

TECHNOLOGIA SUSZENIA W SUSZARNI BĘBNOWEJ SB-1,5
SIECZKI UJEDNORADNIANEJ POSTACIOWO

Jerzy Olszak, Tadeusz Kania, Michał Wiśniewski, Marian Trafas

Fabryka Maszyn Rolniczych "AGROMET-ROFAMA"

Edward Wieland, Witold Woyke

Instytut Mechanizacji Rolnictwa AR w Poznaniu

WSTĘP I CEL BADAŃ

Problem obniżenia zużycia energii i zwiększenia wydajności suszenia zielonek w suszarniach bębnowych nie jest nowy. Badania na ten temat podjęto w Europie w latach sześćdziesiątych, jednak niskie ceny paliwa, zwłaszcza płynnego, jak też stosunkowo mała liczba eksploatowanych suszarni, nie stymulowały ich intensyfikacji. Dopiero w wyniku kryzysu energetycznego, w efekcie znacznego wzrostu kosztów suszenia podjęto nad tym zagadnieniem liczne prace badawcze. Ich celem było zwiększenie efektywności suszenia zielonek w suszarniach. Znalazło to wyraz w licznych publikacjach jakie ukazały się w kraju i za granicą [3, 5, 10, 11, 14 i 15]. Dla obniżenia zużycia paliwa w procesie suszenia, przy jednoczesnym uzyskaniu wyższej wydajności suszarni, stosuje się obecnie następujące sposoby:

- suszenia zielonek o obniżonej zawartości wody, poprzedzona naturalnym ich przewiednięciem na pokosach [4, 5, 10, 13, 15],
- przerwanie procesu suszenia przy wyższej końcowej wilgotności (w granicach 15-20%) [15].

Również przeprowadzono próby nad:

- suszeniem zielonek o zmniejszonej zawartości wody w wyniku desykacyjnego działania różnych środków chemicznych [4, 11, 15].
- suszeniem zielonek po mechanicznym wyciśnięciu z nich soku [1].

Mimo wielu zalet i korzyści gospodarczych osiąganych dzięki tym technologiom nie wyeliminowano jednak wszystkich mankamentów związanych z suszeniem siewki z zielonek, zwłaszcza o zwiększo-

nej zawartości suchej masy. Doświadczalnie ustalono bowiem [7, 8, 13], że w przypadku suszenia siewki o niejednorodnych wymiarach może pogarszać się jakość suszu. Zjawisko przesuszania suszu poniżej wilgotności 10% jest powszechnie znane, szczególnie wtedy gdy temperatura czynnika na wlocie do bębna jest za wysoka oraz przy zbyt małej prędkości obrotowej bębna (poniżej 4 obr/min). Niektóre dane [8, 14, 17] wskazują również na to, że w bębnie suszarni pogarsza się naturalna segregacja cząstek, gdy siewka jest za długa, przy zróżnicowanej jej długości oraz grubości frakcji. Niejednokrotnie w praktyce otrzymuje się również susz złożony z cząstek przesuszonych (listki) oraz niedosuszonych (łodyg).

Niekorzystne to zjawisko stwierdzone między innymi podczas suszenia siewki z lucerny, skłoniło niektórych autorów [3, 12] do opracowania technologii suszenia lucerny z uwzględnieniem najwyższej jakości suszu.

Realizację tego zamierzenia określono następująco:

- suszenie oddzielnie zebranych na polu frakcji liści i łodyg lucerny lub suszenie siewki z tej samej zielonki całościowo zebranej, a następnie rozdzielanie suszu przy pomocy metody pneumoseparacji.

W tym przypadku przebieg suszenia siewki z lucerny określono następująco:

- zakończenie procesu suszenia siewki przy wilgotności liści ok. 8%, podczas gdy wilgotność łodyg wynosi ok. 18% (średnia wilgotność suszu 13%).

- albo też zakończenie procesu suszenia siewki przy wilgotności liści 13%. Wtenczas frakcja łodygowa wykazująca jeszcze wilgotność ok. 35% jest dosuszana poza bębniem suszarni - przez wietrzenie.

Wymienione rozwiązania technologiczne nie nadają się jednak do zastosowania w praktyce przy suszeniu innych zielonek.

Z przedstawionych rozważań wynika, że podstawowym czynnikiem decydującym o jakości suszu z różnych zielonek jest równomierność wysychania poszczególnych frakcji siewki w bębnie. Suszenie zielonek o niejednorodnych wymiarach powoduje więc nie tylko pogorszenie jakości suszu, ale również obniżanie wydajności suszenia. Spowodowane to jest tym, że przebieg suszenia siewki w bębnie do równomiernej końcowej wilgotności np: 10% może być uzyskany tylko wtedy, kiedy wolniej suszące się frakcje łodygowe będą przebywały w bębnie dłużej niż delikatne liście [13, 16].

Powyższe względy sprawiły, że dla polepszenia procesu suszenia różnych zielonek w suszarniach bębnowych, koniecznym było opracowanie metody umożliwiającej doprowadzenie sieczonej do najkorzystniejszego stanu rozdrobnienia.

W wyniku prac badawczych prowadzonych nad tym zagadnieniem już od kilku lat wspólnie przez Instytut Mechanizacji Rolnictwa AR w Poznaniu i Ośrodek Badawczo Rozwojowy "Suprol" opracowano metodę otrzymywania sieczonej ujednorodnianej postaciowo z różnych zielonek, którą zastosowano w suszarni SB-1,5.

Dlatego też celem niniejszej pracy było zbadanie czy istnieje możliwość zwiększenia wydajności suszenia, obniżenia zużycia paliwa i ciepła, a także energii elektrycznej w suszarni bębnowej SB-1,5 podczas suszenia sieczonej z przewiędniętej trawy i kukurydzy, przygotowanej metodą ujednorodniania postaciowego.

W szczególności celem badań było także określenie wielkości ubytków wody z sieczonej wzdłuż bębna i dalszej drogi jej suszenia.

METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono w suszarni SB-1,5 na paliwo ciekłe, zainstalowanej w Z.P.R. w Karolewie w woj. pilskim, w latach 1977-1979.

Do badań użyto przewiędniętą trawę kupkówkę pospolitą (*Dactylis glomerata*), uprawianą w czystym siewie oraz kukurydzę odmiany KG-310 zebraną w stadium dojrzałości ziarna mleczno-woskowym.

