

NAKŁADY ENERGETYCZNE W PROCESIE PRODUKCJI MLEKA SPOŻYWCZEGO I PRZETWORÓW MLECZNYCH

Norbert Marks, Mirosław Gut

Katedra Techniki Rolno-Spożywczej, Akademia Rolnicza w Krakowie

Streszczenie. Badania dotyczyły oceny wielkości i struktury zużycia energii elektrycznej i ciepłej w procesach produkcji i przetwórstwa mleka. W badanych mleczarniach największy udział w produkcji mleka spożywczego i przetworów mlecznych ma energia cieplna. W przypadku mleka spożywczego waha się w granicach 79-91% całkowitych nakładów energetycznych poniesionych na wyprodukowanie 1m³ mleka. W przypadku serów udział ten wynosi od 89% do 97%, a śmietany i kefiru ok. 85%. Najwięcej energii elektrycznej w badanych mleczarniach zużywane jest w dziale „Kompresorownia”. Kolejnym działem pod względem zużycia energii elektrycznej jest dział „Galanteria”, gdzie pracują zazwyczaj homogenizatory i wirówki o dużej mocy.

Słowa kluczowe: nakłady energetyczne, mleko, przetwory mleczne

Wstęp

Produkcja mleka i przetworów mlecznych stanowi około 20% globalnej wartości produkcji rolniczej i około 30% towarowej produkcji zwierzęcej. Przeciętnie rocznie produkuje się w Polsce ponad 11,5 milionów litrów mleka [Rocznik Statystyczny 2003]. Przetworzenie takiej ilości mleka wymaga dużych nakładów energetycznych. Zakłady przemysłu mleczarskiego wykazują zapotrzebowanie na kilka rodzajów energii. Według Budnego [1993] są to:

- energia cieplna,
- energia mechaniczna,
- energia elektryczna,
- energia „chłodu”,
- energia sprężonego powietrza.

Poznanie struktury zużycia poszczególnych rodzajów energii w procesach produkcyjnych daje możliwość jej późniejszej racjonalizacji.

Cel, zakres i metodyka badań

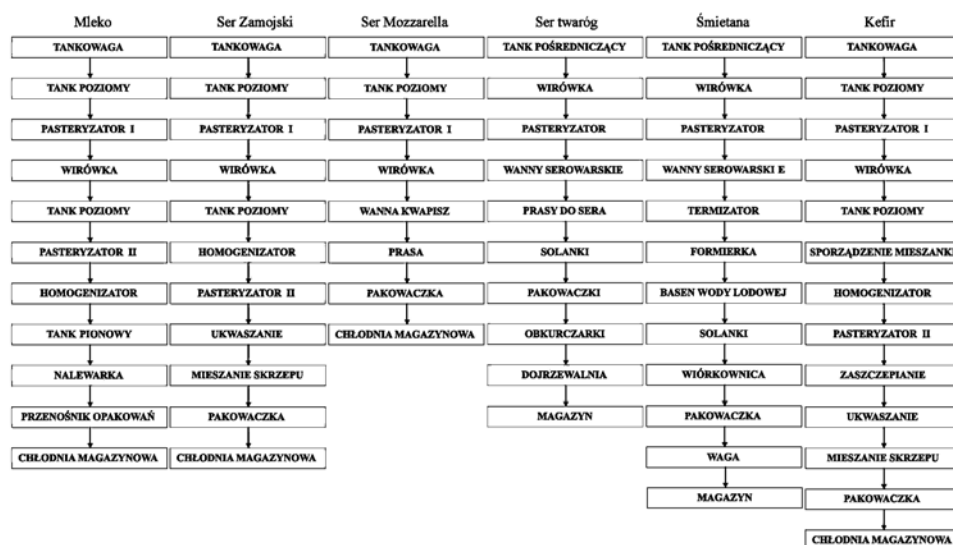
Celem pracy było określenie jednostkowego zużycia energii elektrycznej i ciepłej w poszczególnych działach mleczarni podczas produkcji mleka spożywczego, śmietany, kefiru i trzech rodzajów sera: Zamojskiego, Mozzarella i twarogu. Uwzględniono zużycie

różnych form energii podczas całego procesu produkcyjnego, zaczynając od wprowadzenia surowca, poprzez jego obróbkę i przemianę w produkt gotowy do magazynowania. Zakres pracy obejmował określenie nakładów energii elektrycznej i cieplnej w całych liniach produkcyjnych poszczególnych przetworów mlecznych.

Badania dotyczące energochłonności produkcji mleka spożywczego przeprowadzono w pięciu mleczarniach województwa małopolskiego w oparciu o dane techniczne maszyn zawartych w Dokumentacjach Techniczno-Ruchowych i analizą zgodności tych danych z faktycznym stanem zainstalowanych urządzeń w poszczególnych działach produkcji zakładu.

W celu określenia zużycia energii elektrycznej zmierzono czas pracy poszczególnych urządzeń, pobierających energię elektryczną. Na podstawie uzyskanych pomiarów sporządzono chronometrażę pracy urządzeń. W przypadku określenia zużycia energii cieplnej dokonano obliczeń na podstawie charakterystyk urządzeń pobierających ten rodzaj energii. Jako jednostkę porównawczą zużycia energii cieplnej i energii elektrycznej przyjęto $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ wyprodukowanego mleka spożywczego i jego przetworów.

W oparciu o powyższe założenia określono również energochłonność produkcji śmietany 18%, kefiru 2%, twarogu oraz serów: Zamojskiego i Mozzarella.



Rys. 1. Schematy blokowe poszczególnych linii technologicznych

Fig. 1. Block diagrams of each processing line

Do obliczeń zużycia energii elektrycznej wykorzystano czas pracy urządzeń i moc zainstalowaną w poszczególnych działach produkcji, którą określono na podstawie Dokumentacji Techniczno-Ruchowych i badań własnych. Podczas badań oraz obliczeń zużycia energii zostały uwzględnione tylko maszyny i urządzenia biorące bezpośredni udział

Nakłady energetyczne...

w procesach produkcji i przetwórstwa mleka. W związku z tym pominięto zużycie energii na oświetlenie działów produkcyjnych, a także energię pobraną przez urządzenia współpracujące z kotłem wytwarzającym energię cieplną. Pominięto również straty przesyłu występujące w instalacji ciepłej. Poniższa tabela przedstawia ilość surowca przetworzonego w okresie badawczym, wynoszącym 1 dzień dla każdego z produktów:

Tabela. 1. Ilość surowca przetworzonego w okresie badawczym
Table 1. Amount of raw material processed within the period of experiment

	Zakład 1 [m ³]	Zakład 2 [m ³]	Zakład 3 [m ³]	Zakład 4 [m ³]	Zakład 5 [m ³]	Zakład 6 [m ³]
Mleko spożywcze	8,05	13,575	15,0	15,0	-	-
Ser Zamojski	-	-	-	-	-	10,0
Ser Mozzarella	-	-	-	-	-	1,0
Twaróg	-	-	8,0	30,0	-	-
Śmietana	-	-	-	-	10,0	-
Kefir	-	-	-	-	9,5	-

Wyniki badań

Nakłady energetyczne podczas produkcji mleka spożywczego przedstawiono w tabelach 2 i 3:

Tabela. 2. Zestawienie średniodniowego jednostkowego zużycia energii elektrycznej podczas produkcji mleka spożywczego w poszczególnych działach produkcji
Table 2. Summary of average daily electric power consumption by various departments in consumer milk production process

Dział	Zakład 1	Zakład 2	Zakład 3	Zakład 4
	MJ·m ⁻³			
Odbiór mleka	1,1	1,1	1,2	0,4
Aparatownia	6,1	15,0	7,6	12,9
Galanteria	21,0	21,1	28,7	1,1
Rozlewnia	14,9	10,0	16,2	5,4
Kompresorownia	70,5	51,7	28,9	54,5
RAZEM	113,6	98,9	82,55	74,3

Źródło: Chmielarz 2001; Gut 2005; Michalik 2006; Obrzut 2005

Tabela. 3. Zestawienie średniodniowego jednostkowego zużycia energii cieplnej podczas produkcji mleka spożywczego

Table 3. Summary of average daily heat energy consumption in consumer milk production process

Urządzenie	Zakład 1	Zakład 2	Zakład 3	Zakład 4
	MJ·m ⁻³			
Pasteryzator I	184	184	351,5	276
Pasteryzator II	184	184	351,5	-
Myjka skrzynek	65	123	120	-
RAZEM	433	491	823	276

Źródło: Chmielarz 2001; Gut 2005; Michalik 2006; Obrzut 2005

Nakłady energetyczne podczas produkcji różnych rodzajów sera przedstawiono w tabelach 4 i 5:

Tabela. 4. Zestawienie średniodniowego jednostkowego zużycia energii elektrycznej podczas produkcji poszczególnych rodzajów sera

Table 4. Summary of average daily electric power consumption by various cheese product processing departments

Dział	Ser Zamojski	Ser Mozzarella	Twaróg Zakład 3	Twaróg Zakład 4
	MJ·m ⁻³			
Obiór mleka	0,8	0,8	1,2	0,4
Aparatownia	9,9	9,9	6,3	13,9
Serownia	10,7	5,7	0,0	0,0
Solanki	15,8	15,8	0,0	0,0
Pakowanie	5,5	2,1	0,0	0,8
Twarożkarnia	0,0	0,0	8,0	0,0
Kompresorownia	0,0	0,0	11,9	54,1
RAZEM	42,67	34,25	27,36	69,26

Źródło: Obrzut 2005; Zemla 2002; Żydróż 2004

Tabela. 5. Zestawienie średniodniowego jednostkowego zużycia energii cieplnej podczas produkcji poszczególnych rodzajów sera

Table 5. Summary of average daily heat energy consumption by various cheese product processing departments

Urządzenie	Ser Zamojski	Ser Mozzarella	Twaróg Zakład 3	Twaróg Zakład 4
	MJ·m ⁻³			
Pasteryzator	461,3	461,3	351,6	552,0
Wanna	211,4	96,1	127,2	0
Termizator	0	500,0	0	0
RAZEM	672,7	1057,4	478,8	552,0

Źródło: Obrzut 2005; Zemla 2002; Żydróż 2004

Nakłady energetyczne...

Nakłady energetyczne podczas produkcji śmietany i kefiru przedstawiono w tabelach 6 i 7:

Tabela. 6. Zestawienie średniodniowego jednostkowego zużycia energii elektrycznej podczas produkcji śmietany i kefiru w poszczególnych działach produkcji

Table 6. Summary of average daily electric power consumption by various process departments in production of sour cream and kefir

Dział	Śmietana	Kefir
	MJ·m ⁻³	
Odbiór mleka	0,54	0,54
Pasteryzacja mleka i mycie	13,86	13,86
Pasteryzacja śmietanki i mycie	12,16	12,16
Pasteryzacja śmietany /kefiru i mycie	47,73	47,65
Mieszanie	0,7	0,7
Pakowanie	0,7	7,69
Kompresorownia	195,93	195,93
Mycie CIP	0,55	0,55
RAZEM	272,17	279,08

Źródło: Michalik 2006

Tabela. 7. Zestawienie średniodniowego jednostkowego zużycia energii cieplnej podczas produkcji śmietany i kefiru

Table 7. Summary of average daily heat energy consumption by various process departments in production of sour cream and kefir

Urządzenie	Śmietana	Kefir
	[MJ/m ³]	[MJ/m ³]
Pasteryzator mleka	484,57	484,57
Pasteryzator śmietanki	646,1	646,1
Pasteryzator śmietany	484,57	0
Pasteryzator kefiru	0	484,57
Razem	1615,24	1615,24

Źródło: Michalik 2006

Podsumowanie

Badania wykazały, że najwięcej energii elektrycznej w badanych mleczarniach zużywane jest w dziale „Kompresorownia”. Ma to związek z ciągłą pracą i dużą mocą zainstalowanych urządzeń (zwłaszcza sprężarki amoniaku). Kolejnym działem pod względem zużycia energii elektrycznej jest dział „Galanteria”, gdzie pracują zazwyczaj homogenizatory i wirówki o dużej mocy. Pozostałe działy mają dużo mniejszy udział w ogólnym zużyciu energii elektrycznej poniesionej na wyprodukowanie 1m³ mleka spożywczego lub jego przetworów.

W badanych mleczarniach największy udział w produkcji mleka spożywczego i przetworów mlecznych ma energia cieplna. W przypadku mleka spożywczego udział tego rodzaju energii w procesie produkcji waha się w granicach 79-91% całkowitych nakładów energetycznych poniesionych na wyprodukowanie 1m^3 mleka. W przypadku serów udział energii cieplnej jest jeszcze większy i wynosi od 89% do 97% całkowitych nakładów energetycznych. Najbardziej energochłonnym rodzajem sera jest ser Mozzarella ($1091,6\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$), najmniej – twaróg w Zakładzie 3 ($506,2\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$).

Procesy produkcyjne śmietany i kefiru pod względem nakładów energetycznych są bardzo zbliżone do siebie i wynoszą ok. $1890\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$, podobnie jak i w przypadku udziału energii cieplnej w produkcji, który wynosi ok. 85%.

Energia cieplna w największym stopniu zużywana jest w dziale „Aparatownia”, gdzie instalowane są pasteryzatory płytowe będące głównym odbiorcą tego rodzaju energii w zakładzie.

Różnice w wielkości nakładów energetycznych wynikają z odmiennych mocy przerobowych, ilości i jakości skupowanego surowca, a także stanu parku maszynowego w zakładach. Ogromny udział energii cieplnej w procesach produkcyjnych spowodowany jest koniecznością poprawy jakości surowca poprzez zabiegi pasteryzacji i repasteryzacji mleka, a także niską sprawnością urządzeń do wytwarzania energii cieplnej [Budny 1993]. Jak podaje Budny [1998], w polskich zakładach mleczarskich można spotkać kotły o sprawności nie przekraczającej 30%.

Całkowite nakłady poniesione na produkcję mleka kształtują się na poziomie $350\text{--}905\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$, serów $506\text{--}1091\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$, śmietany i kefiru blisko $1900\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$. Wojdalski i Malejko [1998] podają zakres średniorocznych nakładów energii elektrycznej i cieplnej na poziomie $907\text{--}2732\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$. Możemy więc zauważyć obniżenie energochłonności produkcji w badanych mleczarniach, spowodowane głównie modernizacją zakładów i ich wyposażaniem w nowoczesne, wysokowydajne i o dużej sprawności urządzenia. Największe oszczędności i racjonalizacja zużycia energii możliwe są w obrębie energii cieplnej, której udział w procesach produkcyjno – przetwórczych w zależności od produktu finalnego wynosi 79–97%.

Bibliografia

- Budny J.** 1993. Zakład mleczarski jako użytkownik i wytwórca energii, cz. II. Przegląd mleczarski 5, s. 17-18.
- Budny J.** 1998. Zmiany w gospodarce energią w okresie modernizacji polskiego mleczarstwa, cz. I., Przegląd Mleczarski 7, s. 23-24.
- Chmielarz W.** 2001. Analiza nakładów energetycznych w produkcji mleka spożywczego na przykładzie wybranego zakładu mleczarskiego. Praca magisterska, AR w Krakowie.
- Gut M.** 2005. Energochłonność produkcji mleka spożywczego w wybranym zakładzie mleczarskim. Praca magisterska, AR w Krakowie.
- Michalik T.** 2006. Analiza nakładów energetycznych w produkcji śmietany i kefiru na przykładzie wybranego zakładu mleczarskiego. Praca magisterska, AR w Krakowie.
- Obrzut T.** 2005. Rękopis pracy dyplomowej. Akademia Rolnicza w Krakowie.
- Wojdalski J., Malejko B.** 1988. Problemy gospodarki energią w przemyśle mleczarskim. Przegląd Mleczarski 2, s. 11.

- Zemla P.** 2002. Analiza nakładów energetycznych na produkcję przetworów mlecznych na przykładzie Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej w Miechowie. Praca magisterska, AR w Krakowie.
- Zydroń M.** 2004. Energochłonność produkcji serów dojrzewających i parzonych na przykładzie Spółdzielni Mleczarskiej w Brzesku. Praca magisterska, AR w Krakowie.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej. GUS, Warszawa 2003.

USE OF POWER RESOURCE IN CONSUMER MILK AND DAIRY DERIVATIVE PRODUCT PROCESSING

Summary. This research pertained to magnitude and structure of both electric power and heat energy use in processing of milk and dairy products. Heat energy has the highest share in milk and dairy product processing in the dairy farms selected for research. In case of consumer milk it remains within the range of 79 to 91% of total power utilities used to produce 1 sq.m of milk. In case of cheeses it stays within 89 to 97%, and for sour cream and kefir amounts to about 85%. The highest use of electric power is limited to the plant's "compressor room". Next increased use of this type of utility is at the processing and packing departments equipped with homogenizers and high duty centrifuges.

Key words: power resources use, milk, dairy products

Adres do korespondencji

Mirosław Gut; e-mail: miroslawgut@wp.pl
Katedra Techniki Rolno-Spożywczej
Akademia Rolnicza w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków