

Angelika ZIÓŁKOWSKA¹, Patrycja JANUS²¹UNIwersytet Przyrodniczy, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roslinnego, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań²UNIwersytet Przyrodniczy, Katedra Technologii Żywności Człowieka, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań**Elektryczna metoda pomiaru wilgotności skrobi ziemniaczanej na wyjściu suszarki pneumatycznej**

Mgr inż. Angelika ZIÓŁKOWSKA

Ukończyła Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu z wyróżnieniem medalowym i uzyskała tytuł magistra inżyniera w specjalności Zarządzanie jakością żywności. Dorobek naukowy: 12 oryginalnych opublikowanych prac twórczych, 1 wdrożenie, udział w 7 konferencjach i sympozjach naukowych. Zajmuje się metodami szybkiego wykrywania zafałszowań żywności. Jest słuchaczką stacjonarnych studiów doktoranckich UP.

e-mail: angela@up.poznan.pl

Mgr inż. Patrycja JANUS

Ukończyła Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu z wyróżnieniem medalowym i uzyskała tytuł magistra inżyniera w specjalności Dietetyka. Opublikowała 9 oryginalnych prac twórczych. Jej tematyka naukowa obejmuje obróbkę cieplną żywności z uwzględnieniem wpływu na ładunek glikemiczny oraz wybrane zagadnienia miernictwa właściwości fizycznych i chemicznych żywności. Jest słuchaczką stacjonarnych studiów doktoranckich UP.

e-mail: pjanus@up.poznan.pl**Streszczenie**

Przedstawiono zależność rezystancji elektrycznej skrobi ziemniaczanej od wilgotności. Wyniki opracowano w postaci wykresów prostej i krzywej regresji oraz równań korelacyjnych. Między rezystancją elektryczną, a wilgotnością istnieje bardzo silny związek korelacyjny. Wyznaczono odchylenia standardowe, efekt liniowy i nieliniowy modeli regresyjnych. Metoda rezystancyjna nie jest dotąd stosowana do pomiaru wilgotności skrobi ziemniaczanej w warunkach przemysłowych. Pomiar wilgotności jest natychmiastowy.

Słowa kluczowe: rezystancja, wilgotność, skrobia ziemniaczana, suszenie, suszarka pneumatyczna, krochmalnictwo.

Electric method of moisture content measurement in potato starch leaving a pneumatic dryer**Abstract**

The paper presents a dependence of effective resistance of potato starch on moisture content at the outlet of a pneumatic drier. Results were presented in the form of plotted regression lines (Fig. 1) and regression curves (Fig. 2) and in the form of correlation equations (1) and (2). Very strong correlations (0.9846, 0.9997) were found between resistance and moisture content of potato starch. It results from available literature that there are no data on similar studies. To date only preliminary laboratory analyses have been conducted on the applicability of electric properties in measurements of moisture content in dried potatoes [4,5], dried carrots [6], dried vegetables [7] and other foodstuffs [8]. A novelty presented in this paper is the fact that the effective resistance method used in industrial practice facilitates rapid moisture content measurement in potato starch in the course of drying, which will contribute to an improvement of starch quality. The time of sample preparation for moisture content measurement is approx. 90 s and the measurement itself is instantaneous. Material for analyses comprised samples of potato starch with moisture content ranging from 15.2 to 24.7%. Starch drying was run in an experimental pneumatic drier. Effective resistance between sensor electrodes was a measure of moisture content in a given sample. Electric measurements were taken using a digital multimeter adapted to resistance measurements. Moisture content in starch samples was determined by gravimetry.

Keywords: resistance, moisture, potato starch, drying, pneumatic dryer, starch manufacture.