Sieczkę z obu zielonek przygotowano w sposób następujący:

- sieczkę z przewiędniętej trawy w stanie ujednorodnianym uzyskiwano przy polowym zbiorze sieczkarnią Z-310, przy ustawieniu jej na teoretyczną długość cięcia 20 mm. Ten stopień rozdrobnienia nazywany jest także w niniejszym opracowaniu "sieczką długą",

- sieczkę z kukurydzy w stanie nieujednorodnianym otrzymywano podczas polowego zbioru tej zielonki sieczkarnią KC-2,6, przy typowej nastawie na teoretyczną długość cięcia 40 mm. Uzyskany w ten sposób stopień rozdrobnienia nazywany jest podobnie jak w przypadku trawy "sieczką długą",

- sieczkę długą z pola powtórnie cięto stacjonarną sieczkarnią ujednorodniającą, wykonaną w wersji prototypu, przy wyposażeniu jej w wielonożowy bęben tnący i wymienne recutery. Dla otrzymania sieczonej o postaci ujednorodnianej sieczkarnię tą nastawiono

na teoretyczną długość cięcia 10 mm i zakładano cylindryczny recuter szczelinowy.

Dla oznaczenia stopnia rozdrobnienia przewiędniętej trawy i kukurydzy, pobierano z pryzm zgromadzonej masy na placu przed suszarnią po 3 próbki sieczeni w stanie ujednorodnianym i nieujednorodnianym, każdy o masie 2 kg. Z pobranych próbek po wymieszaniu odważano 300 g zielonki, a następnie określano skład wagowy i procentowy frakcji. Dla zielonki trawy wyodrębniono 6 przedziałów długości: 0-5 mm, 6-20 mm, 21-40 mm, 41-60 mm, 61-80 mm i ponad 80 mm. Dla sieczeni kukurydzy wyodrębniono również 6 przedziałów długości: 0-5 mm, 6-10 mm, 11-20 mm, 21-40 mm, 41-60 mm i ponad 60 mm.

Ze względu na dużą pracochłonność i znaczne trudności przy ręcznym wybieraniu sieczeni z prób, zwłaszcza cząstek o długości do 5 mm oraz przy masowym udziale frakcji sieczeni o długościach 6-10 mm oraz 6-20 mm, zastosowano wstępne rozsortowywanie każdej próbki na sitach o średnicy otworów 5, 10 i 20 mm. W przypadku przedostawania się przez sita cząstek dłuższych, ponownie wybierano je ręcznie i przekładano do właściwej frakcji.

Procentowy udział sieczeni dla każdego przedziału długości, określono z dokładnością do 0,1%, a w pracy jako wynik podano wartości średnie z 3 powtórzeń.

Oznaczenie stopnia rozdrobnienia sieczeni ujednorodnianej lub nieujednorodnianej wymagało przeprowadzenia pomiarów grubości lub średnicy frakcji źdźbłowych i łodygowych. W tym też celu z każdej próbki, po określeniu składu wagowego i procentowego sieczeni pobierano losowo ok. 30 cząstek o największej grubości z przedziałów długości powyżej 10 mm. Grubość frakcji mierzono z dokładnością do 0,01 mm, a w pracy jako wynik podane są wartości średnie z 3 powtórzeń.

Skład frakcyjny sieczeni oraz zmianę grubości frakcji źdźbłowych i łodygowych w wyniku zastosowania metody ujednorodniania, przedstawiono w tabeli 1.

Pomiary wielkości ubytku wody z sieczeni, przeprowadzono w bębnie suszarni SB-1,5 specjalnie w tym celu przystosowanym. Dla pobierania prób wykonano w poboczniczy bębna cztery okienka o wymiarach 150x150 mm. W okienka ustawiono pokrywy, które przed wypadnięciem zabezpieczono zapadkami.

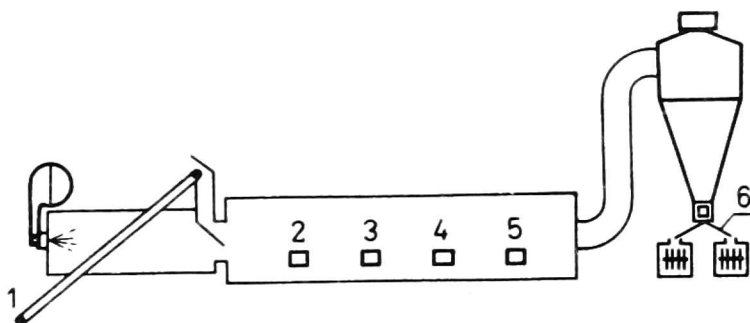
Czynnościom związanym z pobieraniem prób z bębna towarzyszyło odcięcie dopływu paliwa do paleniska olejowego oraz zatrzymanie

Charakterystyka stopnia rozdrabniania przewiędniętej trawy oraz kukurydzy

Zielonka Sieczka	Teoretyczna długość cięcia	Wersja siecz- karni rozdrab- niania	Fracje	Skład pro- centowy	
				(mm)	(%)
Prze- wiewnię- ta trawa	20	polowa bez re- cutera	0-5	1,6	3,62
			6-20	38,6	
			21-40	23,8	
			41-60	20,4	
			61-80 ponad 80	9,3 6,3	
Ujedno- radnia- na	10	Stacjo- z recu- narna terem	0-5	10,2	1,13
			6-20	65,6	
			21-40	12,3	
			41-60	6,7	
			61-80 ponad 80	3,3 1,9	
Kukury- dza	40	polowa bez re- KC-2,6 cutera	0-5	0,5	23,81
			6-10	1,7	
			11-20	4,8	
			21-40	4,3	
			41-60 ponad 60	5,5 83,2	
Ujedno- radnia- na	10	Stacjo- z recu- narna terem	0-5	25,4	5,42
			6-10	33,0	
			11-20	24,9	
			21-40	11,4	
			41-60 ponad 60	2,9 2,3	

biegu wentylatora głównego. Po usunięciu pokryw z obracającego się bębna następowało samoczynne wysypywanie się siewczki do podstawionych koszy z woreczkami z tworzywa sztucznego.

