

Koncepcja stalowego zbiornika do suszenia i bezpiecznego przechowywania nasion rzepaku

Dr inż. Robert Rusinek, prof. dr hab. Jerzy Tys, doc. dr hab. Józef Horabik,
Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, Lublin

1. Przeznaczenie silososuszarni

Ziarno zbóż zazwyczaj przechowuje się luzem ze względu na lepsze wykorzystanie pojemności obiektów do przechowywania, kontrolę jego kondycji oraz mechanizację procesów składowania. Stosowane techniki przechowywania mają za zadanie stworzenie optymalnych warunków fizyko-chemicznych podczas procesu magazynowania, tj. ograniczających procesy życiowe ziarna oraz rozwój drobnoustrojów [8, 9]. Główne czynniki mające wpływ na rozwój procesów życiowych, to: wysoka wilgotność i temperatura, dostęp tlenu oraz występowanie szkodników. Mając na uwadze stan nasion przed procesem przechowywania, należy dobrać odpowiednią metodę realizacji procesu. Istnieją trzy podstawowe sposoby przechowywania nasion: w stanie suchym, ochłodzonym oraz bez dostępu tlenu, które w zależności od potrzeb można łączyć ze sobą [6, 12].

Przechowywanie ziarna w stanie suchym polega na obniżeniu zawartości wilgoci w materiale do takiego poziomu, by zachodzące w nim procesy życiowe ograniczyć do minimum (w przypadku rzepaku, ze względu na wysoką zawartość tłuszczu, jest to 7% ilorazu masy wody do całkowitej masy substancji).

Przechowywanie w stanie ochłodzonym stosuje się ze względu na hamujący wpływ niskiej temperatury na rozwój procesów życiowych zachodzących w złożu. Ochłodzenie złoża poniżej 10–12°C powoduje zahamowanie rozwoju szkodników znajdujących się w przestrzeniach międzyziarnowych. W temperaturze około 5°C następuje zahamowanie rozwoju bakterii i pleśni przy zachowaniu wszystkich istotnych właściwości biologicznych nasion. Stopień schłodzenia ziarna zależy od przewidywanej długości magazynowania, wilgotności ziarna oraz obecności organizmów obcych.

Przechowywanie nasion bez dostępu powietrza w zbiornikach hermetycznych polega na doprowadzeniu do stanu maksymalnego zahamowania procesów życiowych w nasionach oraz organizmach żywych

(anabioza) na skutek odcięcia dopływu tlenu do złoża. Wraz z upływem czasu, w miarę zużywania tlenu, wzrasta udział dwutlenku węgla względem zawartości tlenu. Utrzymanie jakości materiału przechowywanego bez dostępu powietrza jest możliwe tylko przy niskiej zawartości wody w ziarnie (7% i mniej), jej wysoki poziom skutkuje pogorszeniem właściwości paszowych i odżywczych oraz wytwarzaniem się specyficznych zapachów kwaśnych i alkoholowych [11, 12].

Zaproponowana metoda przechowywania łączy w sobie wszystkie ww. procesy technologiczne w jednym urządzeniu. Niewątpliwą zaletą silososuszarni jest pełny monitoring ekosystemu złoża oraz możliwość jego modyfikowania na podstawie odczytanych parametrów on-line [2]. Ma to szczególne znaczenie w przypadku nasion rzepaku, które w odróżnieniu od ziarna zbóż są bardziej narażone na uszkodzenia i zepsucie. Dzieje się to za sprawą wysokiej zawartości tłuszczu, który w uszkodzonych nasionach wzmacnia intensywność niekorzystnych procesów biologicznych i chemicznych [1]. W uszkodzonych nasionach zwiększa się aktywność drobnoustrojów, co prowadzi do obniżenia jakości, a nawet do zniszczenia surowca. Zjawiska te są szczególnie niebezpieczne w nasionach wilgotnych, nadmiernie obciążonych oraz przechowywanych w zbyt wysokiej temperaturze, której lokalne wysokie gradienty mogą wynikać z braku możliwości przewietrzania [5, 10]. Szybkość reakcji i przeciwdziałania tym zjawiskom wiąże się bezpośrednio z wielkością poniesionych strat. Zachodzące w nasionach procesy życiowe (np. oddychanie tlenowe, pocenie nasion starzejących się) prowadzą także do wydzielania się wody. Jeśli produkty powstające w trakcie oddychania tlenowego nie zostaną w porę odprowadzone, następuje wtórne nawilżenie nasion i wzrost intensywności procesów biochemicznych. Rezultatem tego staje się zjawisko samonagrzewania nasion, którego skala zależy od stanu fizycznego nasion i możliwości technicznych obiektów magazynowych [3, 4]. Samonagrzewanie jest zależne od poziomu wilgotności i temperatury złoża nasion, ale powodem

występowania zjawiska może być także nadmierna aktywność metaboliczna insektów występujących w złożu. W fizycznej konsekwencji zjawisko samonagrzewania prowadzi do powstania obszaru o podwyższonym poziomie temperatury, zbrylenia nasion i zczopowania materiału wewnątrz zbiornika. Na podstawie badań przeprowadzonych w Instytucie Agrofizyki nad zjawiskiem samonagrzewania stwierdzono, że fizyczny przebieg procesu można podzielić na dwa etapy; 1 – powolny przyrost temperatury przy niezmieniającej się wilgotności względnej w przestrzeniach międzynasiennych (około 5–6 dni), 2 – lawinowy przyrost temperatury i niewielki spadek wilgotności względnej lub jego brak. Pierwszy etap procesu samonagrzewania nie dyskwalifikuje nasion jakościowo, drugi zaś definitywnie przekreśla ich wartość przetwórczą [10]. W konsekwencji zjawiska złoże nasion zbryliło się uniemożliwiając grawitacyjne opróżnienie zbiornika.

2. Rozwiązania konstrukcyjne

Zaproponowana metoda konserwowania złoża nasion opiera się na kilku podstawowych założeniach dobrej praktyki przechowalniczej zastosowanych w silososuszarni [11]. Podstawowym założeniem jest przyjęcie promieniowego obiegu czynnika susząco-chłodzącego, który ma za zadanie przepływać przez złoże materiału w kierunku, w którym warstwa nasion stawia najmniejszy opór (rys. 1.). Zaletą tego rozwiązania w odróżnieniu od klasycznych metod [8, 9], w których czynnik suszący pracuje w obiegu pionowym jest zminimalizowanie możliwości wystąpienia zjawiska cieplnego w złożu poprzez jego efektywniejsze oddziaływanie. W związku z tym, konstrukcja silosu zawiera elementy, które w klasycznym rozwiązaniu nie występują. Silos posiada cylindryczną obudowę pokrytą od góry stożkowym dachem, a od dołu zamkniętą stożkowym lejem, osadzony współosiowo w tej obudowie cylindryczny zbiornik ze stożkowym lejowym dnem, zespół przygotowania powietrza, osprzęt pomiarowy i sygnalizacyjny, rurę transportu pneumatycznego. Załadunek nasion odbywa się za pomocą standardowego podajnika pneumatycznego przyłączanego na czas operacji do złącza załadunkowego. Silos charakteryzuje się tym, że ściana cylindrycznego zbiornika i stożkowe lejowe dno wykonane są z perforowanej blachy, a wewnątrz tego cylindrycznego zbiornika jest osadzona współosiowo cylindryczna, perforowana rura, w której jest przesuwany czop zawieszony na linii wyprowadzonej poprzez układ krążków na zewnątrz silosu. Średnicę otworów blachy perforowanej $\varnothing = 0,8$ mm dobrano na podstawie badań. Blacha zapewnia możliwie niską wartość współczynnika tarcia zewnętrznego rzepaku pozwalając na swobodny przepływ, przy równoczesnym zminimalizowaniu

uszkodzeń nasion (zakres średnic wyselekcjonowanych nasion $\varnothing = 1,8 \div 2,3$ mm).

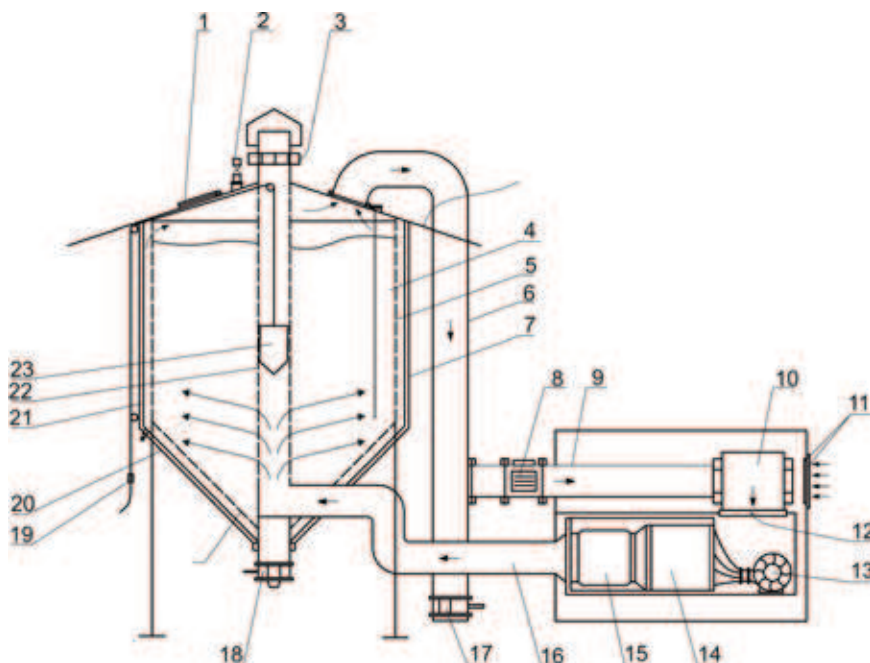
Występujący zespół przygotowania powietrza zawiera komorę mieszania połączoną kanałem wyciągowym z górną, wewnętrzną przestrzenią silosu, oraz wentylator połączony na wlocie z komorą mieszania, a na wylocie, kolejno z chłodnicą i nagrzewnicą i dalej kanałem nawiewnym z perforowaną rurą, a na dolnym końcu tej rury jest osadzony króciec, którym doprowadza się do złoża gaz obojętny.

Ściana cylindrycznej obudowy, stożkowego leja oraz daszku utworzona jest z dwóch blach, między którymi jest izolacja cieplna. Zastosowanie izolacji umożliwia utrzymanie żądanej temperatury wewnątrz silosu i składowanego złoża materiału ziarnistego, zarówno w okresie występowania wysokich temperatur, jak i podczas okresów chłodnych z temperaturami ujemnymi. W czasie dużych wahań temperatur pomiędzy dniem i nocą zapobiega kondensacji pary wodnej wewnątrz komory przechowalniczej.

Między wewnętrzną ścianą cylindrycznej obudowy a perforowaną blachą cylindrycznego zbiornika jest szczelina, która umożliwi odprowadzenie powietrza wydostającego się z przestrzeni międzyziarnowych do góry pod dach silosu, skąd jest wyprowadzane na zewnątrz.

3. Procedura przygotowania nasion do procesu przechowywania

Nasiona po zbiorze i okresie dojrzewania późniejszego trafiają do silosu za pomocą przenośnika pneumatycznego. Jeśli poziom wilgotności nasion nie spełnia warunków bezpiecznego przechowywania (w przypadku rzepaku bezpieczny poziom wilgotności Cl to 7%) należy uruchomić procedurę dosuszania przez zastosowanie odśrodkowego napowietrzania z umieszczonej centralnie, perforowanej rury. Powietrze jest doprowadzane do warstw materiału ziarnistego w zależności od wskazań stanu wysuszenia w tych warstwach. Sterowanie odbywa się za pomocą przesuwanego czopa umieszczonego w perforowanej rurze. Czop umożliwia rozprowadzenie powietrza począwszy od warstw dolnych, w których nasiona podlegające większym naciskom są bardziej odkształcone, a przez to zmniejszone są przestrzenie międzyziarnowe i utrudniony przepływ powietrza, aż do warstw górnych, gdzie powietrze wypływa na całej wysokości składowanego materiału ziarnistego. Czynnik suszący pracuje w obiegu otwartym, czerpany jest z zewnątrz, podgrzewany o 10°C , jednakże nie więcej niż do 40°C , wtłaczany jest w złoże nasion, następnie opuszcza układ odbierając z nasion nadmiar wilgoci. Przejście z fazy suszenia w fazę chłodzenia odbywa się automatycznie na podstawie ilorazu wilgotności względnej wejścia i wyjścia czynnika z układu. Iloraz wilgotności programowany jest indywidualnie na potrzeby konkretnych parametrów nasion.

**Rys. 1.**

Schemat działania zbiornika:
 1 – właz inspekcyjny, 2 – zawór bezpieczeństwa i podawania azotu, 3 – zawór odpowietrzający (otwierany podczas napełniania), 4 – komora przechowalnicza, 5 – płaszcz z blachy perforowanej, 6 – rura załadunkowa, 7 – płaszcz zewnętrzny, 8 – wyrzutnia upustowa powietrza suszącego, 9 – rura powrotna w układzie chłodzenia, 10 – komora mieszalnicza, 11 – czepnia powietrza, 12 – filtr, 13 – wentylator, 14 – nagrzewnica, 15 – chłodnica, 16 – rura doprowadzająca powietrze, 17 – zawór opróżniania silosu, 18 – linę sterowania czepem, 19 – płaszcz zewnętrzny leja, 20 – izolacja termiczna, 21 – rura perforowana, 22 – czop

Chłodzenie złoza realizowane jest przy udziale agregatu na bazie wody lodowej (mieszanka wodno-glikolowa). Zestaw chłodzący umożliwia podawanie czynnika w obiegu zamkniętym schłodzonego do temperatury 7°C, uniemożliwiając w ten sposób przedostanie się wilgoci z atmosfery.

Procedura przechowywania nasion rozpoczyna się po schłodzeniu złoza do żądanej temperatury. Wszystkie zawory w silosie zostają wtedy zamknięte, rozpoczyna się procedura azotowania złoza. Azot doprowadzany jest od góry zaworem znajdującym się w daszku silosu. Azot jako gaz lżejszy wypiera tlen w kierunku dna. Jego nadwyżka uchodzi do atmosfery poprzez zespół przygotowania powietrza. W trakcie przechowywania operator monitoruje parametry wewnątrz silosu, temperaturę w przestrzeniach międzyziarnowych, wilgotność względną oraz poziom wysycenia atmosfery azotem, i w zależności od potrzeb powtarza konieczną procedurę.

4. Podsumowanie

Zaproponowana metoda przechowywania ukierunkowana jest na potrzeby małych podmiotów gospodarczych wytwarzających olej z rzepaku metodą ekologiczną, gdzie utrzymanie jakości surowca do momentu wytlóczenia jest nadrzędnym priorytetem. Łączy w sobie funkcjonalne zalety niewielkiego silosu z suszarnią. W prezentowanej wersji wzbogaconej o funkcję chłodzenia i azotowania spełnia wymagania odnośnie technologii produkcji prozdrowotnego oleju rzepakowego opartego na założeniach zawartych w patencie PL 208504 B1.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Grzesiuk S., Kulka K., Fizjologia i biochemia nasion. PWRiL, Warszawa 1981
- [2] ISO 4112:1990. Cereal and pulses – Guidance on measurement of the temperature of grain stored in bulk
- [3] Kobosko A., Systemy pomiarowo-kontrolne stosowane w magazynach materiałów sypkich ziarnistych. Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa 1996
- [4] Kobosko A., Przeciwybuchowe systemy monitorowania w przechowalnictwie rolniczym. Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa 2003
- [5] Łukaszyk J., Molenda M., Horabik J., Montross M.D., Variability of pressure drops in grain generated by kernel shape and bedding method. *Journal of Stored Products Research*, 45, 112–118, 2009
- [6] Nellist M.E., Bulk storage drying in theory and practice. *Journal of the Royal Agricultural Society of England*. 159: 120–135, 1998.
- [7] Patent nr 208504. Tys J., Sposób wytwarzania oleju jadalnego z rzepaku. Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie. 2011
- [8] PN-ISO 6322-1. Przechowywanie ziarna zbóż i roślin strączkowych. Ogólne zalecenia dotyczące składowania ziarna zbóż.
- [9] PN-ISO 6322-2. Przechowywanie ziarna zbóż i roślin strączkowych. Część 2: Praktyczne zalecenia
- [10] Rusinek R., Sprawozdanie z projektu: „System monitorowania temperatury i wilgotności złoza rzepaku”, N310 3214 33 Instytut Agrofizyki PAN, Lublin 2010
- [11] Tys J., Rzepak. Zbiór, suszenie, przechowywanie. IA PAN, Lublin 2006
- [12] Tys J., Rusinek R., Olejarski P., Korbas M., Jajor E., Gładkowski K.: Suszenie i przechowywanie rzepaku. Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju, Warszawa 2011

Praca została wykonana w ramach projektu „Produkcja ekologicznego oleju rzepakowego o wyjątkowych właściwościach prozdrowotnych” nr WND-PO-IG.01.03.01–06–030/09 realizowanego w ramach Priorytetu 1, Działanie 1.3, Poddziałanie 1.3.1. Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego i budżetu państwa.