

WPLYW KSZTAŁTU KRAWĘDZI TNĄCYCH NOŻY NA ROZKŁAD TEMPERATURY W OBJĘTOŚCI FARSZU MIĘSNEGO

Jan Zwolak

Zakład Mechaniki, Konstrukcji i Technologii Maszyn, Uniwersytet Rzeszowski

Marek Szelaąg

Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy rozpatrywane są problemy związane z powstawaniem ciepła podczas procesu kutrowania. Autorzy w sposób szczegółowy opisują wybrane problemy z całości dość złożonego zagadnienia, którymi są: kształt noży (krawędź tnąca jednoelementowa, ze zmiennym promieniem krzywizny oraz krawędź tnąca wieloelementowa, składająca się z odinków prostych), prędkość obrotowa misy, prędkość obrotowa głowicy nożowej. Prezentowane w pracy wyniki uzyskano podczas badań doświadczalnych, stosując kuter laboratoryjny MADO Garant MTK 661, wyposażony w dwa komplety noży o różnych kształtach krawędzi tnących. W badaniach używano mięsa wieprzowego oraz dodatków smakowych i pekujących. W celu wykazania różnic występujących między efektami uzyskanymi w procesie kutrowania przy stosowaniu dwóch kompletów, noży przeprowadzono badania polegające na sporządzeniu dwóch farszów z tego samego surowca z zachowaniem jednakowych warunków technologii rozdrabniania. Za miarę generowanego ciepła przyjęto przyrost temperatury farszu mięsnego.

Słowa kluczowe: kutrowanie, temperatura farszu mięsnego, kształt ostrza noża

Wprowadzenie

Kutrowanie jest procesem bardzo złożonym zarówno z punktu widzenia przemian zachodzących w rozdrabnianym surowcu, jak i fizycznych zjawisk towarzyszących oddziaływaniu elementów roboczych na rozdrabniany materiał (Szelaąg, 2011). Jest najważniejszym etapem w procesie produkcji kiełbas drobno rozdrobnionych. Podczas kutrowania następuje rozdrobnienie surowca, wyekstrahowanie i uwodnienie białek mięśniowych, zemulgowanie tłuszczu oraz – w wyniku mieszania i homogenizacji – wyrównanie przestrzennej dyspersji wszystkich składników (Pisula i in., 2011). Podstawowymi czynnikami technicznymi wpływającymi na efekt kutrowania są: prędkość obrotowa noży i misy,

kształt geometryczny krawędzi tnącej noży, kąt i stopień zużycia ostrza noży, liczba i sposób zamontowania noży na wale nożowym, stopień wypełnienia misy (Dolata, 2001; Dolata i in., 2000; Fabian, 2010). Istotny wpływ na wzrost temperatury podczas kutrowania oraz 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, 1989, 1992). Biorąc pod uwagę kąt cięcia (α) i jego zależność od promienia określającego odległość punktu na krawędzi tnącej noża od osi obrotu według Bakunca (1967), można wprowadzić podział noży na następujące grupy:

- noże proste – dla których kąt cięcia w każdym punkcie ostrza jest równy zeru ($\alpha=0$),
- noże o linii prostej zbiegające się z promieniem obrotu, tzw. noże przyproste, których kąt cięcia zmniejsza się w miarę wzrostu promienia obrotu ($\alpha_1 > \alpha_2$),
- w kształcie wycinka okręgu, tzw. noże sierpowe, których kąt cięcia zwiększa się ze wzrostem promienia obrotu ($\alpha_1 < \alpha_2$),
- o krawędzi cięcia w postaci linii łamanej, tzw. noże łamane, których kąt cięcia na poszczególnych odcinkach prostych zmniejsza się wraz ze wzrostem promienia obrotu, w kształcie wycinka spirali logarytmicznej, tzw. noże logarytmiczne, charakteryzujące się stałym kątem cięcia we wszystkich punktach krawędzi tnącej noża ($\alpha_1 = \alpha_2$).

