

ENERGOCHŁONNOŚĆ PRODUKCJI POWIDŁA ŚLIWKOWEGO

Kazimierz Rutkowski

Katedra Inżynierii Rolniczej i Informatyki, Akademia Rolnicza w Krakowie

Streszczenie. Badania przeprowadzone zostały w zakładzie przetwórstwa owocowo-warzywnego dostosowanego do przerobu wielu rodzajów owoców i warzyw. W niniejszym artykule określono wielkości bezpośrednich nakładów energetycznych materiałowych i surowcowych przy produkcji powidła śliwkowego.

Słowa kluczowe: powidło śliwkowe, zużycie energii, nakłady robocizny, przecier

Wstęp

Znacząca rola przemysłu spożywczego wynika przede wszystkim z jego decydującego wpływu na zaopatrzenie ludności w żywność wysoko przetworzoną.

Należy zwrócić uwagę na duże powiązanie przemysłu spożywczego z rolnictwem ponieważ ma on wpływ na racjonalne wykorzystanie plodów rolnych. Od potencjału produkcyjnego i magazynowego przemysłu spożywczego zależy wielkość ponoszonych strat w rolnictwie.

Zakłady przetwórstwa owocowo-warzywnego są zlokalizowane przeważnie w bazach surowcowych. Natężenie produkcji przypada w okresie największego nasilenia prac w rolnictwie. Aby przerobić dużą masę surowca projektuje się linie technologiczne o coraz większej wydajności, wysokim stopniu mechanizacji i automatyzacji. Trzeba jednak zauważyć wysoki stopień energochłonności produkcji w przemyśle spożywczym stanowiącym 8% ogólnego zużycia energii przez wszystkie gałęzie przemysłu w naszym kraju, dlatego też istnieje konieczność monitorowania zużycia energii w procesach produkcyjnych [Lewicki 1994].

Ilość zużywanej energii w procesach wytwórczych określa się dla całego przemysłu lub odrębnych zakładów produkcyjnych. Najczęściej oblicza się bezpośrednie nakłady energii niezbędne do wytworzenia produktu. Oprócz bezpośredniego zużycia energii do wyprodukowania wyrobu gotowego można również określać zużycie skumulowane, które jest sumą nakładów energetycznych poniesionych w danym zakładzie produkcyjnym i poza nim. Na energochłonność skumulowaną w zakładach przemysłu spożywczego ma niebagatelny wpływ wzrost stopnia przetworzenia surowców i półproduktów [Wojdalski i in. 1998]. W ogólnym bilansie energetycznym przetwórstwa spożywczego nacechowanego dużą ilością asortymentu, różnorodnością procesów i operacji należy uwzględnić szereg strumieni energetycznych, oraz czynników, które mają znaczący wpływ na wynik końcowy zużycia energii [Bujak T. 1992; Wojdalski 1998; Lewicki 1994; Pimpicki 1996].

Cel i zakres badań

Tradycyjny sposób wytwarzania powidła śliwkowego cechuje niewielki udział dodawanych środków chemicznych. Trwałość powideł, mimo ich niezbyt wysokiego ekstraktu, spowodowana jest zwiększoną koncentracją kwasów w stosunku do użytego surowca, wynikającą ze stopnia zagęszczenia. Produkt taki cieszy się na rynku coraz większym zainteresowaniem. Z żywieniowego punktu widzenia powidła są produktem wartościowym, szczególnie powidła niedosładzane, ponieważ w 1 kg wyrobu gotowego znajduje się co najmniej 2 kg owoców. W związku z tym istnieje możliwość uzyskania wysokich cen za dostarczony na rynek produkt. Temu zagadnieniu zatem winno poświęcić się więcej uwagi. Prześledzenie procesu pod względem zużycia energii oraz dokładna analiza pozwoli na wyciągnięcie wniosków zmierzających do zmniejszenia nakładów energetycznych.

Celem pracy jest określenie wielkości nakładów energetycznych przy produkcji powidła śliwkowego z owoców świeżych na linii produkcyjnej oraz analiza procesu wytwarzania pod względem nakładów energetycznych.