W celu wyznaczenia krzywych charakteryzujących ubytki wody z siewczki w zależności od długości bębna i dalszej drogi suszenia, dodatkowo pobierano próbki siewczki także z innych miejsc suszarni, między innymi: zielonkę z przenośnika pochyłego suszarni, siewczkę - susz z kosza rozdrabniacza, oraz rozdrobniony susz z worków. Schemat rozmieszczenia miejsc pobierania próbek suszonej siewczki przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia miejsc pobierania próbek siewczki w suszarni SB-1,5: 1 - siewczka zielonki przed suszeniem (z przenośnika pochyłego); 2, 3, 4, 5 - próbki siewczki z otworów w bębnie; 6 - susz z kosza rozdrabniacza

Przyjęto trzykrotne powtarzanie, pobierania próbek siewczki z bębna, przy określonych parametrach pracy suszarni. Ogółem wykonano 39 pomiarów pobierania próbek suszonej siewczki z przewiędniętej trawy oraz 51 pomiarów pobierania próbek z bębna w przypadku siewczki z kukurydzy.

W celu określenia podstawowych parametrów technologicznych suszenia w suszarni SB-1,5 siewczki z przewiędniętej trawy i z kukurydzy w postaci ujednorodnianej lub nieujednorodnianej, pomiarami objęto:

- temperaturę czynnika suszącego (t_1) na wejściu do bębna,
- temperaturę czynnika suszącego (t_2) na wyjściu z bębna,
- zużycie paliwa (oleju opałowego) (B),
- zużycie ciepła (Q),
- zużycie energii elektrycznej (E_c) przez suszarnię,
- wydajność w suszu (M_1),
- prędkość obrotową bębna (n_b).

Badania pracy suszarni przeprowadzono w trakcie normalnej zmiany kontrolnej z ograniczeniem jednak do 3,5 godzinnej pracy suszarni z określoną wydajności, susząc siewczkę z przewiędniętej trawy i z kukurydzy o oznaczonym stopniu rozdrobnienia.

W czasie 3,5 godzinnej pracy suszarni system prowadzenia pomiarów w warunkach eksperymentu był następujący:

- przez pierwsze 30 min. okres stabilizacji pracy suszarni,
- w czasie kolejnych 5 min, pobieranie próbek suszonej sieczki z bębna,
- w czasie kolejnych 15 min. okres stabilizacji pracy suszarni,
- w czasie kolejnych 5 min. pobieranie próbek suszonej sieczki z bębna,
- w czasie kolejnych 15 min. okres stabilizacji pracy suszarni,
- w czasie kolejnych 5 min. pobieranie próbek suszonej sieczki z bębna,
- w czasie kolejnych 15 min. okres stabilizacji pracy suszarni,
- w czasie kolejnych 2 godzin, nieprzerwana praca suszarni dla określenia wydajności, zużycia paliwa i ciepła oraz energii elektrycznej.

W poszczególnych okresach stabilizacji pracy suszarni (ustalenie się równowagi cieplnej bębna) przeprowadzono kontrolne oznaczanie zawartości wody w suszu oraz kontrolowano temperaturę czynnika na wlocie i wylocie z bębna.

W czasie 2 godzin nieprzerwanej pracy suszarni badania prowadzono zgodnie z obowiązującą w kraju metodyką opracowaną w IBMER [6].

Na podstawie wykonanych pomiarów obliczano:

1. Strumień wilgoci zgodnie z równaniem:

$$W = a_m \times V_b \quad (1)$$

w którym:

$$W = M_1 \times \frac{U_1 - U_7}{1 + U_7} \quad (2)$$

gdzie:

W - masa odparowanej w bębnie wody, w kg/h;

a_m - strumień wilgoci z warstwy suszonego materiału, odniesiony do objętości bębna, w kg $H_2O/h \times m^3$;

V_b - objętość bębna, w m^3 ;

U_1 - początkowa zawartość wody w sieczce, w kg H_2O/kg s.m.

U_7 - zawartość wody w suszu, w kg H_2O/kg s.m.

2. Wydajność w suszu wg wzoru:

$$M_1 = \frac{M}{Q_{sk}} \times 60 \quad (3)$$

gdzie: M_1 - wydajność w suszu, w kg/h;
 M - wydajność w suszu, w kg;
 Q_{sk} - czas pracy suszarni, w min.

3. Jednostkowe zużycie paliwa wg wzoru:

$$B_{j1} = \frac{B_u}{W} \quad (4)$$

gdzie: B_{j1} - jednostkowe zużycie paliwa, w kg/1 kg H_2O z \dot{z}
 B_u - zużycie paliwa, w kg/h.

4. Jednostkowe zużycie ciepła wg wzoru:

$$q = \frac{Q}{W} \quad (5)$$

w którym: $Q = B_u \times Q_w$ (6)

gdzie: Q - ciepło dostarczone z paliwem w ciągu godziny,
w Mcal/h;

B_u - godzinowe zużycie paliwa, w kg/h;

Q_w - dolna wartość opałowa paliwa, w kcal/kg.

5. Jednostkowe zużycie energii elektrycznej wg wzoru:

$$E_{cj} = \frac{E_c}{M} \times 10^3 \quad (7)$$

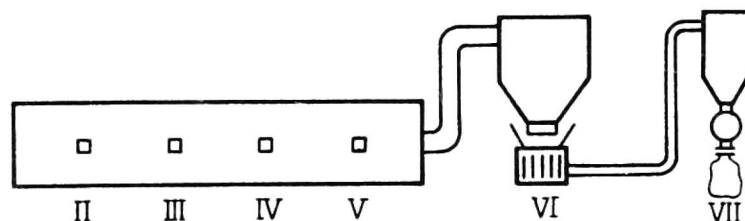
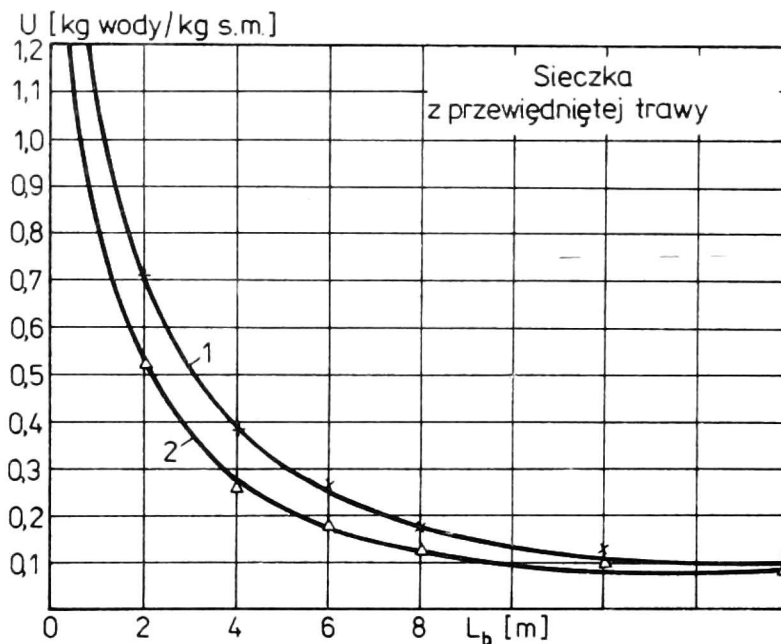
gdzie: E_{cj} - jednostkowe zużycie energii elektrycznej
w kWh/1000 kg suszu;

E_c - zużycie energii elektrycznej, w kWh,

M - wydajność w suszu, w kg.

Dane z obliczeń pracy suszarni bębnowej SB-1,5 na sieczece ujednorodnianej i nieujednorodnianej z przewiędniętej trawy i z kukurydzy przedstawiono w tabelach 2 i 3. Wyniki te stały się podstawą analizy wydajności suszenia, zużycia paliwa i ciepła oraz energii elektrycznej w suszarni SB-1,5.

Otrzymane wyniki pomiarów wielkości ubytków wody z sieczechki w suszarni, pozwoliły również na sporządzenie graficznej zależności aktualnej zawartości wody w sieczechce poddawanej suszeniu od długości bębna i dalszej drogi suszenia sieczechki. Wyniki te dla sieczechki z przewiędniętej trawy przedstawiono na rysunku 2; zaś dla sieczechki z kukurydzy na rysunku 3.



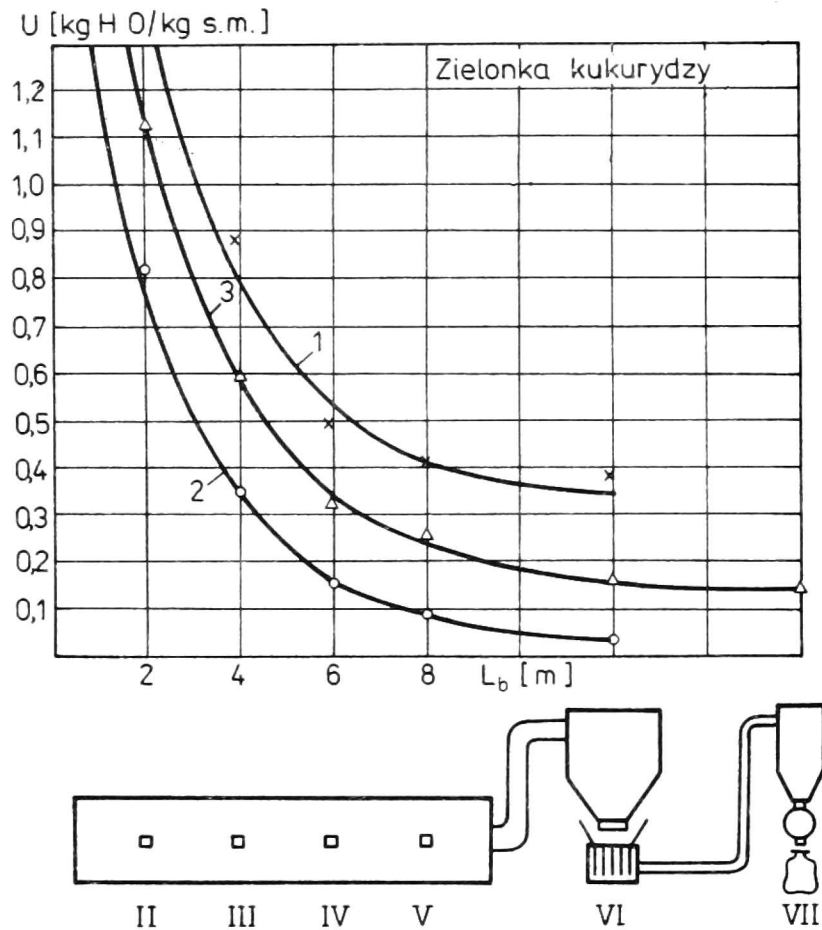
Rys. 2. Krzywe przebiegu wysychania sieczki z przewiędnętej trawy w suszarni SB-1,5; 1 - sieczka długa z pola (nieujednorodniana), 2 - sieczka ujednorodniana

WYNIKI BADAŃ

Przebieg wysychania sieczki w bębnie suszarni

Analizując graficzne przebiegi krzywych suszenia w bębnie sieczki z przewiędnętej trawy i z kukurydzy można stwierdzić, że posiadają one charakter krzywoliniowy i obrazują ubytki wody z sieczki wzdłuż bębna - począwszy od 2 metra jego długości i dalszej drogi suszenia.

Największe ubytki wody z sieczki przypadają jednak na pierwsze dwie komory bębna - tj. na odcinku długości dwóch metrów. Na tym właśnie odcinku długości, ubytki wody z sieczki przekraczają 65% stanu początkowej zawartości wody. Między drugim a czwartym metrem długości bębna wynoszą one jeszcze przeciętnie 20%. Tak więc w pierwszych czterech komorach bębna lub w przybliżeniu do połowy jego długości, zachodzą ubytki wody z suszonej sieczki wynoszące od 85% stanu początkowej zawartości wody.



Rys. 3. Przebieg wysychania siewki z kukurydzy w suszarni SB-1,5: 1 - frakcja łodygowa, przy $U_1 = 3,984 \text{ kg H}_2\text{O/kg s.m.}$, 2 - frakcja liściowa, przy $U_1 = 2,454 \text{ kg H}_2\text{O/kg s.m.}$, 3 - siewka ujednorodniana, przy $U_1 = 3,049 \text{ kg H}_2\text{O/kg s.m.}$

Analizując graficzny przebieg wysychania siewki przewiędniętej trawy (rys. 2) można stwierdzić, że krzywa dla siewki ujednorodnianej leży w zakresie niższych aktualnych zawartości wody. Początkowo sądzono, że jedną z przyczyn rozsunęcia się krzywych może być niedoskonale działający system automatycznej regulacji końcowej zawartości wody w suszu, wskutek czego przekroczono dopuszczalne temperatury czynnika w bębnie. Przeprowadzono więc ponownie badania przebiegu suszenia siewki z trawy w suszarni; przeznaczając do eksperymentu ujednorodnianą i nieujednorodnianą siewkę ze świeżej trawy I pokosu. Uzyskano podobne rezultaty doświadczenia jak w przypadku obu rodzajów siewki z przewiędniętej trawy. Nasunęło to przypuszczenie, że przyczyną rozsunęcia się krzywych, oprócz niedoskonale działającego systemu automatycznej regulacji procesu suszenia, może być także zróżnicowanie wymiarów siewki; porównując ją w stanie ujednorodnianym i nieujednorodnianym.

Dla sprawdzenia tych przypuszczeń, dalsze prace badawcze prowadzono na zielonce kukurydzy, określając oddzielnie wielkości

ubytków wody z siewki nieujednorodnianej dla frakcji liściowej i łodygowej a także dla siewki ujednorodnianej postaciowo.

Na podstawie uzyskanych wyników badań (rys. 3) można stwierdzić, że krzywe charakteryzujące przebieg wysychania siewki nieujednorodnianej leżą również w zakresie różnych aktualnych wartości wody w siewce. W następstwie suszenia takiej siewki, przy znacznej nierównomierności wysychania w bębnie obu frakcji, otrzymano susz z kukurydzy złożony z cząstek przesuszonych - frakcji liściowej, przy końcowej wilgotności wynoszącej 2,35% oraz niedosuszonych - frakcji łodygowej, przy końcowej wilgotności wynoszącej 24,6%.

Z porównania tych wartości wynika zatem stwierdzenie, że dla uzyskiwania równomiernego wysychania frakcji siewki w bębnie, a w ten sposób osiągnięcia także najkorzystniejszego jej suszenia; biorąc pod uwagę końcową jakość suszu, należy dążyć do polepszenia stanu jednorodności rozdrobnionej zielonki. Zastosowanie metody ujednorodniania, pozwoliło zlikwidować nierównomierność schnięcia cząstek siewki w bębnie, o czym świadczy przedstawiony graficznie przebieg wysychania takiej siewki (rys. 3, krzywa 3).

Ocena pracy suszarni SB-1,5 w aspekcie zastosowania technologii suszenia siewki ujednorodnianej postaciowo

Wyniki badań suszarni SB-1,5 zainstalowanej w ZPR w Karolewie, w zastosowaniu do technologii suszenia siewki ujednorodnianej z przewiędniętej trawy i kukurydzy przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Dla porównania osiągniętych rezultatów w tabelach zamieszczono niektóre wskaźniki technologiczne osiągnięte dla tej suszarni także przez innych autorów. przez Kamińskiego (8) dla siewki zgniatanej i niezgniatanej z kukurydzy oraz przez Kalisiewicza (6) dla siewki z traw łąkowych suszonych w stanie świeżym.

Analizując tabelę 2 należy zwrócić uwagę na niższą od nominalnej wydajności suszarni w przypadku suszenia siewki z kukurydzy ujednorodnianej postaciowo. Należy wyjaśnić, że zgodnie z programem prowadzonych prac doświadczalnych nad zastosowaniem nowej technologii suszenie w suszarniach bębnowych siewki ujednorodnianej postaciowo, w niniejszym opracowaniu przedstawiono tylko wstępne wyniki badań. Pełną ocenę pracy suszarni SB-1,5 na takiej siewce uzyskano wprawdzie w roku ubiegłym, jednakże osiągnięte

rezultaty wymagają sprawdzenia, zanim technologię tą można będzie upowszechnić w praktyce suszarniczej.

Zgodnie z postawionym celem badań w pierwszym etapie pracy, do suszenia przeznaczono zarówno sieczkę z kukurydzy ujednorodnianą postaciowo oraz sieczkę z tej zielonki pociętą sieczkarzami, przy teoretycznej długości cięcia 40 mm. Porównując stopień rozdrobnienia tej siecarki jaki uzyskano przy zastosowaniu obu metod cięcia (tab. 1) z wymaganiami określonymi w SMRiL można stwierdzić, że pod względem długości siecarki - stan rozdrobnienia kukurydzy przy II metodzie odbiegał od zaleceń SMRiL, a ponadto znacznie się różnił od stopnia rozdrobnienia tej zielonki przy zastosowaniu metody ujednorodniania. W tej sytuacji porównując przebieg wysychania siecarki, przy podobnych temperaturach czynnika na wlocie do bębna ustalono, że najwyższa, dopuszczalna temperatura w przypadku suszenia siecarki nieujednorodnianej nie powinna przekraczać 150°C . Przy wyższej temperaturze czynnika stwierdzono bowiem wyraźne oznaki przypalania suszu i związanego z tym pogorszenia jego jakości.

Z tabeli 2 wynika, że suszenie siecarki z kukurydzy przygotowanej metodą ujednorodniania, przy temperaturze czynnika, na wlocie do bębna nie wyższej od 750°C , spowodowało wzrost wydajności w masie odparowanej wody z 2134 kg/h do 2510 kg/h tj. więcej o 15%. Spadło przy tym jednostkowe zużycie paliwa z 0,104 kg paliwa (1 kg H_2O na 0,084 kg paliwa) 1 kg H_2O , co w przeliczeniu na jednostkowe zużycie ciepła daje obniżenie wartości tego wskaźnika od 984 kcal/1 kg H_2O do 825 kcal/1 kg H_2O (1 cal = 4,19 J). W wartościach względnych stanowi to oszczędność wynoszącą ok. 16%. Porównując jednostkowe zużycie ciepła dla suszarni SB-1,5 z danymi przedstawionymi przez Kamińskiego - należy uważać ten wskaźnik za bardzo korzystny, szczególnie dla siecarki ujednorodnianej. Przy suszeniu takiej siecarki zmniejszyło się także jednostkowe zużycie energii elektrycznej o 21% chociaż przy podanej wartości, jest ono jeszcze za wysokie w stosunku do wymagań określonych w SMRiL.

Wyniki badań pracy suszarni SB-1,5 na przewiędniętej trawie również dowodzą, że zastosowanie technologii suszenia siecarki ujednorodnianej wpłynęło na wzrost wydajności suszenia w czasie odparowanej wody o 210 kg/h i przyczyniło się do osiągnięcia wyższej wydajności w suszu wynoszącej 1665 kg/h.

Praca suszarni SB-1,5 na siecezce ujednorodnianej i nieujednorodnianej z kukurydzy oraz porównanie jej z danymi wg Kamińskiego [8]

Wyszczególnienie	Jedn. miary	Sieczka		Sieczka	nieujednorodniana	Sieczka
		niezgniatana	zgniatana			
dane wg Kamińskiego						
dane z pomiarów						
Początkowa zawartość wody w siecezce, U_1	kg H_2O/kg s.m.	2,623	2,472	3,082	2,984	2,984
Początkowa wilgotność siecezki, w_1	%	72,4	71,2	75,5	74,9	74,9
Temperatura czynnika suszącego na wlocie do bębna, t_1	$^{\circ}C$	580 - 590	580 - 600	732	725	725
Temperatura czynnika suszącego na wylocie z bębna, t_2	$^{\circ}C$	112 - 120	112 - 120	128	105	105
Prędkość obrotowa bębna, n_b	obr/min	-	-	4,15	4,15	4,15
Zawartość wody w suszu, U_7	kg H_2O/kg s.m.	0,121	0,172	0,138	0,122	0,122
Wilgotność suszu, w_7	%	10,8	14,7	12,1	10,9	10,9
Masa odparowanej w bębnie wody, W	kg/h	1627	1873	2134	2510	2510
Strumień wilgoci, am	kg H_2O/h m^3	-	-	59,4	70,0	70,0
Wydażność w suszu, M_1	kg/h	713	918	825	984	984
Zużycie paliwa (oleju opałowego) w czasie 1 godziny, B_u	kg/h	148	154	221	212	212
Jednostkowe zużycie paliwa w przeliczeniu na 1 kg odparowanej wody B_{j1}	kg paliwa/1kg H_2O	0,091	0,082	0,104	0,084	0,084
Jednostkowe zużycie paliwa w przeliczeniu na 1000 kg suszu, B_{j2}	kg paliwa/1000 kg suszu	-	-	268	215	215
Jednostkowe zużycie ciepła, q	kcal/1 kg H_2O	910	822	972	793	793
Zużycie energii elektrycznej w czasie 1 godzinowej pracy suszarni, E_c	kWh	-	-	146	137	137
Jednostkowe zużycie energii elektrycznej w przeliczeniu na 1000 kg suszu, E_{cj}	kWh/1000kg suszu	-	-	177	139	139

Praca suszarni SB-1,5 na sieczce ujednorodnianej i nieujednorodnianej z przewidzianej trawy oraz porównanie jej z danymi wg Kalisiewicza [6]

Wyszczególnienie	Jednostka miary		Sieczka z traw wg Kalisiewicza [6]	Sieczka ujednorodniana
	kg H ₂ O/kg s.m.	kg H ₂ O/kg s.m.		
Początkowa zawartość wody w sieczce, U ₁			2,571	1,821
Początkowa wilgotność sieczki, w ₁	%		72	64,5
Temperatura czynnika suszącego na wlocie do bębna, t ₁	°C		680 - 811	495
Temperatura czynnika suszącego na wylocie z bębna, t ₂	°C		110 - 122	94
Prędkość obrotowa bębna, n _b	obr/min		-	7,87
Zawartość wody w suszu, U ₇	kg H ₂ O/kg s.m.		0,111	0,102
Wilgotność suszu, w ₇	%		10	8,5
Masa odparowanej w bębnie wody, W	kg/h		3330	2209
Strumień wilgoci, am	kg H ₂ O/h m ³		100	66,3
Wilgotność w suszu, M ₁	kg/h		1300	1416
Zużycie paliwa (oleju opałowego) w czasie 1 godziny, B _u	kg/h		-	182
Jednostkowe zużycie paliwa w przeliczeniu na 1 kg odparowanej wody, B _{J1}	kg paliwa / 1 kg H ₂ O		-	0,082
Jednostkowe zużycie paliwa, w przeliczeniu na 1000 kg suszu, B _{J2}	kg paliwa / 1000 kg suszu		-	128,5
Jednostkowe zużycie ciepła, q	kcal/1kg H ₂ O		758	774
Zużycie energii elektrycznej w czasie 1 godzinowej pracy suszarni, E _c	kWh		-	141
Jednostkowe zużycie energii elektrycznej w przeliczeniu na 1000 kg suszu, E _{cj}	kWh/1000 kg suszu		-	100

Suszenie siecarki z przewiędnętej trawy można przeprowadzić przy jeszcze wyższej wydajności w suszu, stosując proporcjonalnie wyższą temperaturę czynnika. Potwierdzają to zresztą uzyskane wyniki badań przez Wielanda [14] dla tej suszarni. Autor ten podaje, że zwiększając temperaturę czynnika na wlocie do bębna do ponad 600°C można osiągnąć wzrost wydajności w suszu do ok. 1900 kg/h; bez pogorszenia jakości suszu pod warunkiem, że do suszenia przeznaczona się siecarkę ujednorodnianą postaciowo. Zwraca on przy tym uwagę, że praca suszarni przy tej wydajności wymaga stosowania odpowiednio wyższej prędkości obrotowej bębna przekraczającej 7,5 obr/min.

Na podstawie uzyskanych wyników badań suszarni SB-1,5 można stwierdzić, że w efekcie końcowym suszenie ujednorodnianej siecarki przyczyniło się do obniżenia jednostkowego zużycia paliwa od 0,082 kg paliwa ($1\text{ kg H}_2\text{O}$ do 0,073 kg paliwa) $1\text{ kg H}_2\text{O}$. Równie korzystnie przy tej technologii przedstawia się wskaźnik jednostkowego zużycia ciepła, zwłaszcza przy porównywaniu jego wartości ze wskaźnikiem określonym przez Kalisiewicza [6]. W rzeczywistości dla tej suszarni jest on niższy o ok. 10% na korzyść suszenia siecarki ujednorodnianej postaciowo z przewiędnętej trawy.

Z tabeli 3 wynika również, że w procesie suszenia takiej siecarki można osiągnąć obniżenie zużycia energii elektrycznej o ok. 20%.

Ocena suszarni SB-1,5 podczas suszenia siecarki ujednorodnianej postaciowo z punktu widzenia wymagań SMRiL

Dokonując oceny pracy suszarni SB-1,5 na siecarkę ujednorodnianej postaciowo w warunkach eksploatacyjnych, zachodziła konieczność odniesienia osiągniętych wskaźników technologicznych do tzw. normalnych warunków pracy suszarni, w celu porównania czy odpowiadają one wymaganiom określonym w SMRiL lub gwarantowanym przez producenta FMR "Agromet-Rofama". Postępując zgodnie z powyższą metodą opracowaną przez Kulika [9], za normalne można przyjąć warunki zalecane w SMRiL, a mianowicie:

- temperatura otoczenia, $t_{on} = 25^{\circ}\text{C}$,
- temperatura na wlocie do bębna $t_{1n} = 800^{\circ}\text{C}$
- temperatura na wylocie z bębna $t_{2n} = 120^{\circ}\text{C}$
- początkowa wilgotność surowca $W_{1n} = 72\%$
- końcowa wilgotność surowca $W_{2n} = 10\%$

- ilość doprowadzonego do bębna ciepła $Q_n = 2,97 \text{ Mcal/h}$
- zdolność odparowania wody $W_n = 3330 \text{ kg/h}$.

1. Odpowiednie wartości wskaźników rzeczywistych jakie stwierdzono podczas suszenia siewki ujednoladnianej z kukurydzy i z przewiędnętej trawy w suszarni SB-1,5 w ZPR w Karolewie wynosiły:

dla kukurydzy

$$t_0 = 9^\circ\text{C}; t_1 = 725^\circ\text{C}; t_2 = 104^\circ\text{C}; W_1 = 74,9\%; W_7 = 10,9\%$$

$$Q = 1,99 \text{ Mcal/h}; W = 2510 \text{ kg/h}$$

dla trawy

$$t_0 = 23^\circ\text{C}; t_1 = 495^\circ\text{C}; t_2 = 94^\circ\text{C}; w_1 = 62,9\%; w_2 = 8,5\%$$

$$Q = 1,69 \text{ Mcal/h}; W = 2440 \text{ kg/h}$$

2. Różnice pomiędzy wartościami przyjętymi za normalne a otrzymanymi z pomiarów wynoszą odpowiednio:

dla kukurydzy

$$t_0 = 16^\circ\text{C}; t_1 = 75^\circ\text{C}; t_2 = 16^\circ\text{C}; w_1 = 2,9\%;$$

$$w_2 = -0,9\%; Q = 0,98 \text{ Mcal/h}.$$

dla trawy

$$t_0 = 2^\circ\text{C}; t_1 = 305^\circ\text{C}; t_2 = 26^\circ\text{C}; w_1 = 9,1\%$$

$$w_2 = 1,5\%; Q = 1,28 \text{ Mcal/h}.$$

3. Wartości poprawki zdolności odparowania wody obliczamy wg wzoru:

$$W = \pm (a_1 t_0 + a_2 t_1 + a_3 t_2 + a_4 w_1 + a_5 w_2 + a_6 Q).$$

4. Wartości współczynników Q przyjmujemy dla tej suszarni następujące:

$$a_1 = 18,24; a_2 = 3,53; a_3 = -16,93; a_4 = 0,65;$$

$$a_5 = -18,83; a_6 = 361,91.$$

dla kukurydzy

$$W = 18,24 \times 16 + 3,53 \times 75 - 16,93 \times 15 + 0,65 \times (-2,9) - \\ - 18,83 \times (-0,9) + 361,91 \times 0,98 = 672 \text{ kg/h}$$

dla trawy

$$W = 18,24 \times 2 + 3,53 \times 305 - 16,93 \times 2,6 + 0,25 \times 9,1 - \\ - 18,83 \times 1,5 + 361,91 \times 1,28 = 1114 \text{ kg/h}$$

5. Wartość obliczeniową zdolności odparowania wody wyznaczoną doświadczalnie i przeliczoną na warunki normalne obliczamy:

dla kukurydzy

$$W_{no} = 2510 + 672 = 3182 \text{ kg/h}$$

dla trawy

$$W_{no} = 2440 + 1114 = 3554 \text{ kg/h.}$$

6. Różnica między wymaganiami SMRiL, a wartością wyznaczoną doświadczalnie i przeliczoną na warunki normalne wynosi:

dla kukurydzy

$$\delta = W_n - W_{no} = 3300 - 3182 = 118 \text{ kg/h}$$

zaś wartość stosunku:

$$\frac{\delta}{W_n} = 3,6\%$$

dla trawy

$$\delta = W_n - W_{no} = 3300 - 3554 = - 254 \text{ kg/h}$$

Zatem: $W_{no} > W_n$.

Wobec tego badana suszarnia w przypadku kukurydzy nie przekracza błędów pomiarowych w wysokości 5%, co odpowiada wg metody Kulika [9] wymaganiom gwarantowanym przez producenta oraz spełnia zalecenia SMRiL.

Natomiast w przypadku suszenia siewki ujednorodnianej z trawy średnia szybkość suszenia suszarni przeliczona na warunki normalne jest lepsza od średniej szybkości suszenia gwarantowanej dla tych warunków przez producenta.

WNIOSKI

1. Na równomierność wysychania cząstek siewki w bębnie decydująco wpływa stan rozdrobnienia trawy i kukurydzy. Przy powszechnie stosowanych obecnie technologiach zbioru i pocięcia tych zielonek na polu, ze względu na zróżnicowanie wymiarów cząstek siewki przeznaczonej do suszenia, nie osiąga się w suszarni SB-1,5 najkorzystniejszego przebiegu procesu suszenia siewki.

2. Stosując metodę ujednorodniania postaciowego siewki dla przewiędnętej trawy, pomimo obniżenia jej wilgotności przez przewiędnienie na pokosach, suszenie takiej siewki w suszarni SB-1,5 pozwala zwiększyć średnią szybkość suszenia o ok. 10%, przy oszczędności zużycia ciepła i energii elektrycznej kształtujących się o podobnej wielkości. Na tej podstawie dokonując oceny pracy

tej suszarni na ujednoradnianej sieczone z punktu widzenia wymagań SMRiL można stwierdzić, że jest ona lepsza od gwarantowanej dla tych warunków przez producenta.

3. Ujednoradnianie sieczonek długiej z pola dla kukurydzy przed jej suszeniem, ze względu na możliwość osiągnięcia pożądanego stanu rozdrobnienia masy (równomierna długość sieczonek i zmniejszenie zróżnicowań w obrębie grubości poszczególnych frakcji) ma obok temperatury najistotniejszy wpływ na intensyfikację procesu suszenia tej zielonki. Wobec zgodnej z wymaganiami SMRiL pracy suszarni na takiej sieczonek można wykazać, że wydajność w masie odparowanej wody wzrasta o 15%, a zużycie ciepła i energii elektrycznej uległo obniżeniu odpowiednio o 16% i 21%.

4. Pozytywne rezultaty badań upoważniają do postawienia wniosku, że już obecnie istnieje konieczność rozważania zmiany dotychczasowej technologii suszenia pasz w suszarniach bębnowych i wprowadzenia metody ujednoradniania postaciowej sieczonek.

LITERATURA

1. Biłowski J. Mechaniczne odwadnianie zielonek przed suszeniem. Maszynopis IBMER Warszawa, symbol XXII/539, 1974.
2. Chrisman J., Kohler G. O.: Separation milling of alfalfa 10-th Technical Alfalfa Conference Proceedings, ARS, US Dept. Agr. Nov. 1968.
3. Drager J.: Empfehlungen zur Erhöhung der Trockenguterzeugung und Senkung des spezifischen Energiebedarfs Landwirtschaftlicher Trocknungs-Sanlagen. Deutsche Agrartechnik, nr 7, 1972.
4. Drager J., Maltry W.: Das Verfahren der Heißlufttrocknung für die industrielle Bige Futterproduktion Agrartechnik, nr 8, 1973.
5. Drager J.: Füllungsgrad und Durchsatz von Trocknungsströmen bei unterschiedlichen Betriebsparametern. Agrartechnik, nr 4, 1975.
6. Kalisiewicz A.: Metody pomiarów i opracowanie danych przy badaniu bębnowej suszarki zielonek i okopowych. Maszynopis, IBMER, Warszawa, symbol XXII/594, 1975.
7. Kamiński E., Ledwoń K.: Wpływ stopnia rozdrobnienia sieczonek z całych roślin kukurydzy na proces jej suszenia. Roczn. Nauk Rol., t. 73, seria C, nr 2, 1978.
8. Kamiński E.: Teoria i technologia suszenia kukurydzy, Instytut Mechanizacji Rolnictwa AR we Wrocławiu, 1979.
9. Kulik T.: Metoda oceny bębnowych suszarek pasz w warunkach eksploatacyjnych. Roczn. Nauk Rol., t. 71, seria C, nr 4, 1975.
10. Maltry W.: Heißlufttrocknung und Wärmeenergiebedarf Agrartechnik, nr 5, 1974.
11. Tack F.: Zu Problemen der Produktion von Trockengrünut insbesondere der Trocknung gewelken Grünfutters. Deutsche Agrartechnik, nr 3, 1971.
12. Waluszis W. J., Sirwigis J. J., Jugielowiczinte R. J.: Iso-wierszenstwowanie technologicznego processa agregata AMW-0,4. Mechanizacja i Elektryfikacja, nr 5, 1970.

13. Wieland E., Kowalski K.: Sposoby przygotowania przewiędnionych zielonek do suszenia w bębnie suszarni SBU-1,5. Biuletyn Informacyjny, WZ PGR Poznań, nr 5, 1976.
14. Wieland E.: Badania nad możliwością zwiększenia wydajności oraz obniżenia zużycia paliwa i energii elektrycznej w suszarce bębnowej SBU-1,5 podczas suszenia siewki z traw. Maszynopis, praca doktorska, AR, Poznań 1978.
15. Wieneke F.: Technologie der Heisslufttrocknung und verpressung von Grunfutter. KTBL, nr 176, 1974.
16. Woyke W., Wieland E.: Wyniki badań stacjonarnej siewkarni docinającej. Maszynopis, Instytut Mechanizacji Rolnictwa, AR Poznań, 1978.
17. Woyke W., Wieland E.: Badanie procesu suszenia docinanej siewki z różnych zielonek. Maszynopis Instytut Mechanizacji Rolnictwa, AR Poznań, 1979.
18. Vlahovic M.: Suszenie zielonek nowoczesnymi metodami przemysłowymi. Polsko-Jugosłowiańskie Sympozjum Suszenie Produktów Rolnych. Warszawa, 1977.

Ежи Ольшак, Тадеуш Каня, Михал Вишневский,
Мариан Трафас, Эдвард Велянд, Витольд Войке

ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ В БАРАБАННОЙ СУШИЛКЕ СБ-1,5 СЕЧКИ В ВИДЕ ОДНОРОДНОЙ МАССЫ

Р е з ю м е

В работе представлены исследования сушения в сушилке СБ-1,5 сечки в виде однородной и неоднородной массы провяленной травы и кукурузы.

В 1 этапе исследований анализировался процесс высыхания сечки вдоль оси барабана в сушилке СБ-1,5. Во второй части представлены результаты предварительных эксплуатационных исследований сушилки.

Доказано, что сушение сечки, подготовленной новым методом, позволяет достичь наиболее благоприятного хода работы барабанной сушилки с точки зрения ускорения процесса сушения, равномерности высыхания фракции, а также экономии значительного количества топлива, тепла и электроэнергии.

Jerzy Olszak, Tadeusz Kania, Michał Wiśniewski,
Marian Trafas, Edward Wieland, Witold Woyke

TECHNOLOGY OF DRYING HOMOGENIZED CHOPPED GRASS
IN A SB-1,5 DRUM DRIER

S u m m a r y

Investigations of drying process of homogenized and non-homogenized chopped wilted grass and maize have been presented in this paper.

In the first part of work the drying rate of chopped material along the drum and further drying duct of an SB-1,5 drier has been analysed.

In the second part the results of preliminary operating tests of the drier have been presented.

It has been observed that drying of the chopped material prepared by a new method, gives the optimum work of a drier, considering acceleration of the drying rate, uniformity of drying particular fractions and saving considerable amounts of fuel, heat and electric power.