korelacji pomiędzy czasem płukania oraz średnią wartością składowej koloru zastosowano współczynnik korelacji rang Spearmana (1).

$$R_{xy} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (1)$$

gdzie: d_i - różnice pomiędzy rangami, n - liczebność próby.

Określano korelację pomiędzy czasem płukania farszu i średnią wartością każdej ze składowych kolorów R, G jak i B. W każdym z przypadków współczynnik korelacji rang Spearmana był równy jeden. Oznacza to ściśle monotoniczną rosnącą zależność pomiędzy czasem płukania i średnią składowej barwy.



Rys. 4. Zmiana średniej wartości barwy A – składowa czerwona, B – składowa zielona, C – składowa niebieska

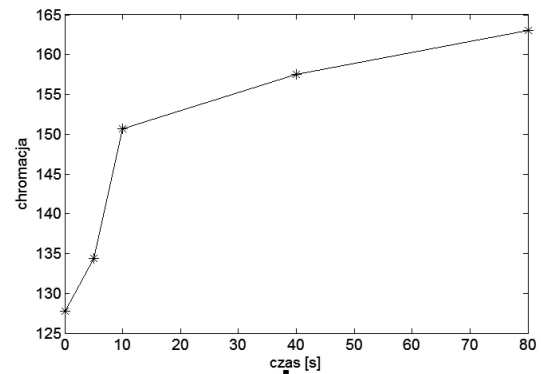
Fig. 4. Change in the average colour value A - red component, B - green component, C - blue component

Z badań tych wynika, że nie ma potrzeby stosowania analizy poszczególnych składowych barwy, gdyż każda z nich jest ściśle skorelowana ze stopniem czystości farszu. Istnieje zatem możliwość połączenia danych z trzech macierzy i posługiwanie się tylko macierzą chrominancji. Przejście z trzech składowych koloru na opis z zastosowaniem jasności barwy (chrominancji) można dokonać posługując się równaniem 2.

$$Y = \frac{1}{256} (65,74R + 129,06G + 25,06B) \quad (2)$$

gdzie: R, G, B - składowe koloru w zakresie od 0 do 255.

Po dokonania przejścia z modelu RGB do opisu z zastosowaniem tylko składowej chrominancji opisano przebieg procesu. Przebieg procesu czyszczenia farszu w czasie można prześledzić na rysunku 5. Początkowo proces płukania przebiega intensywnie, stopniowo prędkość usuwania zanieczyszczeń spada.



Rys. 5. Przebieg procesu czyszczenia farszu w czasie
Fig. 5. Stuffing cleaning process

Z przebiegu charakterystyki można założyć iż proces płukania farszu może zostać opisany jako proces inercyjny pierwszego rzędu opisany równaniem (3)

$$y = k \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \quad (3)$$

gdzie: k - wartość procesu w stanie ustalonym, t - czas, T - stała czasowa.

Na podstawie danych pomiarowych uzyskanych z zastosowaniem układu analizy obrazu istnieje możliwość wyznaczenia stałej czasowej procesu T . Stała czasowa wyznacza odcinek czasu, po którym wartość procesu osiągnie 63% wartości ustalonej a po odcinku czasu równym $3T$ osiągnie 95% wartości ustalonej. Po tym czasie pomimo kontynuowania procesu płukania przyrost, jakości farszu będzie się zmniejszał bardzo powoli. Można przyjąć, iż czas potrzebny na uzyskanie trzech stałych czasowych jest czasem zakończenia procesu płukania.

W przypadku pomiaru, jakości procesu płukania farszu rybnego występuje konieczność zapewnienia stałych warunków w jakich odbywa się pomiar (powiększenie, oświetlenie). Przy zachowaniu odpowiednich warunków otrzymujemy prostą, łatwą do implementacji metodę, która może zostać zastosowana w warunkach przemysłowych do oceny stopnia czystości farszu.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, iż istnieje możliwość zastosowania metod przetwarzania obrazu do monitorowania procesu czyszczenia farszu. Do tego celu można zastosować, po wstępnych prostych przekształceniach związanych z usuwaniem zakłóceń związanych z procesem akwizycji obrazów, dane dotyczące chrominancji (jasności) pozyskanego obrazu. Korelacja pomiędzy czasem czyszczenia a wartością chrominancji jest równa 1. Oznacza to, iż istnieje ścisła monotoniczna zależność pomiędzy tymi dwoma wielkościami.

5. Literatura

- [1] Drewniak T.Ł. Analiza techniczna w przemyśle mięsnym, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1990.
- [2] Tomkiewicz D., Kopeć A.: Zastosowanie metod przetwarzania obrazu do oceny zawartości tłuszczu w mięsie wieprzowym, Inżynieria Rolnicza 2 (100), Kraków 2008 ISSN 1429-7264 p. 299-30.
- [3] Wojnar L., Majorek M.: Komputerowa analiza obrazu, Computer Scanning Systems sp. z o.o., Warszawa.
- [4] Zawada-Tomkiewicz A., Tomkiewicz D.: Monitorowania jakości powierzchni obrobionej przy zastosowaniu środowiska LabView PAK 2007 nr 08, s. 79-82.