Zakres pracy obejmuje prześledzenie procesu technologicznego produkcji powidła, analizę zużycia materiałów i surowców, energii dostarczonej w postaci ciepła (para technologiczna), energii elektrycznej, oraz mechanicznej (w tym materiałów pędnych) jak też nakładów robocizny. Mimo to, że zakład przetwarza różnorodny asortyment owoców, zakres objęty badaniami dotyczy przetwarzania śliw na powidła.

Metodyka pomiarów

Badania wielkości nakładów energetycznych określono w oparciu o kartę procesu technologicznego. Na poszczególnych odcinkach linii procesu produkcyjnego prowadzono szczegółowy zapis czasu pracy wszystkich występujących na linii urządzeń, ilości zużytych nośników energetycznych, ilości podawanego surowca, ilości zużywanych materiałów, zużycia wody, oraz liczbę i czas pracy pracowników.

Ze względu na uniwersalność linii produkcyjnej, której wydajność na poszczególnych odcinkach procesu była inna niż wynikało to z procesu przerobu śliwy, określono stopień wykorzystania poszczególnych ogniw procesu produkcyjnego. Na tych ogniwach produkcyjnych, gdzie brak było możliwości pomiaru zużycia energii elektrycznej posłużono się kluczem w którym uwzględniono efektywny czas pracy, moc zainstalowanego silnika, maksymalną wydajność poszczególnych segmentów linii technologicznej oraz współczynnik wykorzystania mocy. Obliczając energię zużytą do procesu w oparciu o moc i czas pracy urządzeń otrzymano teoretyczne zużycie energii.

Porównując uzyskane wartości z odczytem zużycia energii na liczniku pomiaru uzyskano różnicę wartości wynikającą ze stopnia wykorzystania mocy zainstalowanych urządzeń. W ten sposób wyznaczono współczynnik wykorzystania mocy napędowej dla całej linii produkcyjnej oraz dla każdego z ogniw.

Energochłonność produkcji...

Wielkość obliczono ze wzoru:

$$E_E = N_E \cdot T_{07} \cdot \omega \quad [\text{kWh}] \quad (1)$$

gdzie:

- N_E – moc efektywna silnika [kW],
- E_E – nakłady energetyczne [kWh],
- T_{07} – eksploatacyjny czas pracy,
- ω – współczynnik obciążenia silnika.

Ilość ciepła dostarczonego w postaci pary obliczono ze wzoru:

$$Q_{2,i} = W_I \cdot i \quad [\text{kJ}] \quad (2)$$

gdzie:

- W_I – masa dostarczonej pary,
- i – entalpia pary.

W miejscach, gdzie brak było możliwości przeprowadzenia pomiaru przeprowadzono obliczenia teoretyczne wg przyjętej metodyki, którą następnie zweryfikowano z wynikiem całkowitego zużycia ciepła.

Jednostkowe nakłady energetyczne obliczono ze wzoru;

$$E_{Ej} = \frac{E_E}{t} \quad [\text{kWh} \cdot \text{t}^{-1}], \quad (3)$$

gdzie:

- E_{Ej} – nakłady energetyczne [kWh],
- t – wydajność produkcji [t].

Nakłady robocizny obliczono wg wzoru;

$$R = i_{os} \cdot T_{07} \quad [\text{rbh}] \quad (4)$$

gdzie:

- i_{os} – ilość osób pracujących,
- T_{07} – eksploatacyjny czas pracy [h].

Chronometraż pracy poszczególnych ogniw linii prowadzono przez 5 dni.

Wyniki badań i ich analiza

Zakład pozyskuje surowiec w okresie letnim od lokalnych plantatorów. W przypadku niewystarczającej ilości kupuje owoce w regionalnych punktach skupu. W okresie zimowym surowiec jest pozyskiwany z przygotowanych w sezonie półproduktów oraz z chłodni.

W produkcji powidła śliwkowego wyróżniono 5 etapów:

- obróbkę wstępną surowca,
- obróbkę termomechaniczną,
- produkcję przecieru,
- koncentrację przecieru,
- utrwalanie i rozlew gotowego wyrobu.

Schemat blokowy procesu produkcji powidła śliwkowego przedstawiono na rys. 1.

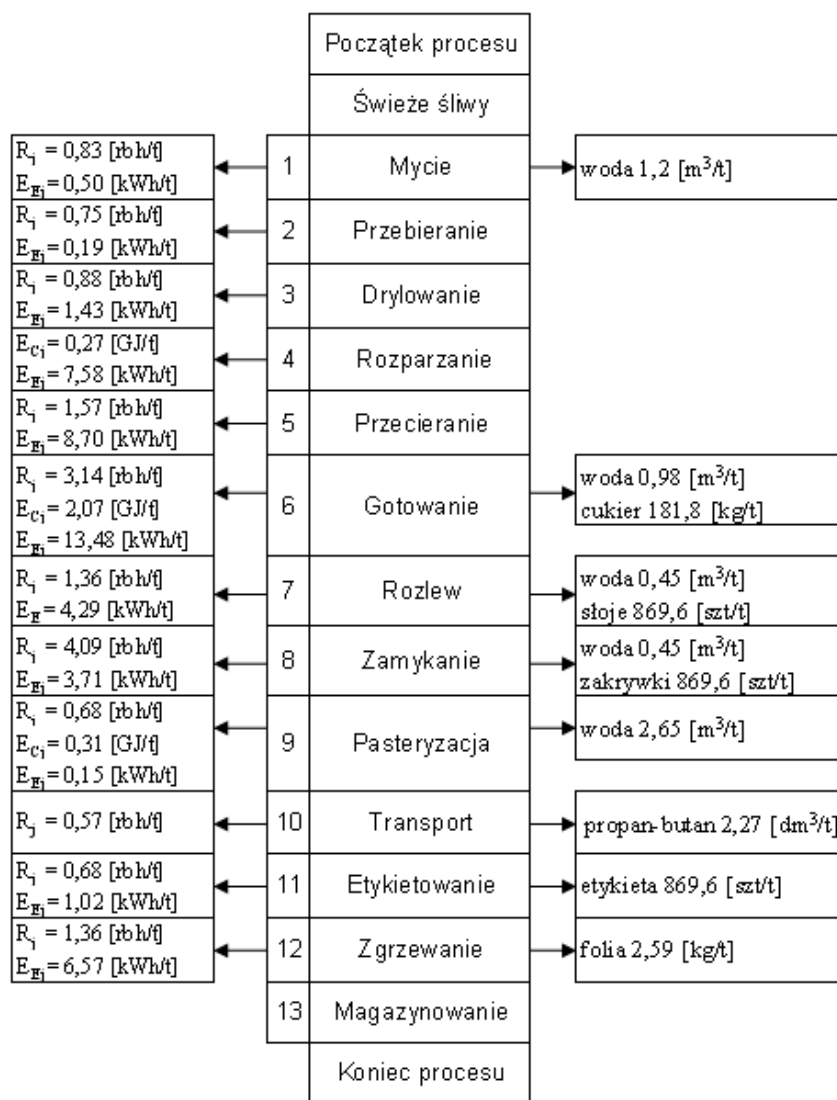
Śliwy dostarczane są do zakładu w drewnianych lub plastikowych skrzynkach, układane na paletach, skąd następnie transportuje się je wózkiem widłowym do linii przerobu. Śliwy myje się w myjce wibracyjnej, skąd kierowane są na przenośnik taśmowy gdzie następuje selekcja manualna owoców nie nadających się do dalszego przerobu. Mycie i przebieranie są bardzo ważnymi elementami obróbki wstępnej surowca i w dużym stopniu decydują o jakości gotowego wyrobu. Kolejnym etapem jest drylowanie polegające na oddzieleniu pestek od miąższu śliw. Wydzielona pestka staje się odpadem.

W celu ułatwienia procesu rozparzania dokonuje się rozdrabniania śliw. Rozdrabnianie śliw przeprowadza się w rozdrabniaczu w ten sposób uzyskuje się zmniejszenie objętości surowca co ułatwia dalsze operacje technologiczne, m.in. ogrzewanie miazgi, przecieranie i jej transport. Podgrzewanie miazgi odbywa się w rozparzaczach w którym utrzymywana jest temperatura 85÷90°C. Urządzenie to pracuje w systemie ciągłym, ogrzewane jest parą technologiczną. W rozparzaczach następuje rozmiękczenie surowca za pomocą pary wodnej kierowanej bezpośrednio do surowca. Rozparzony surowiec kierowany jest na sita w wyniku czego otrzymywany jest przecier. Czas rozparzania wynosi 15 minut. Pojemność rozparzacza wynosi 300 dm³. Do przecierania miazgi stosuje się przecieraczkę 2-stopniową. W przecieraczkach miazga podlega 2-krotnemu przetarciu przez sita o średnicy oczek 1,5 mm, a następnie przez sito o średnicy oczek 0,75 mm.

