

ENERGOCHŁONNOŚĆ KUTROWANIA SUROWCÓW MIĘSNYCH

Katarzyna Tkacz

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań energochłonności elektrycznej procesów rozdrabniania w kutrze mięsa wołowego i wieprzowego, przeznaczonego do produkcji wędlin. Zbadano wpływ rodzaju surowca oraz stopnia wypełnienia misy kutra farszem na jednostkowe wskaźniki energochłonności kutrowania mięsa. Stwierdzono, że energochłonność zależy od stopnia wypełnienia misy i jest najwyższa w przypadku wołowiny klasy III.

Słowa kluczowe: energochłonność, zużycie energii elektrycznej, wskaźniki energochłonności, rozdrabnianie mięsa, kutrowanie

WSTĘP

Przebieg procesów technologicznych w przemyśle spożywczym powinien być ściśle związany z optymalnym zużyciem energii [Górzyński 1998, Jennings 1998, Lewicki 1996, Langer i Mulert 1999]. Przemysł mięsny i procesy przetwórcze w nim wykorzystywane mają istotny udział w zużyciu energii w postaci energii elektrycznej, ulegającej przemianie do:

- energii mechanicznej potrzebnej do rozdrabniania, mieszania, transportu; – energii cieplnej potrzebnej do podgrzewania, sterylizacji, pasteryzowania, parzenia, wędzenia; – energii cieplnej w postaci „chłodu” do chłodzenia, oziębiania, zamrażania; – energii sprężonego powietrza do transportu pneumatycznego, pakowania, sterowania układów automatycznych [Budny 1993].

W niniejszej pracy przeanalizowano jeden z procesów rozdrabniania mięsa – kutrowanie, do którego wykorzystywana jest energia mechaniczna.

Kutrowanie dokonuje się w kutrze – urządzeniu umożliwiającym przeprowadzenie następujących operacji: rozdrabnianie, mieszanie, uwadnianie oraz emulgowanie tłuszczów. Praca kutra opiera się na połączeniu dwóch prostopadłych ruchów: poziomego misy i pionowego noży. Ruch noży służy do rozdrabniania, nawadniania i emulgowania surowca, a ruch misy do mieszania i podawania surowca pod noże. Element tnący działa na zasadzie klina. Krzywizna noża sprawia, że proces wbijania klina przebiega płynnie i powoduje cięcie surowca. Charakterystycznym dla procesu cięcia w pracy kutra

jest przemieszczanie się surowca i elementu tnącego, przy którym ruch zachodzi jednocześnie, poprzecznie i równoległe do ostrza.

Istotny wpływ na jakość farszu i wędlin ma kształt geometryczny krawędzi tnącej noża kutra. W kutrach przemysłowych spotyka się noże o bardzo zróżnicowanych kształtach krawędzi tnących. Z dotychczas wykonywanych badań kształtu geometrycznego krawędzi cięcia noży kutra wynika, że istnieje duża rozbieżność zdań i poglądów dotyczących zalecanego dla praktyki kształtu noży [Dolata 1988, 1989b, 1992].

Precyzując noże ze względu na zużycie energii elektrycznej, stwierdzono, że minimalne jej zużycie osiąga się przy kącie cięcia noża $\alpha = 50\text{--}60^\circ$ i wówczas równa się ono 0,7–0,8 wartości uzyskanej przy kącie $\alpha = 0^\circ$. Przy dalszym zwiększaniu kąta cięcia jednostkowe zużycie energii wzrasta i przy kącie cięcia $\alpha = 70^\circ$ osiąga wartość równą 1,20–1,25 wartości osiąganą przy $\alpha = 0^\circ$, a przy kącie cięcia $\alpha = 90^\circ$ wartość jego zbliża się do nieskończoności [Dolata 1988, 1998a].

Dobry efekt techniczny uzyskuje się przy stosowaniu noży o krawędzi tnącej w kształcie linii łamanej. W porównaniu z nożami sierpowymi skutkuje to mniejszym przyrostem temperatury w czasie kutrowania oraz mniejszym wyciekami w czasie obróbki cieplnej wędlin.

Można wysunąć zatem ogólny wniosek, że o jakości cięcia oraz oporach cięcia i tarcia w czasie kutrowania decydują głównie: kształt noża, kąt cięcia, powierzchnia tarcia noża o farsz oraz długość krawędzi tnącej [Dolata 1992, 1998a, b].

Jednym z istotnych czynników technicznych wpływających na jakość farszów oraz zużycie energii elektrycznej w czasie kutrowania jest liczba noży montowana na wale nożowym kutra. Zależy ona od możliwości konstrukcyjnych wału nożowego. Im większa średnica miski, tym więcej noży można montować na wale nożowym. Warunkiem dobrej pracy noża jest to, aby jego linia cięcia pokrywała się z promieniem miski kutra lub była jak najbliższej promienia. Dlatego przy stosowaniu większej liczby noży ważne jest, aby zachować najmniejszą odległość od noża umieszczonego wzdłuż promienia. Jeżeli następuje przemieszczenie noża od promienia, wówczas nóż musi być odpowiednio krótszy, co powoduje zwiększenie jego odległości od powierzchni wewnętrznej miski, a to pogarsza warunki cięcia [Dolata 1988, 1992, 1998a].

Na dużą uwagę zasługuje technika kutrowania ciągłego w kutrach przelotowych, które z surowca wstępnie rozdrobnionego na małe cząstki, np. 5–8 mm, są w stanie wytworzyć drobno rozdrobniony farsz podczas jego przejścia przez kuter lub homogenizować farsz już wykutrowany. Kutry takie są urządzeniami wysokowydajnymi. Ich możliwości przerobowe wynoszą nawet do $20 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$.

Produkcja masy kielbasianej lub farszu znajduje się w centrum zainteresowania działalności racjonalizatorskiej. Stopień racjonalizacji powinien przy tym wynikać z wydajności urządzeń, nakładów inwestycyjnych i amortyzacji oraz powinien stanowić optimum ekonomiczne. Przykładowo szerokość taśmy urządzenia załadownego do kutra powinna wynikać z pojemności miski kutra w zakładach rzemieślniczych i małych przedsiębiorstwach oraz z koncepcji zakładu o dużej wydajności. Należy ją powiązać z rodzajem stosowanego materiału i techniką maszynową. Automatyczny przebieg procesu wymaga podziału na szarże, których wielkość zależy od masy mięsa możliwej do wymieszania i dozowania za pomocą wag. W systemie tym wykorzystywane jest

sterowanie wagowe przygotowanych szarż za pomocą wag do mięsa i przypraw wraz z towarzyszącym temu załadowaniem kutra [Weinberg 1998].

Postęp technologiczny sprawił, że poprzez szereg kolejnych posunięć możemy dokładnie zbadać, przeanalizować i zoptymalizować zużycie energii w czasie procesów jednostkowych, by w przyszłości stworzyć model energetyczny opisujący cały proces produkcji.

Bardzo istotne prace w kierunku badania i optymalizowania zużycia energii w przemyśle mięsnym wykonali badacze z Nowozelandzkiego Instytutu Badań nad Mięsem [Lovatt i Kemp 1995]. Zbadali oni energochłonność 65 zakładów przetwórstwa mięsa w Nowej Zelandii, a następnie stworzyli oprogramowanie do obliczania energochłonności pracy zakładów. Na przykład zużycie energii elektrycznej opisali równaniami:

– zużycie energii elektrycznej: $6,57 + 0,337 \cdot \text{mięso} + 0,0439 \cdot \text{mięso}^2$, TJ ($r^2 = 0,782$, $s = 12,7$ TJ), gdzie mięso podane jest w tysiącach ton;

– zużycie energii = $-0,131 + 1,91 \cdot \text{EFW} + 0,0189 \cdot \text{EFW}^2$, TJ ($r^2 = 0,734$, $s = 14$ TJ), gdzie masa wyprodukowanego mięsa przedstawiona jest przez EFW (ekwiwalent masy zamrożonego mięsa) podany w tysiącach ton [Lovatt i Kemp 1995].

Celem pracy było wyznaczenie energochłonności procesu rozdrabniania mięsa w kutrze. Cel pracy realizowano poprzez pomiary wielkości elektrycznych podczas kutowania mięsa oraz ich analizę w dwóch aspektach:

- rodzaj surowca a energochłonność procesu kutowania,
- stopień wypełnienia misy farszem a energochłonność procesu kutowania.

METODY

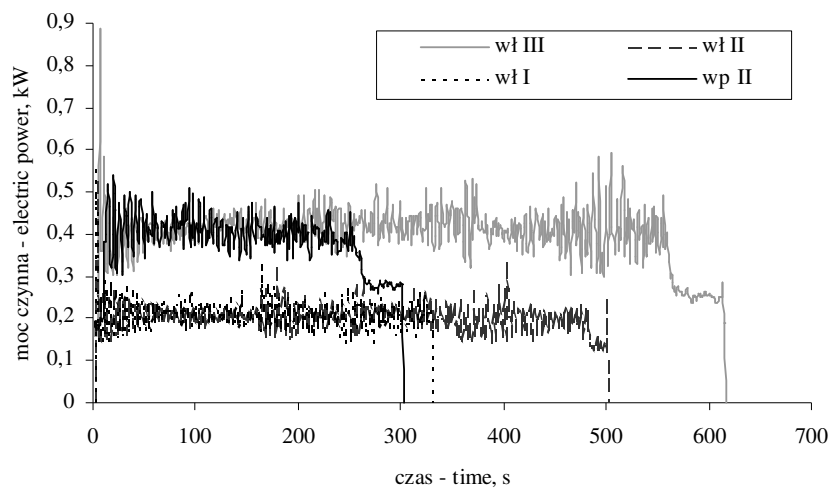
Badania przeprowadzono w skali laboratoryjnej, wykorzystując przystawkę do mięsa typu MKM 70 współpracującą z kutrem typu MMU-10z. Do doświadczenia zostało użyte mięso następujących klas: mięso wołowe kl. I, II i III oraz mięso wieprzowe kl. II, pochodzące z krajowego żywca rzeźnego. Rozdrabnianiu w kutrze misowym poddano surowiec wstępnie rozdrobniony w wilku przez siatkę o średnicy oczek 4 mm, stosując stopnie wypełnienia misy kutra farszem – 20, 40, 80% w odniesieniu do całkowitej objętości misy, która wynosiła 5 litrów.

W trakcie rozdrabniania mięsa wołowego i wieprzowego, w sposób ciągły rejestrowano moc czynną pobieraną przez kuter oraz zużycie energii elektrycznej. Do tego celu wykorzystano analizator mocy typu 2050 wyprodukowany przez Heme Limited, posiadający świadectwo Głównego Urzędu Miar RP T 0054.

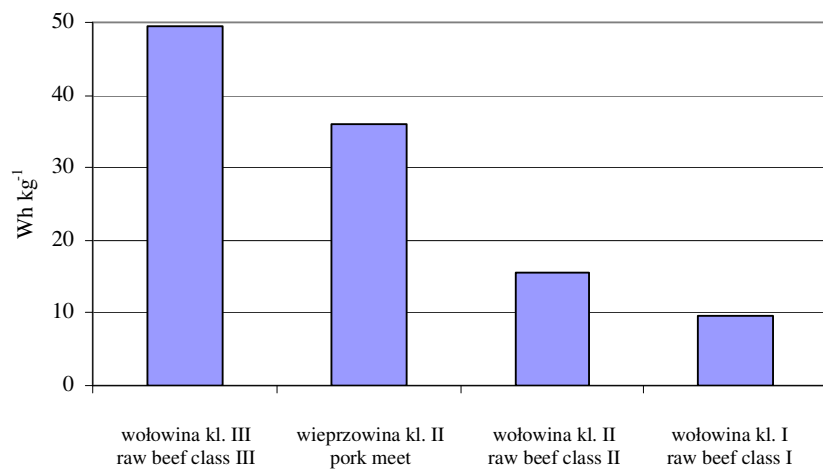
WYNIKI

Wpływ rodzaju surowca na energochłonność procesu rozdrabniania. Analizując zależność energochłonności procesu od rodzaju surowca, stwierdzono, że przy każdym badanym załadunku misy kutra, najwięcej energii elektrycznej wymagało rozdrobnienie mięsa wołowego kl. III, następnie mięsa wieprzowego kl. II, mięsa wołowego kl. II, a najmniej energochłonny był proces kutowania mięsa wołowego kl. I (rys. 4). Przy-

kładowe zmiany mocy czynnej przy 40% stopniu wypełnienia miski kutra przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Zmiany mocy czynnej podczas kutowania surowca mięsnego
Fig. 1. Changes of active power during cutting of the raw meat



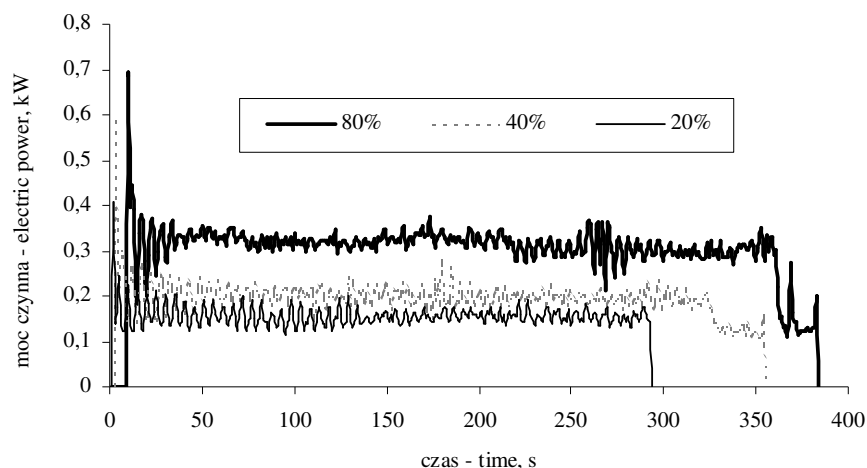
Rys. 2. Jednostkowe wskaźniki energochłonności rozdrabniania mięsa przy 40% stopniu wypełnienia miski kutra farszem
Fig. 2. Specific indicators of energy inputs on disintegration of meat at 40% loading of the cutter pan

Zależność ta została potwierdzona po wyznaczeniu jednostkowych wskaźników energochłonności (rys. 2).

Największe nakłady energii elektrycznej na rozdrobnienie 1 kg surowca, bo aż $44 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ przy 80% stopniu wypełnienia oraz $112 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ przy stopniu wypełnienia 20%, poniesiono podczas kutowania mięsa wołowego kl. III. Najmniejszym jednostkowym wskaźnikiem zużycia energii elektrycznej charakteryzował się proces rozdrabniania mięsa wołowego kl. I. Wskaźnik ten wyniósł $14 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ przy stopniu wypełnienia 20%, a $8 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ przy 80% stopniu wypełnienia (rys. 4). Zaobserwowano, że wartości wskaźników energochłonności były dużo większe przy rozdrabnianiu wołowiny kl. III i wieprzowiny kl. II w porównaniu z wołowiną kl. I i II (rys. 4).

Wpływ stopnia wypełnienia miski kutra farszem na energochłonność procesu kutowania. Na rysunku 3 przedstawiono zmiany mocy czynnej podczas kutowania mięsa wołowego klasy I przy wszystkich badanych stopniach wypełnienia miski kutra.

Po przeanalizowaniu badanych procesów stwierdzono istotny wpływ stopnia wypełnienia miski kutra na energochłonność procesu rozdrabniania.



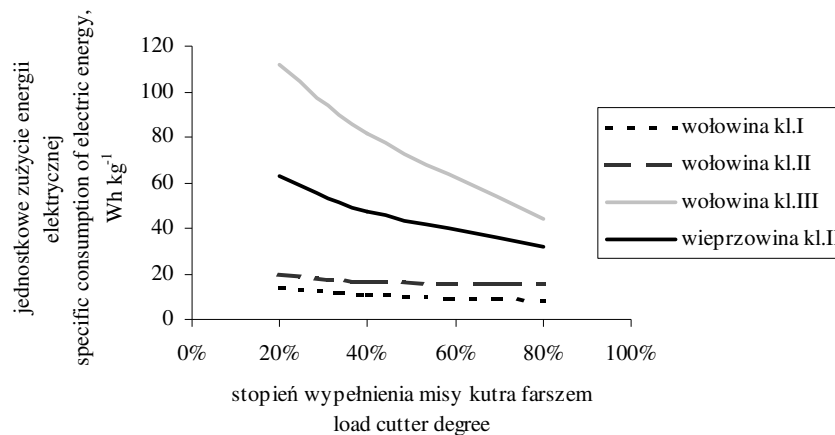
Rys. 3. Zmiany poboru mocy czynnej w procesie kutowania mięsa wołowego klasy I przy różnym stopniu wypełnienia miski kutra

Fig. 3. Changes in active power consumption in cutting process of the 1st class beef at different loads of the cutter pan

Bez względu na rodzaj badanego mięsa, najmniejsze jednostkowe wskaźniki zużycia energii elektrycznej zanotowano przy 80% wypełnienia miski kutra natomiast największe przy wypełnieniu 20%.

Różnice w energochłonności są szczególnie widoczne przy rozdrabnianiu wołowiny kl. III: $112 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ – 20% i $44 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ – 80% oraz wieprzowiny kl. II: $64 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ – 20% i $36 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ – 80% (rys. 4). Można z tego wnioskować, że energochłonność procesu przy 80% wypełnieniu miski kutra jest najmniejsza i może wpływać na obniżenie kosztów wytwarzania gotowego produktu.

Energochłonność rozdrabniania wołowiny kl. I i II jest mniejsza niż pozostałych mięs a różnice między 20 a 80% stopniem wypełnienia miski kutra farszem nie są tak wyraźne (rys. 4).



Rys. 4. Wpływ stopnia wypełnienia miski kutra na jednostkową energochłonność rozdrabniania mięsa
Fig. 4. Effect of cutter pan loading on specific energy consumption at cutting the meat

Energochłonność prowadzonych procesów rozdrabniania jest ściśle związana z budową strukturalną surowców mięsnych. Największe nakłady energetyczne zanotowano podczas rozdrabniania wołowiny kl. III, surowca o dużej zawartości tkanki łącznej, która wpływała na zwiększenie nacisku na elementy robocze urządzenia rozdrabniającego. Powodowało to najwyższe wartości zużycia energii elektrycznej. Znaczną energochłonnością charakteryzowało się rozdrabnianie wieprzowiny kl. II, co można tłumaczyć dużą zawartością tłuszczu w tym mięsie. Wpłynęło to na kształtowanie właściwości reologicznych farszu pozwalających na swobodne przemieszczanie się surowca w różnych układach tnąco-tłoczących i odpowiednio wysoki pobór mocy.

Najmniej energochłonny był proces rozdrabniania wołowiny klasy I nieścięgniętej, która posiadała delikatną i mało zwartą strukturę niepowodującą dużego obciążenia dla urządzenia.

WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że:

1. Najbardziej energochłonny wśród badanych klas mięs jest proces kutowania mięsa wołowego kl. III, następnie mięsa wieprzowego kl. II, mięsa wołowego kl. II, a najmniej energii elektrycznej potrzeba na kutowanie mięsa wołowego kl. I.

2. Energochłonność procesu rozdrabniania ściśle zależy od stopnia wypełnienia miski kutra farszem. Przy większym stopniu wypełnienia energochłonność procesu kutowania, wyrażona jednostkowym wskaźnikiem zużycia energii elektrycznej zmniejsza się wyraźnie podczas rozdrabnianiu wołowiny kl. III i wieprzowiny kl. II.

PIŚMIENNICTWO

- Budny J., 1993. Podstawowe zagadnienia racjonalizacji gospodarki energią w przemyśle spożywczym. *Gosp. Paliw. i Energ.* 12, 7–12, 15.
- Dolata W., 1988. Effect of knife cutting edge shape on electric energy consumption during meat comminution in a mechanical cutter. *Acta Alim. Polonica.* 14 (37), 139–143.
- Dolata W., 1992. Wpływ niektórych parametrów technicznych kutra na kształtowanie jakości farszów i wędlin oraz energochłonności kutrowania. *Rocz. AR w Poznaniu, Rozpr. Nauk.* 225.
- Dolata W., 1998a. Bewertung der technologischen Arbeitseffektivität von Kuttermessern. *Fleischwirtschaft* 78 (9), 933–944.
- Dolata W., 1998b. Ocena efektywności pracy noża kutra o różnych krawędzi tnącej. *Mięso i Wędł.* 6, 48–52.
- Górzynski J., 1998. Jak oszczędniej gospodarować energią. *Ekopr.* 7/8, 56–59.
- Jennings B., 1998. Energy Management. *Food Proc.* 3, 22–24.
- Langer M., Mulert T., 1999. Hochstlastoptimierung senkt Kosten. *Fleischwirtschaft* 5, 44–45.
- Lewicki P., 1996. Możliwości racjonalizacji zużycia energii w przemyśle spożywczym. *Gosp. Paliw. Energ.* 7, 12–15.
- Lovatt S. V., Kemp R. M., 1995. Survey of Utility Use the New Zealand Meat Industry for the 1993/94 Season. *Meat Ind. Res. Inst. N. Z. Publ.* 952.
- Weinberg H., 1998. Mehr Innovation und Information in der Fleischwirtschaft 78 (10), 1056–1059.

ENERGY CONSUMPTION AT CUTTERING OF MEAT RAW PRODUCTS

Abstract. Paper presented investigation results concerning electric energy consumption in the process of cuttering raw beef and pork meat provided to manufacturing of cured meat products. The specific energy consumption during meat disintegration in mechanical cutter were discussed as affected by the kind of raw meat and loading capacity of the cutter pan. It was stated that the energy consumption depends significant on the loading of the cutter pan and is highest in case of cuttering of the III rd class raw beef.

Key words: meat disintegration, cuttering, energy consumption, energy-input indices

Katarzyna Tkacz, Katedra Podstaw Techniki i Gospodarki Energią, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, plac Cieszyński 1/3, 10-957 Olsztyn, e-mail: ktacz@uwm.edu.pl