Oprócz parametrów kąta cięcia (α), Bakunc przedstawił warunki, jakie powinien spełniać dobrze rozdrabniający nóż kutra. Wspomniany kąt cięcia (α) powinien być jak najmniejszy; ze wzrostem promienia obrotu noża kąt cięcia powinien się zmniejszać lub w skrajnym przypadku być stały, lecz nie zwiększać się. Do cięcia tkanki łącznej, ścięgnistej, nóż powinien mieć minimalny kąt cięcia. Powierzchnia kontaktu noża z farszem powinna być jak najmniejsza. Spośród przedstawionego powyżej podziału noży warunki te w wystarczającym stopniu spełnia nóż o krawędzi prostej, zbiegającej się z promieniem obrotu, tzw. nóż przyprosty.

Inni autorzy prowadzący badania nad wpływem kształtu noża na efekt technologiczny kutrowania (Honikel i in., 1984) twierdzą, że najlepsze parametry procesu rozdrabniania uzyskuje się przy stosowaniu noży o krawędzi tnącej w kształcie linii łamanej. W porównaniu z nożami sierpowymi jest mniejszy przyrost temperatury w czasie kutrowania oraz wyciek w czasie obróbki cieplnej wędlin.

W niniejszej pracy przeprowadzono badania na dwóch kompletach noży; były to noże oryginalne o kształcie sierpowym oraz noże według projektu autorskiego, odpowiadające modelowi linii łamanej, z dodatkowo wykonanymi na powierzchni bocznej otworami mającymi wpływać na obniżenie temperatury uzyskiwanego farszu. Oceniono efekt pracy noży na podstawie przyrostu temperatury w czasie rozdrabniania mięsa.

Cel badań

Celem badań było określenie wpływu kształtu ostrza noży na obniżenie temperatury farszu podczas kutrowania.

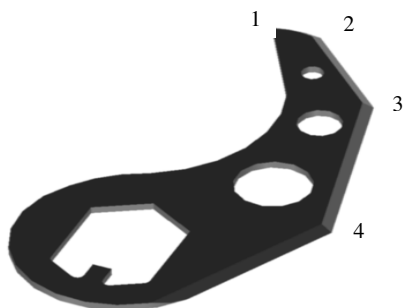
Materiał i metodyka badań

Charakterystyka techniczna kutra

W badaniach stosowano kuter laboratoryjny firmy MADDO Garant MTK 661. Podstawowe dane techniczne kutra przedstawiają się następująco: pojemność ogólna misy – 13 dm³, prędkość obrotowa noży regulowana dwustopniowo – 1400/2800 min⁻¹, prędkość obrotowa misy regulowana dwustopniowo – 12/24 min⁻¹, masa całkowita 110 kg.

Charakterystyka noży doświadczalnych

Wszystkie noże wykorzystane w doświadczeniu wykonane były ze stali nierdzewnej 4H13. Badane noże charakteryzowały się w obszarze ostrza twardością 500 HV 30. Kąt zaostrenia noży wynosił 20°. Każdorazowo na wale nożowym montowano trzy noże. Maksymalny promień obrotu noży wynosił 0,08 m. Nóż przedstawiony na rysunku 1 został opracowany przez autora. Obwiednia jego punktów charakterystycznych: 1, 2, 3, 4 odpowiada konturowi ostrza noża oryginalnego przedstawionego na rysunku 2.



Rysunek 1. Model przestrzenny autorskiego noża do kutra laboratoryjnego

Figure 1. A spatial model of the author's knife for a laboratory cutter



Rysunek 2. Model przestrzenny oryginalnego noża do kutra laboratoryjnego

Figure 2. A spatial model of the original knife for a laboratory cutter

Dodatkowo na powierzchni bocznej noża według projektu autora wprowadzono trzy otwory o zmiennej średnicy w celu ułatwienia odprowadzenia ciepła oraz przyspieszenia procesu mieszania farszu. Model noża przedstawiony na rysunku 2. reprezentuje nóż oryginalny sierpowy, mający ostrze jednoelementowe o linii łukowej, z maksymalnym promieniem obrotu 0,08 m.

Metodyka badań doświadczalnych

Badania prowadzono w skali półtechnicznej. Porównywano pracę dwóch kompletów noży, jeden o kształcie linii łamanej z otworami na powierzchni bocznej (rys. 1), drugi o kształcie sierpowym powstałym z jednej linii łukowej (rys. 2). Układ doświadczalny składał się z czujnika temperatury PT-100 podłączonego do miernika ELMETRON CP-551, który przez port RS komputera komunikował się z programem napisanym w środowisku Lab VIEW 2011. Interfejs programu umożliwiał zmianę częstotliwości pomiaru temperatury (domyślnie pomiar dokonywany był w sposób ciągły co 5 sek.) oraz zapis otrzymanych wyników do pliku tekstowego z możliwością ich edycji. Doświadczenie przeprowadzono w trzech powtórzeniach dla każdego kompletu noży.

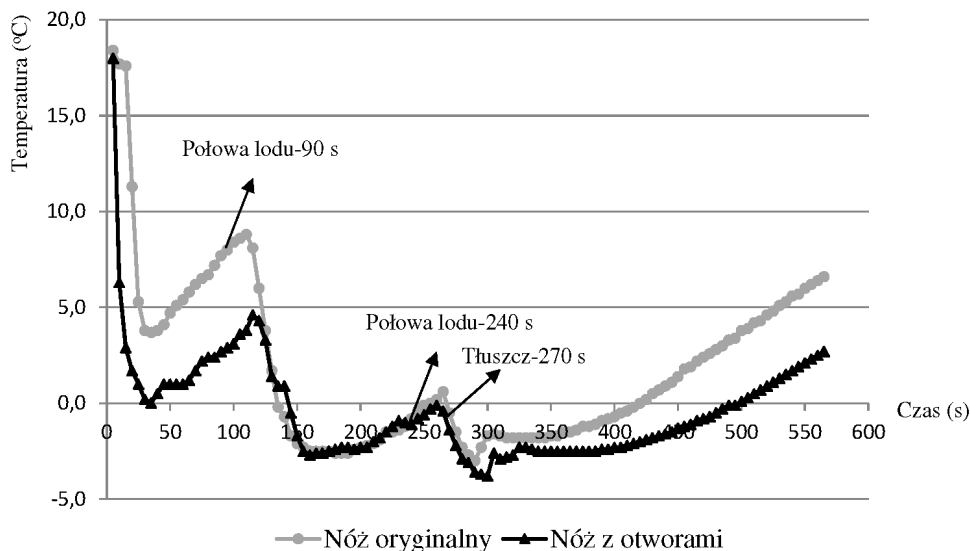
Materiał doświadczalny i przebieg procesu technologicznego

Surowcem do produkcji farszu modelowego było mięso wieprzowe łopatka 2,5 kg, słonina 1,65 kg, lód 0,8 kg, dodatki Vitakut VFe Parówka Burgundzka II–10 g·kg⁻¹, mieszanka peklująca – 16 g·kg⁻¹. Surowiec został poddany procesowi wstępnego rozdrobnienia w wilku laboratoryjnym przez siatkę o średnicy 8 mm i schłodzony do temperatury 0°C. Całkowity czas kutrowania wynosił 9 min. Odpowiednio po 1,5 min. kutrowania dodano połowę lodu, następnie po upływie 4 min. resztę lodu, a po 4,5 min. tłuszcz.

Wyniki badań

Przestawione na rysunku 3. dwie krzywe przedstawiają uśrednione zmiany temperatury z trzech powtórzeń w czasie 9 minut kutrowania dla noży o kształcie autorskim i oryginalnym. Początkowe 90 sek. pomiaru to unormowanie się temperatury w granicach 0-7°C. Kolejny przedział czasu stanowi przyrost temperatury wywołany oporami cięcia noży. W 90 s. kutrowania dodano połowę lodu, a temperatura farszu sporządzanego przy wykorzystaniu noży autorskich była niższa o 5°C w porównaniu z farszem rozdrabnianym nożami oryginalnymi i wyniosła 2,7°C. Kolejne 100 sekund pomiaru to znaczny spadek temperatury wywołany dodanym lodem. Krzywe dla badanych kształtów noży praktycznie się pokrywają, zachowując ten stan nawet po dodaniu reszty lodu w 240 s.

Dopiero dodany w 270 sek. tłuszcz eksponuje wyższość kształtu noża autorskiego nad nożem oryginalnym. Ten ostatni przedział pomiarów temperatury wykazał statystycznie istotny wpływ kształtu krawędzi tnących noży na zmianę temperatury farszu podczas kutrowania. Różnica temperatury w ostatniej sekundzie pomiaru była znacząca 3,9°C, temperatura końcowa farszu rozdrabnianego nożami według projektu autora wyniosła 2,7°C przy otrzymanych 6,6°C dla farszu rozdrabnianego nożami oryginalnymi. Prawdopodobnie tak znaczącą różnicę na korzyść noży autorskich spowodowały wprowadzone na ich powierzchni bocznej otwory, które przyczyniły się do lepszego odprowadzenia ciepła wywołanego oporami tarcia ciętego surowca.



Rysunek 3. Zmiana temperatury w czasie kutrowania
Figure 3. Temperature change during mechanical meat cutting

Wnioski

1. Temperatura farszu mięsnego w badaniach laboratoryjnych przy stosowaniu noży wg projektu autorskiego była niższa średnio o $2,4^{\circ}\text{C}$ w odniesieniu do stosowanych noży oryginalnych. Natomiast największa różnica w pomiarze temperatury wynosiła $3,9^{\circ}\text{C}$ na korzyść noży wg projektu autorskiego po czasie kutrowania 9 min.
2. Z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że największa różnica w temperaturze farszu mięsnego przy najdłuższym czasie kutrowania wynika stąd, iż kształt geometryczny noży oryginalnych ma większą zdolność kumulowania ciepła, aniżeli noże wg projektu autorskiego.
3. Istotne znaczenie dla obniżenia temperatury mają otwory na powierzchni bocznej noży autorskich; przyczyniają się one do szybszego odprowadzenia ciepła z ostrza noża oraz wpływają na równomierność wymieszania farszu.

Literatura

- Bakunc, G. (1967). K teorii obróbki farsza v kuttere i meshalke. Forma nożnej v kuttere. *Mjasn. Ind. SSSR*, T.1, 10-13.
- Dolata, W. (1988). Effect of knife cutting edge shape on electric energy consumption Turing 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 energochłonność kutrowania. *Rocz. AR w Poznaniu*, Rozpr. Nauk., 225.

- Dolata, W. (1998). Ocena efektywnoŝci pracy noży kutra o rŝożnych krawędziaĝh tnęcych. *Mięso i Wędliny*, 6, 48-52.
- Dolata, W.; Uchman, W. (2000). The estimation of technological effectiveness of the work of Hopper knives with the shear edge in the shape of circle segment. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 3(2), 146-158.
- Dolata, W. (2001). Wpływ warunkŝw kutrowania surowcŝw mięsnych i tłuszczowych na jakoŝć farszŝw i wędlin. *Mięso i Wędliny*, 3, 26-29.
- Fabian, M. (2010). Chłodzenie podczas kutrowania. *Gospodarka Mięсна*, 9, 17-23.
- Honikel, K.; Egginger, R. (1984). Einsatz verschiedener Kutmesser bei der Bruhwurstherstellung. *Fleischwirtsch*, 5(64), 518-520.
- Pisula, A.; Pospiecha, E. (red.). (2011). *Mięso – podstawy nauki i technologii*. Warszawa, SGGW, 245-246.
- Szelaĝ, M. (2011). Analiza teoretyczna procesu kutrowania w aspekcie termodynamicznym. *Inżynieria Rolnicza*, 4(129), 257-264.

IMPACT OF THE SHAPE OF CUTTING KNIVES EDGES ON DISTRIBUTION OF TEMPERATURE IN THE VOLUME OF MEAT STUFFING

Abstract. The paper considers issues related to production of heat during the process of mechanical meat cutting. The authors describe in detail the selected problems from the whole quite complicated issue, which are: shape of knives (one-element cutting edge with a variable radius of curvature and multi-element cutting edge composed of straight segments), rotational speed of a bowl, rotational speed of a cutterhead. The results presented in the paper were obtained by the authors during experiments, when they used a laboratory cutter MADO Garant MTK 661 equipped with two sets of knives of different shapes of cutting edges. Pork and taste pickling additives were used in the research. In order to prove differences between results obtained in the process of mechanical meat cutting with the use of two sets of knives research consisting in preparation of two stuffings from the same raw material with maintenance of the same conditions of cutting technology were carried out. Increase of meat stuffing temperature was accepted as a measure of the generated heat.

Key words: mechanical meat cutting, temperature of meat stuffing, shape of a knife's edge

Adres korespondencyjny:

Marek Szelaĝ; e-mail: Marek.Szelag@ur.krakow.pl
Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 122
30-149 Krakŝw