Tak przygotowany przecier kierowany jest do urządzenia wyparowego, gdzie następuje gotowanie powidła. Gotowanie rozpoczyna się od wciągnięcia określonej ilości przecieru, odparowaniu wody do uzyskania wymaganego ekstraktu i uzupełnieniu wyparki kolejnym ładunkiem przecieru.

Gdy już zostanie wprowadzony ostatni ładunek przecieru śliwkowego do wyparki i nastąpi odparowanie wody do wymaganego ekstraktu wówczas dodaje się do wyparki cukier w celu uzyskania ekstraktu jaki jest wymagany wg normy co stanowi nie mniej niż 55%.

Ugotowane powidło transportowane jest z wyparki za pomocą rurociągu do rozlewaczki karuzelowej, która rozlewa powidło śliwkowe na gorąco do słoików szklanych TO-900. Słoje z powidłem przemieszczają się do zamykarki gdzie następuje nadanie wieczka i zakręcenie słoja. Zamknięte słoje z powidłem układa się ręcznie w kontenerach. Po każdej warstwie słoików nakłada się przekładkę z tworzywa sztucznego aby nie doszło do porysowania wieczek przez słoje znajdujące się w warstwie wyższej oraz w celu uzyskania sztywności ładunku. Następnie słoje z powidłem przewożone są wózkiem widłowym do pasteryzatora wannowego, gdzie pasteryzuje się powidło w temperaturze 98°C przez 60 minut. Po utrwaleniu produktu w procesie pasteryzacji słoje z powidłem schładza się za pomocą wody aby uzyskać temperaturę otoczenia.



Źródło: badania własne

Rys. 1. Wielkość nakładów energetycznych, robocizny oraz materiałowych w poszczególnych ogniwach procesu produkcji powidła śliwkowego w słojach: R_j – jednostkowe nakłady robocizny [rbh·t⁻¹], E_{Ej} – jednostkowe nakłady energii elektrycznej [kWh·t⁻¹], E_{Cj} – jednostkowe nakłady pary technologicznej [GJ·t⁻¹].

Fig. 1. Power consumption, labour and material costs in each production phase of plum butter in jars: R_j – unit labour cost [m·h·t⁻¹], E_{Ej} – unit power and utilities cost [kWh·t⁻¹], E_{Cj} – unit process steam cost [GJ·t⁻¹].

Śledząc poszczególne strumienie energetyczne (rys. 1) w procesie technologicznym produkcji powidła śliwkowego zauważa się, że największy udział stanowi ciepło dostarczone do procesu w postaci pary. Ilość ciepła w przeliczeniu na jednostkę produkcji wynosi $2,65 \text{ GJ}\cdot\text{t}^{-1}$. Najwięcej ciepła bo aż 78% zużywane jest przy zagęszczaniu powideł. Energia elektryczna zużywana do procesu wynosi $47,62 \text{ kWh}\cdot\text{t}^{-1}$, co stanowi 6,2% bezpośrednich nakładów energetycznych.

Analizując wykorzystanie poszczególnych maszyn i urządzeń zainstalowanych na linii produkcyjnej można zauważyć, że istnieje możliwość zaoszczędzenia energii elektrycznej w szczególności przy zmianie napędu przenośników. Gdyby do napędu wykorzystać sterowanie prędkości obrotów silnika przy pomocy falownika można automatycznie dobrać prędkość przenośnika do wydajności pozostałych maszyn. Obecnie przenośniki mają stałą prędkość a przemieszczanie się produktu jest wyhamowywane przez poślizg na przenośnikach płytkowych. Prowadząc obserwację poszczególnych czynności na linii produkcyjnej można zauważyć, że wydajność zainstalowanych urządzeń nie jest w pełni wykorzystywana. Do takich urządzeń można zaliczyć: etykieciarke, której nominalna wydajność wynosi $5000 \text{ szt}\cdot\text{h}^{-1}$ a jest wykorzystywana w 36%. Powodem tak niskiego współczynnika wykorzystania jest następne ogniwo linii, mianowicie urządzenie foliujące które wykonuje sześć cykli na minutę zatem jego wydajność wynosi $2160 \text{ szt}\cdot\text{h}^{-1}$.