1. Wstęp

Skrobia ziemniaczana ma szerokie zastosowanie w wielu przemysłach między innymi: spożywczym, farmaceutycznym, papierniczym, włókienniczym i w górnictwie [1]. Dlatego na świecie popyt na skrobię ziemniaczaną nieustannie wzrasta, w niektórych krajach nie uniknych zwiększa się jej produkcję, zaś w krajach Unii Europejskiej przerób ziemniaków na skrobię zmniejsza się. Stworzyło to okazję do zmodernizowania polskich krochmalni ziemniaczanych, podniesienia jakości produkowanej skrobi oraz

zwiększenia konkurencyjności. W odniesieniu do skrobi ziemniaczanej konkurencyjna jest skrobia kukurydziana, która jest tańsza i łatwiejsza w pozyskiwaniu [2]. Ta właśnie konkurencja zobowiązuje polskich producentów skrobi ziemniaczanej do podnoszenia jej jakości.

Jednym z istotnych wyróżników jakości wytwarzanej skrobi ziemniaczanej jest wilgotność, która ma wpływ na trwałość skrobi. Według obowiązującej normy wilgotność skrobi ziemniaczanej powinna wynosić 20% [1, 2]. W praktyce, podczas suszenia skrobi w suszarce pneumatycznej wilgotność na jej wyjściu waha się często od 18 do 22%. Spowodowane jest to zakłóceniami wilgotności mokrej skrobi na wejściu suszarki w granicach od 34 do 38%, przeniesionymi z poprzedniego urządzenia technologicznego, którym jest odwadniacz próżniowy mlecza skrobiowego. Należy podkreślić, że suszarki pneumatyczne do suszenia skrobi ziemniaczanej nie są zautomatyzowane pod względem regulacji stałowartościowej wilgotności, dlatego na wyjściu suszarki mogą mieć miejsce wahania wilgotności skrobi.

W praktyce wyrównanie wilgotności końcowej skrobi ziemniaczanej do wartości bliskiej 20% następuje w skrzyni mączki skrobiowej. Otrzymana w ten sposób skrobia nie jest jednak dobrej jakości, ponieważ w całej masie skrobi znajdują się ziarna o różnej wilgoci, ziarna o różnej wilgoci. Skrobia o większej wilgotności odznacza się krótszą trwałością, w porównaniu ze skrobią o niższej wilgoci, ze względu na większy rozwój drobnoustrojów w środowisku o większej zawartości wody. Związane jest to z aktywnością wody. Poza tym, na pogorszenie trwałości skrobi mają również wpływ przemiany chemiczne, przebiegające szybko w środowisku o większej aktywności wody.

Wilgotność skrobi ziemniaczanej jest kontrolowana raz na kilka godzin przez personel laboratorium analitycznego zakładu. Wilgotność tę oznacza się metodą grawimetryczną lub termogravimetryczną. Metoda grawimetryczna polega na ważeniu próbek, suszeniu przez kilka godzin w laboratoryjnej suszarce i ponownym ważeniu i suszeniu [3]. Następnie wilgotność skrobi określa się na podstawie ilości odparowanej wody w odniesieniu do masy próbki przed suszeniem. Jest to metoda czasochłonna, na wynik oznaczenia wilgotności oczekuje się kilka godzin.

Urządzeniem umożliwiającym szybszy pomiar wilgotności jest wagosuszarka, oparta na metodzie termogravimetrycznej. Z praktyki jednak wiadomo, że operatorzy suszarek, dokonujących doraźnych pomiarów wilgotności skrobi, niechętnie stosują wagosuszarki, ponieważ jest to urządzenie nie nadające się do pomiarów w warunkach panujących w suszarni. Poza tym przygotowanie próbki do oznaczenia wilgotności jest dość złożone, a czas pomiaru jest stanowczo za długi, kiedy zachodzi konieczność wykonania w krótkim czasie dużej ilości pomiarów wilgotności skrobi na wyjściu suszarki.

Częsta kontrola i szybki pomiar wilgotności skrobi ziemniaczanej podczas suszenia w suszarce pneumatycznej może zapewnić właściwy reżym technologiczny i uzyskanie skrobi ziemniaczanej

o dobrej jakości. Do szybkich metod pomiaru wilgotności zalicza się metody elektryczne: rezystancyjną, pojemnościową i mikrofalową [3]. Z dostępnej literatury wynika, że brak jest właściwie danych na temat badań podjętych przez autorki. Dotychczas prowadzono jedynie badania w zakresie zastosowania elektrycznych właściwości artykułów rolniczych do pomiaru wilgotności suszy ziemniaczanych [4,5], marchwianych [6] i warzywnych [7]. Prowadzono również wstępne badania w laboratorium nad zastosowaniem metody pojemnościowej i metody rezystancyjnej do pomiaru wilgotności mąki pszennej i skrobi ziemniaczanej [8]. Uzyskane wyniki nie stanowią jednak przesłanki do pomiaru wilgotności skrobi ziemniaczanej w suszarce pneumatycznej w warunkach przemysłowych. Sformułowany bowiem model regresji liniowej, przedstawiający zależność rezystancji elektrycznej od wilgotności skrobi, jest trudny do przewidzenia, a metoda odważania masy próbki skrobi jest czasochłonna i nie do przyjęcia w praktyce przemysłowej.

Głównym celem badań była ocena możliwości zastosowania elektrycznych właściwości rezystancyjnych skrobi ziemniaczanej do pomiaru wilgotności podczas suszenia w przemysłowej suszarce pneumatycznej w warunkach panujących w krochmalni ziemniaczanej.

2. Krótki opis procesu suszenia skrobi ziemniaczanej w suszarce pneumatycznej

Do suszarki pneumatycznej dostarczana jest od odwadniacza próżniowego mlecza skrobiowego mokra skrobia ziemniaczana o normatywnej wilgotności 36% [1, 2]. Na wyjściu odwadniacza mogą występować jednak niepożądane zmiany wilgotności mokrej skrobi, a tym samym na wyjściu suszarki pneumatycznej. Największe zakłócenia wilgotności mokrej skrobi na wyjściu odwadniacza występują w czasie jego uruchamiania, ponieważ podczas tej czynności od początku nastawia się takie parametry pracy jak: gęstość mlecza skrobiowego, prędkość obrotową bębna skrobi oraz podciśnienie (próżnię) w obrotowym filtrze bębnowym z tkaniną. Po uruchomieniu odwadniacza i ustaleniu się procesu odwadniania mlecza skrobiowego zakłócenia mogą pochodzić jedynie od niestabilnej próżni i niestalej gęstości mlecza.

Suszarka pneumatyczna składa się w zasadzie z dwóch rur: pionowej i poziomej. Rurą pionową jest pseudofluidyzacyjna komora, w której na samym początku odbywa się intensywne suszenie skrobi ziemniaczanej. Następnie suszenie o mniejszym już natężeniu przebiega w rurze poziomej, gdzie gorące powietrze przepływa z bardzo dużą prędkością, większą niż prędkość swobodnego opadania ziaren skrobi [1, 3, 9]. Działanie suszarki pneumatycznej opiera się na suszeniu skrobi w strumieniu gorącego powietrza.

Mokra skrobia jest wprowadzana do komory pseudofluidyzacyjnej przez otwór w kolanie syfonowym, znajdującym się w dolnej części suszarki, natomiast do początku tego kolana dopływa gorące powietrze o temperaturze 165°C. Strumień gorącego powietrza spełnia dwa zadania: dostarcza do mokrej skrobi ciepło i odbiera wodę oraz transportuje suszoną skrobię przez całą suszarkę. Na początku suszenia mokra i zimna skrobia po zetknięciu się z gorącym powietrzem w komorze pseudofluidyzacyjnej pobiera z niego dużo ciepła na parowanie, przez co chłodzi skrobię, zabezpieczając przed przegrzaniem i skleikowaniem. W czasie suszenia mokra skrobia rozdziela się na drobne cząstki tworząc dużą powierzchnię odparowywania wody. Przy suszeniu pneumatycznym powstaje mała ilość kaszki, czyli tak zwanego grysiu [9], ponieważ duże zlepki ziaren skrobi są rozbijane, a małe są porywane przez strumień powietrza. Wysuszona skrobia ziemniaczana jest oddzielana od powietrza w cyklonie i zatrzymywana w filtrze workowym.

3. Materiał i metody badań

Badania przeprowadzono w hali doświadczalnej, w skali półtechnicznej, przy użyciu doświadczalnego odwadniacza próżnio-

wego mlecza skrobiowego i doświadczalnej suszarki pneumatycznej do suszenia skrobi ziemniaczanej.

Materiał badawczy stanowiła sucha skrobia ziemniaczana, przygotowana najpierw w odwadniaczu próżniowym mlecza skrobiowego, a następnie w doświadczalnej suszarce pneumatycznej.

Materiałem podstawowym do otrzymania na wyjściu odwadniacza próżniowego wymaganych partii mokrej skrobi ziemniaczanej o różnej wilgotności, było mleczo skrobiowe o niejednakowym stężeniu. Mleczo skrobiowe otrzymywano na skutek zmieszania mączki skrobiowej z wodą, w odpowiedniej proporcji. Przygotowane mleczo skrobiowe dostarczano do odwadniacza próżniowego, po czym na wyjściu otrzymywano mokrą skrobię ziemniaczaną o różnorodnej wilgotności od 32,2% do 39,4%, którą z kolei podawano do suszarki pneumatycznej. Otrzymane partie suchej skrobi ziemniaczanej na końcu suszarki służyły do badania elektrycznej rezystancji skrobi w zależności od wilgotności.

Materiał badawczy stanowiła sucha skrobia ziemniaczana o wilgotności $w = \{15,2; 16,3; 17,6; 18,4; 18,9; 20,2; 20,8; 21,7; 22,1; 23,4; 24,7\}\%$. Z przygotowanych partii skrobi o powyższej wilgotności pobierano, za pomocą specjalnie skonstruowanej łyżki porcjowej, niewielką objętościowo ilość skrobi ziemniaczanej, czyli niejako odważano w poszczególnych próbach pewną w przybliżeniu stałą masę materiału badawczego. Skrobię tę umieszczano pomiędzy elektrodami urządzenia pomiarowego i tłaczano mechanicznie do ściśle ustalonej wysokości, wskazywanej przez czujnik grubości próbki. Przygotowane w ten sposób próbki skrobi ziemniaczanej o różnej wilgotności miały zawsze w przybliżeniu stałą gęstość ρ , co wynika z zależności $\rho = m/V = (4 \cdot m)/(\pi \cdot D^2 \cdot d) \approx \text{const}$, w której: masa próbki $m \approx \text{const}$, średnica elektrody $D = \text{const}$, grubość próbki $d = \text{const}$.

Urządzenie pomiarowe, zwane czujnikiem, zostało skonstruowane w Instytucie Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, pod kątem przemysłowego zastosowania, przy wykorzystaniu zasady działania docisku elektrody ruchomej do próbki z innego czujnika do pomiaru wilgotności żywności [8].

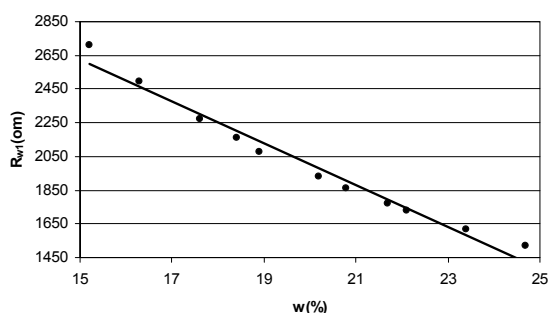
Pomiary rezystancji próbek wykonano multimetrem cyfrowym BM 2020 przystosowanym do pomiaru oporu elektrycznego, ponieważ spośród przyrządów laboratoryjnych jest najbardziej odporny na trudne warunki pracy w krochmalni ziemniaczanej. Próbka skrobi ziemniaczanej umieszczona między stałą i ruchomą elektrodą urządzenia pomiarowego stanowiła rezystor o badanej rezystancji.

Wilgotność próbki skrobi ziemniaczanej oznaczano metodą grawimetryczną, która jest metodą podstawową, najbardziej dokładną i wiarygodną. Wilgotność próbek skrobi oznaczano w trzech powtórzeniach. Pomiary rezystancji elektrycznej próbek wykonano w sześciu powtórzeniach, z uwzględnieniem błędów maksymalnego (granicznego) z jakim mierzono rezystancję.

4. Wyniki badań i dyskusja

W oparciu o uzyskane wyniki badań rozpatrzono zależność rezystancji elektrycznej od wilgotności suchej skrobi ziemniaczanej. Na rozwiązanie to składały się: równania regresji prostoliniowej i krzywoliniowej, odpowiednie wykresy, współczynniki determinacji i korelacji prostoliniowej i krzywoliniowej, odchylenia standardowe, efekty liniowy i krzywoliniowy. Do analizy zależności między rezystancją elektryczną skrobi ziemniaczanej, a wilgotnością zastosowano regresję prostoliniową i krzywoliniową, ponieważ w praktyce najczęściej stosowane są wielomiany pierwszego, drugiego i trzeciego stopnia. Wyniki badań opracowano głównie w programie komputerowym Excel, a pozostałe, niezbędne do ogólnej weryfikacji modelu matematycznego, określono komputerowo za pomocą odpowiednich wzorów ekonometrycznych.

Na rysunku 1 przedstawiono wykres prostej regresji rezystancji elektrycznej w funkcji wilgotności $R_{w,1} = f(w)$ dla przedziału wilgotności skrobi ziemniaczanej $w \in \langle 15,2; 24,7 \rangle \%$.



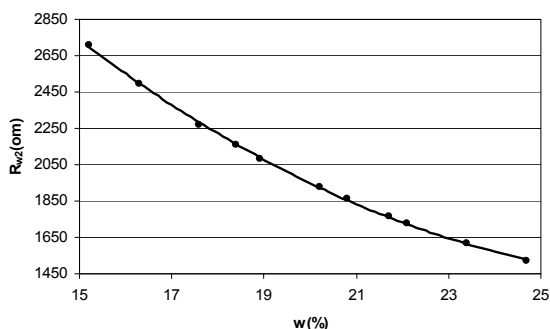
Rys. 1. Prosta regresji rezystancji elektrycznej w zależności od wilgotności skrobi ziemniaczanej $R_{w1} = f(w)$
Fig. 1. Regression line of effective resistance depending on moisture content of potato starch $R_{w1} = f(w)$

Szukane równanie regresji rezystancji elektrycznej $R_{w1}(w)$ i odpowiadające mu współczynnik determinacji r^2 i korelacji liniowej r oraz odchylenie standardowe $S_{R_{w1-w}}$ są następujące:

$$R_{w1} = -123,67 \cdot w + 4477,90 \quad (1)$$

współczynnik determinacji $r^2=0,9742$, współczynnik korelacji $r=0,9870$, odchylenie standardowe $S_{R_{w1-w}}=62,92 \Omega$. Dla przedziału wilgotności skrobi ziemniaczanej $w \in <15,2; 24,7>\%$ obliczona według równania (1) rezystancja elektryczna $R_{w1} \in <2598,1; 1423,3>$.

Na rysunku 2 przedstawiono wykres krzywej regresji rezystancji elektrycznej w funkcji wilgotności $R_{w2}=g(w)$ dla przedziału wilgotności skrobi ziemniaczanej $w \in <15,2; 24,7>\%$.



Rys. 2. Krzywa regresji rezystancji elektrycznej w zależności od wilgotności skrobi ziemniaczanej $R_{w2} = g(w)$
Fig. 2. Regression line of effective resistance depending on moisture content of potato starch $R_{w2} = g(w)$

Poszukiwane równanie regresji rezystancji elektrycznej $R_{w2}(w)$, współczynnik determinacji R^2 i korelacji krzywoliniowej R oraz odchylenie standardowe $S_{R_{w2-w}}$ wynoszą:

$$R_{w2} = 7,0439 \cdot w^2 - 404,06 \cdot w + 7211,90 \quad (2)$$

współczynnik determinacji $R^2=0,9994$, współczynnik korelacji $R=0,9997$, a odchylenie standardowe $S_{R_{w2-w}}=9,48 \Omega$. Dla wilgotności skrobi ziemniaczanej $w \in <15,2; 24,7>\%$ wyznaczona za pomocą równania (2) rezystancja elektryczna $R_{w2} \in <2697,6; 1529,0>$.

Rezystancje elektryczne jedenastu próbek skrobi o wartościach zawartych w przedziale $R_w \in <2710; 1520>\Omega$, przy wilgotności $w \in <15,2; 24,7>\%$, których punkty pomiarowe zaznaczono na rysunkach 1 i 2, wykonano z dokładnością, poza rezystancją 2710 Ω , podaną przez producenta multimetru cyfrowego: $\Delta R_x = \pm(0,4\%$ wartości mierzonej $+5$ wartości jednej cyfry na wybranym zakresie pomiarowym). Czas przygotowania próbki do pomiaru rezystancji skrobi wynosił około 90 s, a sam pomiar był natychmiastowy.

Łatwo można zauważyć, że równanie regresji (1) jest prostą typu $y=a \cdot x+b$, gdzie a jest współczynnikiem kierunkowym prostej, zaś b jest wyrazem wolnym. Natomiast równanie regresji krzywoliniowej (2) jest funkcją wielomianową stopnia drugiego typu $y=ax^2+bx+c$, w którym występują współczynniki wielomianu a , b oraz wyraz wolny c . Równania regresji (1) i (2) są funkcjami malejącymi, co widać na wykresach zaprezentowanych na rysunkach 1, 2.

Najważniejszym miernikiem siły związku pomiędzy dwiema cechami mierzalnymi, w tym przypadku pomiędzy rezystancją i wilgotnością skrobi, jest współczynnik korelacji. Otrzymane wartości współczynników determinacji $r^2=0,9742$ i korelacji prostoliniowej $r=0,9870$ oraz determinacji $R^2=0,9994$ i korelacji krzywoliniowej $R=0,9997$ wskazują na bardzo silny związek korelacyjny rezystancji elektrycznej z wilgotnością skrobi ziemniaczanej, ponieważ zawarte są w przedziale 0,9...1,0 tabeli „Oceny siły związku” [4]. W przypadku prostej regresji (1), (rys.1) siła związku korelacyjnego jest mniejsza niż dla krzywej regresji, (rys.2); różnica $R-r$ wynosi tylko 0,0127. Można więc uważać, że pod względem siły związku korelacyjnego modele: regresji liniowej (1) i krzywoliniowej (2) są takie same. Ale współczynnik determinacji $R^2=0,9994$ dla równania regresji krzywoliniowej, będący opisową miarą dopasowania modelu regresji do danych, czyli stanowiący miarę siły nieliniowego związku między danymi, jest znacząco większy od współczynnika determinacji $r^2=0,9742$ dla równania regresji liniowej. Różnica $R^2-r^2=0,0252$.

Klasyczną miarą zmienności, obok średniej arytmetycznej, jest odchylenie standardowe, które wskazuje, jak szeroko wartość rezystancji jest rozrzucona wokół jej wartości średniej. Z obliczonych wartości odchyleń standardowych widać, że odchylenie dla prostej regresji $S_{R_{w1-w}}=62,92 \Omega$ jest znacznie większe niż dla krzywej regresji stopnia drugiego, dla której $S_{R_{w2-w}}=9,48 \Omega$. Stąd pomiary rezystancji elektrycznej skrobi ziemniaczanej w przypadku regresji prostoliniowej są bardziej rozrzucone wokół jej średniej niż przy krzywej regresji. Im mniejsza jest wartość odchylenia tym pomiary rezystancji są bardziej skupione wokół wartości średniej.

Ponieważ współczynnik korelacji krzywoliniowej R nie wyjaśnia bezpośrednio udziału poszczególnych składników w regresji wielomianowej stopnia drugiego (2), dlatego należy wydzielić ich udział w postaci efektu krzywoliniowego E . Ze względu na złożoność analizy poniżej sprawdzono tylko, czy model regresji wielomianowej stopnia drugiego (2) w stosunku do modelu regresji prostoliniowej (1) wyjaśnia lepiej związek między rezystancją, a wilgotnością skrobi ziemniaczanej. W celu wydzielenia udziału poszczególnych składników regresji wielomianowej stopnia drugiego (2) w sumie kwadratów odchyleń zmiennej zależnej S_R^2 , to jest rezystancji, wykonano niżej przedstawione obliczenia.

Suma kwadratów odchyleń rezystancji

$$S_R^2 = \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2 = 1379256 \Omega^2 \quad (3)$$

gdzie: $n=11$ – liczba pomiarów, R_i – rezystancja i -tego pomiaru, \bar{R} – średnia arytmetyczna rezystancji.

Efekt liniowy, czyli udział zmiennej wilgotności w zmiennej rezystancji dla modelu regresji wielomianowej stopnia pierwszego – prostoliniowej (1), wynosi:

$$E_1 = r^2 \cdot S_R^2 = 1343671 \Omega^2 \quad (4)$$

Efekt kwadratowy, to jest udział zmiennej wilgotności w zmiennej rezystancji dla modelu regresji wielomianowej stopnia drugiego (2), stanowi:

$$E_2 = (R^2 - r^2) S_R^2 = 34895 \Omega^2 \quad (5)$$

Z powyższych rozważań widać, że wartość efektu liniowego jest nieporównywalnie większa od wartości efektu kwadratowego.

Stąd wynika, że nie zachodzi konieczność zwiększenia stopnia wielomianu stopnia drugiego jeszcze o jeden składnik.

Z literatury wiadomo, że w metrologii preferuje się przebiegi prostoliniowe, łatwo dające się zastosować podczas pomiarów i konstruowania urządzeń pomiarowych, co uzasadniałoby zastosowanie opcji regresji prostoliniowej do pomiaru rezystancji skrobi ziemniaczanej na wyjściu suszarki pneumatycznej. Ale uzyskane wartości współczynnika korelacji liniowej, odchylenia standardowego i efektu liniowego są gorsze od wartości tych samych wielkości dla wielomianu stopnia drugiego. Dlatego na podstawie tej skrótowej weryfikacji proponuje się zastosować do pomiaru wilgotności skrobi ziemniaczanej na wyjściu przemysłowej suszarki pneumatycznej model regresji krzywoliniowej drugiego stopnia (2), rys. 2.

5. Podsumowanie

Częste wahania wilgotności suchej skrobi ziemniaczanej na wyjściu nie zautomatyzowanej przemysłowej suszarki pneumatycznej w granicach od 18% do 22%, spowodowane są zmianami wilgotności mokrej skrobi na wejściu suszarki w przedziale od 34% do 38%, pochodzącymi od niestabilnej pracy odwadniacza próżniowego mlecza skrobiowego.

Założony do badań rezystancji suchej skrobi ziemniaczanej zakres wilgotności skrobi na wyjściu przemysłowej suszarki pneumatycznej $w \in <15,2; 24,7>\%$ jest dowolny, w którym może się zmieniać wilgotność po awaryjnym uruchomieniu odwadniacza próżniowego mlecza skrobiowego.

Na podstawie analizy wyników badań zaproponowano, spośród dwóch modeli prostoliniowej i krzywoliniowej regresji, do praktycznego zastosowania pomiaru wilgotności skrobi ziemniaczanej na wyjściu przemysłowej suszarki pneumatycznej, model regresji wielomianowej stopnia drugiego. Model ten ma lepsze wskaźniki niż model regresji prostoliniowej.

Mimo że w metrologii korzystniejsze są w zastosowaniu funkcje liniowe niż nieliniowe, nie należy linearyzować zaproponowanego modelu regresji wielomianowej stopnia drugiego.

Dla celów praktycznych i dla operatora przemysłowej suszarki pneumatycznej, proponuje się opracować, na podstawie sformułowanego równania regresji wielomianowej stopnia drugiego, tabelę z wartościami rezystancji elektrycznej dla przedziału wilgotności suchej skrobi ziemniaczanej $w \in <15,2; 24,7>\%$, w odstępach 0,1%. Korzystanie z tabeli umożliwi szybkie oznaczenie wilgotności skrobi ziemniaczanej na wyjściu suszarki pneumatycznej w przypadku niestabilnego procesu suszenia skrobi.

Urządzenie pomiarowe (czujnik) wraz z multimetrem cyfrowym BM 2020 przystosowanym do pomiaru rezystancji można scałić w jednym przyrządzie pomiarowym, wyskalowanym w procentowej wilgotności suchej skrobi ziemniaczanej w zakresie od 15 do 25%.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że cel pracy zastosowania właściwości rezystancyjnych skrobi ziemniaczanej do oznaczania jej wilgotności został zrealizowany.

6. Literatura

- [1] Nowotny F. (red.): Technologia przetwórstwa ziemniaczanego. WNT, Warszawa 1972.
- [2] Jarczyk A.: Technologia żywności. WSiP, Warszawa 2001.
- [3] Strumiłło Cz.: Podstawy teorii i techniki suszenia. WNT, Warszawa 1983.
- [4] Ind. Obst – u. Gemüseverwertung. Verlag Günter Hempel, 1, 1988.
- [5] Ind. Obst – u. Gemüseverwertung. Verlag Günter Hempel, 8, 1988.
- [6] Roczniki Akademii Rolniczej Poznań CCCXXXVI Technologia Żywności. Wydawnictwo AR, 24, 2001.
- [7] VI Konferencja Naukowo-Techniczna „Budowa i eksploatacja maszyn w przemyśle spożywczym”. Politechnika Gdańska, Gdańsk 23-24 września 1993.
- [8] Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria (Technologia Żywności i Żywnienia), 1(2) 2002.
- [9] Lewicki P.P. (red): Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego. WNT, Warszawa 2006.

otrzymano / received: 10.03.2011

przyjęto do druku / accepted: 06.06.2011

artykuł recenzowany

INFORMACJE

Szanowni Autorzy artykułów publikowanych w PAK,

W trosce o jak najwyższy poziom punktacji miesięcznika PAK zwracam się z prośbą o cytowanie artykułów opublikowanych w PAK w innych artykułach, zwłaszcza tych publikowanych w czasopiśmie z listy filadelfijskiej. Ma to bezpośredni wpływ na współczynnik IF (Impact Factor) miesięcznika PAK.

W algorytmach oceny czasopism współczynnik IF ma największą wagę. Na zwiększenie wartości współczynnika IF redakcja czasopisma nie ma żadnego wpływu, ale wszystko zależy od Autorów cytujących. W przypadku miesięcznika PAK aktualnie każde cytowanie zwiększa IF o około 0,002. Oczywiście cytowanie artykułu tylko wtedy jest uzasadnione, jeżeli jest on tematycznie związany z artykułem cytującym, a autor skorzystał z niego przy przygotowaniu pracy.

Aby ułatwić Autorom korzystanie z artykułów opublikowanych w PAK (a także możliwość cytowania) została opracowana przez redakcję PAK „Wyszukiwarka”, umożliwiająca wyszukiwanie artykułów według nazwiska autora, słowa tytułu artykułu, albo frazy kluczowej.

Aby skorzystać z „Wyszukiwarki” należy:

- wejść na stronę: www.pak.info.pl
- w menu „Wyszukiwarka” (po lewej stronie ekranu) wybrać „Artykuły”.

Strona zawiera również szereg innych łatwo dostępnych funkcjonalności, m.in. wykazy artykułów opublikowanych w PAK, a cytowanych w artykułach opublikowanych w czasopiśmie z listy filadelfijskiej.

Zdaję sobie sprawę, że redakcje niektórych czasopism usuwają cytowania artykułów publikowanych w czasopiśmie spoza listy filadelfijskiej, np. argumentując, że są one mało dostępne. Taka argumentacja będzie mniej uzasadniona, jeżeli tytuł naszego miesięcznika oraz tytuły artykułów będą podane w cytowaniach w języku angielskim. Proszę zauważyć, że oficjalny tytuł anglojęzyczny miesięcznika PAK (występujący na okładce) ma formę: Measurement, Automation and Monitoring (MA&M), a wszystkie artykuły naukowe publikowane w PAK są napisane albo w języku angielskim, albo mają rozszerzone abstrakty w tym języku.