

Andrzej DOWGIAŁŁO<sup>1</sup>, Michał CZERWIŃSKI<sup>2</sup>

e-mail: techmech@mir.gdynia.pl

<sup>1</sup> Morski Instytut Rybacki – Państwowy Instytut Badawczy, Gdynia<sup>2</sup> Zakład Mechaniczny „Czerwiński”<sup>®</sup>, Lublewo

## Wpływ wstępnej obróbki cieplnej na skuteczność operacji wyciskania cieczy z paszowego surowca rybnego

### Wstęp

Odwadnianie surowców rybnych na skalę przemysłową, będące jednym z etapów ich obróbki, prowadzone jest obecnie w dwóch przypadkach: podczas produkcji konserw rybnych i podczas produkcji mączki rybnej.

W przypadku produkcji konserw rybnych usunięcie nadmiaru wody, mające na celu zmniejszenie wycieku podczas sterylizacji, uzyskuje się podczas blanszowania – ogrzewania surowca w określonej temperaturze przez określony czas, powodującego ubytek 20÷30% wody [Sikor-ski, 2004].

W procesie produkcji mączki rybnej usuwanie wody, a również części tłuszczu, prowadzone jest na drodze termiczno-mechanicznej. Surowiec jest wstępnie ogrzewany, a po grawitacyjnym oddzieleniu termicznego wycieku poddawany jest obróbce mechanicznej (prasowaniu lub wirowaniu) oddzielającej resztę uwolnionej termicznie wody. W tym przypadku uzyskuje się zmniejszenie jej ilości do około 50% zawartości suchej masy. Takie postępowanie z surowcem jest odpowiednikiem kondycjonowania nasion roślin oleistych przed wyłaczaniem, umożliwiającego wydobycie z nich około 50% oleju [Niewiadomski, 1993].

W obu tych przypadkach parametry wstępnej obróbki cieplnej i prasowania są znane i zmieniane, jeśli zachodzi potrzeba, w niewielkim tylko zakresie. Blanszowanie prowadzone jest w temperaturze około 90°C przez okres 5÷10 minut. W podobnej temperaturze ogrzewany jest surowiec podczas produkcji mączki rybnej. Temperatura ta, w zależności od rodzaju i właściwości surowca, podlega zmianom w zakresie 80÷90°C (*ibidem*). Po grawitacyjnym oddzieleniu uwolnionej w wyniku ogrzania wody, surowiec jest bądź prasowany, bądź wirowany w wirówkach dekantacyjnych do osiągnięcia około 50% zawartości suchej masy.

Jakościowy wpływ temperatury obróbki cieplnej i stopnia sprężenia podczas prasowania na zmianę zawartości suchej masy w odwadnianych surowcach rybnych jest znany – rośnie ona ze wzrostem temperatury obróbki wstępnej i stopniem sprężenia.

Natomiast wpływ ilościowy tych parametrów, zwłaszcza dla szerokiego zakresu ich zmian, nie został dotychczas zbadany i opisany. Celem prezentowanych badań było częściowe uzupełnienie tej luki poprzez określenie wpływu temperatury obróbki cieplnej na skuteczność odwadniania podczas prasowania z różnymi prędkościami paszowego surowca rybnego poddanego wstępnej obróbce termicznej.

### Materiał i metoda

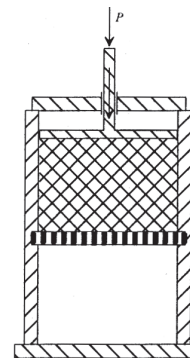
W badaniach z próbek surowca o przekroju 40 × 40 mm<sup>2</sup> i wysokości  $h = 80$  mm (masa  $m = 100$  g), wstępnie ogrzanych do zadanej temperatury, wyciskano ciecz prasując je (z trzykrotnymi powtórzeniami) z różnymi prędkościami w półotwartej komórce pokazanej na rys. 1.

Przyjęto następujące wartości parametrów stałych prasowania:

- powierzchnia czynna sita  $S_{cz} = 10\%$ ,
- średnica oczka sita  $\phi = 1$  mm,
- stopień rozdrobnienia: surowiec posiekany na kawałki o maksymalnym wymiarze 4÷5 mm,
- stopień sprężenia próbki podczas prasowania  $s = 4,5$ .

Badania oddzielania wody z surowca rybnego prowadzono według schematu obejmującego:

- rozdrobnienie surowca,



Rys. 1. Komórka półotwarta

- przeponowe ogrzanie rozdrobnionego surowca w łaźni wodnej typu SUB 14, umożliwiającej regulowane ogrzewanie kąpeli wodnej do temperatury 100°C z dokładnością  $\pm 1^\circ\text{C}$ , do temperatury 40°C, 60°C i 90°C,
- grawitacyjne oddzielenie wycieku termicznego na sicie o oczku  $\phi = 1$  mm w czasie  $t = 60$  s,
- odważenie, z dokładnością  $\pm 0,1$  g, na wadze WPT 3/C produkcji Zakładu Mechaniki Precyzyjnej RADWAG, masy próbki  $m = 100$  g, równoważnej jej stałej wysokości  $h = 80$  mm,
- prasowanie w komórce półotwartej (Rys. 1) próbek ogrzanych do zadanych temperatur oraz próbek surowca o temperaturze pokojowej (22°C) z prędkościami  $u = 0,00025$ ,  $0,0005$  i  $0,0075$  mm·s<sup>-1</sup> do stopnia sprężenia  $s = 4,5$  (skok tłoka komórki  $\Delta h = 62,4$  mm),
- oznaczenie (z trzykrotnym powtórzeniem) suchej masy w próbce po prasowaniu. Zawartość suchej masy oznaczano wg Procedury Badawczej PB006 Zakładu Chemii Żywności i Środowiska Morskiego Instytutu Rybackiego – Państwowego Instytutu Badawczego.

### Wyniki i dyskusja

Otrzymane w badaniach wyniki aproksymowano funkcją potęgową (modelem statystycznym) o postaci ogólnej:

$$sm = c_1 dT^{c_2} u^{c_3} \quad (1)$$

gdzie

$$dT = \frac{T}{100^\circ\text{C}} - \text{współczynnik temperaturowy [-]},$$

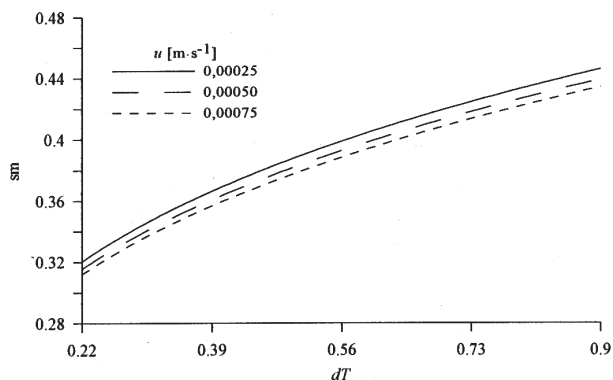
$$u - \text{prędkość prasowania [m·s}^{-1}\text{]}$$

i otrzymano:

$$sm = 0,381 dT^{0,235} u^{-0,022} \quad (2)$$

Współczynnik determinacji funkcji (2) wyniósł  $R^2 = 89,7\%$ .

Graficzną ilustracją modelu są wykresy pokazane na rys. 2. Wykresy ilustrują znaczący, w porównaniu z wpływem prędkości prasowania, wpływ temperatury wstępnej obróbki cieplnej surowca na stopień jego odwodnienia. W badanym zakresie zmienności prędkości prasowania, odpowiadającym prędkościom pras stosowanych w fabrykach mączki rybnej, trzykrotny spadek prędkości prasowania skutkuje niespełna 2% wzrostem końcowej zawartości suchej masy. Natomiast podgrzanie surowca od temperatury 22°C do 90°C skutkuje ponad sześciokrotnie większym wzrostem jej zawartości.



Rys. 2. Wpływ temperatury wstępnej obróbki cieplnej na stopień odwodnienia surowca rybnego podczas prasowania

Jednakże w świetle znanego zjawiska uwalniania cieczy podczas podgrzewania surowców pochodzenia biologicznego, należy podkreślić, że wzrost suchej masy w badanym surowcu jest wynikiem nie mechanicznego wyciskania cieczy, lecz również jej wycieku podczas wstępnej obróbki cieplnej.

Dla określenia ilościowych udziałów we wzroście zawartości suchej masy obu tych czynników, przeprowadzono z trzykrotnymi powtórzeniami pomiary zawartości suchej masy w próbkach surowca po ich ogrzaniu do temperatury, jak w badaniach prasowania i grawitacyjnym oddzieleniu wycieku termicznego. Wyniki pomiarów poddano obróbce statystycznej otrzymując:

$$sm_n = 0,334dT^{0,246} \quad R^2 = 99,2\% \quad (3)$$

gdzie:

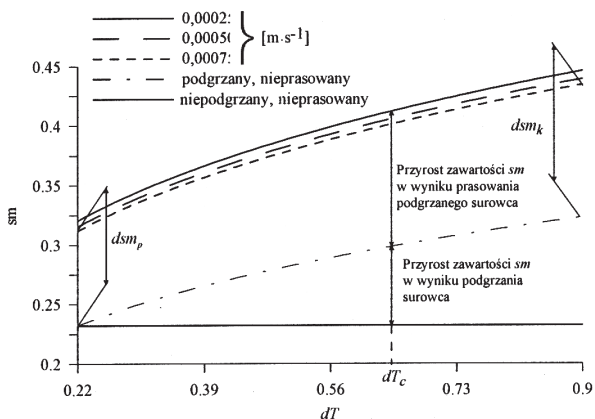
$sm_n$  – zawartość suchej masy w nieprasowanym surowcu ogrzany do zadanej temperatury.

Ponieważ wykładniki potęg parametru  $dT$  w równaniach (2) i (3) różnią się tylko nieznacznie, wyniki pomiarów zawartości suchej masy w surowcu podgrzanym i nieprasowanym poddano ponownej analizie aproksymując je funkcją potęgową o wykładniku takim samym, jak w (3) i otrzymano:

$$sm_n = 0,331dT^{0,235} \quad R^2 = 99,0\% \quad (4)$$

Wartość współczynnika  $R^2$  dla równania (3) świadczy, że równanie (4) równie dokładnie wyjaśnia kształtowanie się zmiennej  $sm_n$ , jak równanie (3).

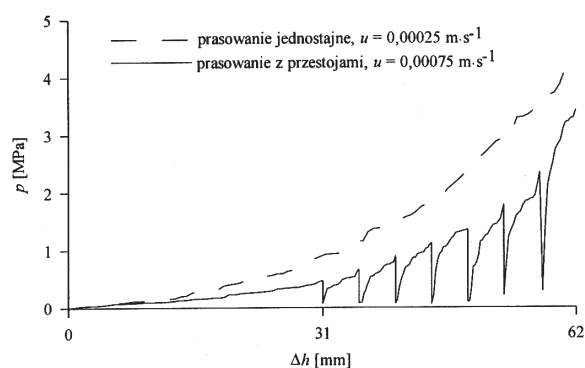
Równania (2) i (4) pozwalają dla dowolnego  $dT$  określić niezależnie od siebie wpływ obróbki cieplnej (surowiec podgrzany, nieprasowany) oraz połączonej cieplnej i mechanicznej (surowiec podgrzany, prasowany) na zawartość suchej masy w surowcu. Unaoczniają to sporządzone na bazie tych równań wykresy pokazane na rys. 3.



Rys. 3. Wpływ temperatury obróbki cieplnej na zawartość suchej masy w prasowanym i nieprasowanym rybnym surowcu paszowym

Analiza równań (2) i (4) pokazuje, jak dużą rolę odgrywa temperatura wstępnej obróbki cieplnej. Im jest ona wyższa, tym większy jest wyciek termiczny oraz większa ilość cieczy jest wyciskana podczas prasowania, przy czym przyrost zawartości suchej masy podczas wyciskania jest tym większy, im wyższa jest temperatura obróbki wstępnej ( $dsm_k > dsm_p$ ) (Rys. 3).

Stwierdzony słaby wpływ prędkości prasowania na jego wyrażaną zawartością suchej masy efektywność jest z praktycznego punktu widzenia bardzo korzystny. Umożliwia on bowiem bez obniżenia skuteczności oraz przepustowości operacji zastąpienie prasowania jednostajnego (prowadzonego ze stałą prędkością bez przerw) przez prasowanie przerywane. Po każdorazowym częściowym sprężeniu surowca następuje przerwa w prasowaniu, podczas której ma miejsce relaksacja występujących w surowcu naprężeń. Przerwy czasowe prasowania przerywanego można skompensować większą prędkością prasowania, dzięki czemu jego przepustowość będzie taka sama, jak prasowania jednostajnego. Praktycznym efektem prasowania przerywanego jest znaczące zmniejszenie ciśnienia prasowania, a więc i jego energochłonności [Dowgiałło, 2011].



Rys. 4. Ciśnienie prasowania jednostajnego i przerywanego w funkcji drogi prasowania

## Podsumowanie i wnioski

Podsumowując wyniki przeprowadzonych badań można stwierdzić, że:

- funkcja opisująca związek przyczynowo-skutkowy zachodzący podczas operacji prasowania wyciskającego ciecz z surowców rybnych, określona na podstawie statystycznej analizy wyników badań, nie jest równoznaczna z modelem matematycznym. Ma ona charakter wyłącznie statystyczny, lecz została zweryfikowana pod kątem zgodności z fizycznym charakterem zjawisk zachodzących podczas prasowania.
- podane funkcje stwarzają warunki do świadomego sterowania skutecznością stopnia odwadniania surowców rybnych podczas operacji prasowania,
- niewielki ujemny wpływ prędkości prasowania na skuteczność wyciskania cieczy z surowca rybnego pozwala, w połączeniu z wykorzystaniem zjawiska relaksacji naprężeń, na znaczące zmniejszenie ciśnienia wyciskania,
- aby zmniejszyć energochłonność operacji w wykorzystywanych prasach ślimakowych należy je wyposażyć w sprzęgła umożliwiające w sterowany sposób doprowadzanie i odcinanie ich napędu w celu umożliwienia prasowania pulsacyjnego.

## LITERATURA

- Dowgiałło A. 2011. Possibilities for lowering the amount of energy required for compression of biological materials. 2011 CIGR Section VI International Symposium on Towards a Sustainable Food Chain, Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management. Nantes, France, 18-20 April 2011, 178
- Niewiadomski H. 1993. *Technologia tłuszczów jadalnych*. PWN, Warszawa
- Sikorski Z. E., 2004. *Ryby i bezkręgowce morskie. Pozyskiwanie, właściwości i przetwarzanie*. WNT, Warszawa