Analizując bezpośrednie nakłady robocizny zauważa się, że są one stosunkowo wysokie i w przeliczeniu na jednostkę produkcji wynoszą 16,91 rbh. Powodem tego stanu jest niski poziom automatyzacji linii produkcyjnej. Śledząc procentowy udział robocizny w procesie produkcji zauważa się, że największy udział stanowi praca przy zamykaniu słoï bo aż 24%, drugim pod względem pracochłonności jest złożony proces zagęszczania, który stanowi prawie 19% całkowitych bezpośrednich nakładów robocizny. Śledząc cykl produkcyjny można stwierdzić, że objęta badaniami linia produkcyjna winna być uzupełniona elementami automatyki co pozwoliłoby znacznie obniżyć jednostkowe nakłady energetyczne.

W zestawieniu materiałów i surowców nie uwzględniano materiałów pomocniczych niezbędnych do funkcjonowania zakładu produkcyjnego ani też udziału budynków, budowli jak też maszyn i urządzeń. Uwzględniono tylko materiały użyte bezpośrednio w procesie produkcji. Wielkości tych nakładów przedstawiono na rys. 1.

Wnioski i stwierdzenia

1. Automatyka linii produkcyjnej nie wpływa na jednostkowe nakłady energetyczne.
2. Sterowanie prędkością obrotów silnika do napędu przenośników umożliwia znaczną oszczędność energii elektrycznej.
3. Jednostkowe zużycie ciepła w postaci pary wodnej w przeliczeniu na jednostkę produktu (powidła śliwkowego) wynosi $2,65 \text{ GJ}\cdot\text{t}^{-1}$
4. Jednostkowe zużycie energii elektrycznej w procesie produkcji powidła śliwkowego wynosi $47,62 \text{ kWh}\cdot\text{t}^{-1}$ produktu.
5. Nakłady robocizny przy produkcji powidła śliwkowego wynoszą 16,9 rbh $\cdot\text{t}^{-1}$.
6. Zużycie wody podczas produkcji powidła śliwkowego wyniosło $5,75 \text{ m}^3\cdot\text{t}^{-1}$.

7. Jednostkowe zużycie materiałów pomocniczych w przeliczeniu na tonę produktu jakie poniesiono przy produkcji powidła śliwkowego wynosi odpowiednio:
- | | |
|----------------------------|--|
| zużycie cukru – 181,8 kg | zużycie wieczek – 869,6 szt. |
| zużycie folii – 2,59 kg | zużycie etykiet – 869,6 szt. |
| zużycie słoje – 869,6 szt. | zużycie propan-butanu – 2,27 dm ³ |

Bibliografia

- Bujak T.** 1992. Stan i uwarunkowania gospodarki energetycznej w przemyśle spożywczym oraz jej wpływ na środowisko naturalne (na przykładzie wybranych przedsiębiorstw). Warszawa, Instytut Ekonomiki Rolnej i Gospodarki Żywnościowej. s. 4-52
- Lewicki P.** 1994. Racjonalizacja zużycia energii w przemyśle spożywczym. Materiały II konferencji nt. Racjonalizacja użytkowania energii i środowiska NOT Szczyrk.s. 24-29
- Pimpicki S. i in.** 1996. Harmonogram dostaw surowca a gospodarka energią w zakładzie mleczarskim. Materiały XV Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej pn. Problemy gospodarki energią i środowiskiem w mleczarstwie. Wenecja k. Żnina. s. 32-36
- Wojdalski J. i in.** 1998. Energia i jej użytkowanie w przemyśle rolno-spożywczym. SGGW Warszawa. ISBN 830003156-1

POWER CONSUMPTION DURING PRODUCTION OF PLUM BUTTER

Summary. The research was conducted in a fruit and vegetable processing plant capable of producing quite a few varieties of fruits and vegetables. This article determines size of direct cost of power consumption, materials and raw produce used at the production of plum butter.

Key words: plum butter, power consumption, labour cost, pomace

Adres do korespondencji:

Kazimierz Rutkowski; e-mail: rutkowski@tier.ar.krakow.pl
Katedra Inżynierii Rolniczej i Informatyki
Akademia Rolnicza w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków