

Czy produkcja kompostu i podłoża to czarna skrzynka

dr Nikodem Sakson, Poznań

Uzyskiwanie wysokich i stabilnych plonów pieczarek wymaga stabilnego i wysokiej jakości podłoża do jej uprawy. Analizując uprawy w pieczarkarniach, w których uzyskano średnio rocznie plony pieczarek na rynek świeży (w 2016 r.) na poziomie 36 kg/m^2 , zadano sobie pytanie, jaki jest wpływ podłoża, okrywy i grzybni na uzyskane plony w poszczególnych założeniach. W przypadku podłoża średni roczny plon mógłby być wyższy o około dwadzieścia kg/m^2 , gdyby wykorzystywane surowce nie odbiegały od oczekiwanego standardu jakości. Spadki plonów były niekiedy znaczne, bo dochodzące do siedmiu kg/m^2 . W bieżącym roku (2017) należy liczyć się z większym zróżnicowaniem plonowania i niższymi plonami średnimi w okresie roku niż w 2016 r.

W przypadku okrywy oraz grzybni z grupy ras pośrednich bardziej zbliżonych do U-1 wpływ na zmienność plonowania był nieznaczny. Surowce te miały bardziej wpływ na zbierany asortyment owocników i jakość niż plon ogółem. Oznacza to, że - aby zbierać

średnie plony na poziomie 40 kg/m^2 - trzeba poprawić stabilność kompostu lub - gdy dostarczone podłoża odbiegają istotnie od wymaganego standardu - znaleźć sposób na dodatkowe dokarmianie, które zwiększy istotnie masę grzybni w podłożu w okresie od nałożenia na półkę do zakończenia szoku. To jest powód pierwszy, dlatego chciałbym w niniejszym artykule postarać się odpowiedzieć na pytania o przyczyny tej zmienności, a także o możliwości poprawy jakości i stabilności podłoża. Dzisiaj podłoża z 1,5% dodatkiem dokarmiaczy białkowych pozwalają na uzyskiwanie plonu średnio rocznego na poziomie maksymalnym $32\text{-}33 \text{ kg/m}^2$. Bez dodatku białkowego średni plon byłby niższy o dwadzieścia kg . Oznacza to, że przy obecnym systemie produkcji i uprawy jesteśmy w stanie dostarczyć składników pokarmowych na poziomie wskazanych plonów. Sporadycznie pojawiają się plony na wyższym poziomie - dochodzące nawet do ponad 40 kg/m^2 , ale także plony znacznie niższe od wskazanej średniej. Powód drugi to artykuł „Czar-

na skrzynka” autorstwa dr. K. Szudygi: opublikowany w numerze 2/2017 biuletynu „Pieczarki”, traktujący o produkcji kompostu i podłoża.

Sam tytuł w zasadzie daje odpowiedź na pytanie, dlaczego w Polsce jakość kompostu i podłoża jest niestabilna. Ich produkcja jest bowiem przysłowiową czarną skrzynką. Wymaga to jednak najpierw wyjaśnień użytego określenia, gdyż obawiam się, że znaczenie terminu „czarna skrzynka” dla znacznej części czytelników może być niejasne. Po wprowadzeniu do Internetu terminu „czarna skrzynka” uzyskamy informacje, że jest to rejestrator lotu w samolocie, a ostatnio także w samochodzie. Taka informacja nic nam jednak nie wyjaśnia. Dopiero użycie tego terminu w języku angielskim, („*black box*”) znajdziemy interesującą nas odpowiedź w Wikipedii. Po przetłumaczeniu otrzymujemy następującą definicję: „W nauce, informatyce i inżynierii czarną skrzynką jest urządzenie, system lub obiekt, które mogą być rozpatrywane w kategoriach ich wejść i wyjść (lub właściwości transmisji), bez znajomości ich wewnętrznego działania”. Wyjaśnia to nam, dlaczego autor użył terminu „czarna skrzynka” w tytule wzmiankowanego artykułu. Oznacza to, że wiemy, co wkładamy (słoma, pomiot kurzy, gips woda ewentualnie obornik koński i mocznik) i wiemy, co otrzymujemy (kompost lub podłoże o określonych cechach [parametrach],

ale nie wiemy jak i dlaczego. Konsekwencją tego stwierdzenia jest przypisywanie specjalnej roli w kompostowniach technologom, od których to ma zależeć los całej branży. W tym miejscu można sparafrazować powiedzenie Marka Oudena o uprawie pieczarki, że także produkcja tych surowców jest bardziej sztuką niż wiedzą. Stąd tak istotny wpływ technologów wskazywany przez wspomnianego autora na przebieg procesu produkcji i jej efekt końcowy. Zależy on od ich talentu, doświadczenia, wyczucia sytuacji, zaangażowania i tego, czy w danym dniu mają wenę twórczą lub jej brak. W artykule znajduje się także szereg informacji o osiągnięciach w zakresie produkcji kompostu i podłoża, na których bazuje dzisiejsza technologia jej produkcji. Opisy tych osiągnięć świadczą, że proces produkcji jest dobrze poznany od strony naukowej i raczej istnieje problem wykorzystania tej wiedzy, a nie jej braku. Przeczy to naszej zależności od cech osobowych i zaangażowania technologów w kompostowniach, ale nie pomniejsza w żaden sposób ich znaczenia jako osób odpowiedzialnych za przebieg procesu produkcji. A jednak problem czarnej skrzynki jest realny, o czym świadczy fakt, że do określenia podstawowego procesu wytwarzania kompostu używa się naprzemiennie dwóch terminów: „kompostowanie” i „fermentacja”. Oznacza to istotne zamieszanie

nie w podstawach wiedzy o procesie produkcji kompostu, gdyż procesy te powinny się wykluczać. Należy używać terminu „kompostowanie” tylko do wytwarzania kompostu (faza gorąca) zawsze w warunkach tlenowych (dostęp powietrza), od momentu natomiast wsiania grzybni do kompostu należy używać terminu „podłoże”, które składa się z grzybni i nieużytego przez nią kompostu - materii organicznej, związków mineralnych i mikroflory, głównie *Scytalidium*. Fermentacja natomiast to pozyskiwanie energii z martwej materii organicznej przez mikroorganizmy beztlenowe. Tym terminem nie można wyjaśnić procesu produkcji kompostu. Sam zresztą popełniałem ten grzech w przeszłości.

W tej sytuacji warto zadać sobie pytanie, czy wymieniona czarna skrzynka jest faktem czy mitem? To, że nie wypracowano systemu sterowania technologią produkcji kompostu i podłoża opartego na wiedzy naukowej o procesie kompostowania z udziałem pieczarki nie upoważnia, moim zdaniem, do stwierdzenia, że proces produkcji kompostu i podłoża jest czarną skrzynką. Podsumowując, główną przyczyną zmienności jakości produkowanego kompostu i podłoża (poza błędami i awariami) jest brak sposobu na obiektywną ocenę tego, co i ile używamy na wejściu i co - po wymieszanu tych składników - powinniśmy otrzymać na wyjściu oraz jakimi cechami powinno

charakteryzować się podłoże. Sama technologia pozwala na uzyskiwanie okresowo lub sporadycznie wysokiej jakości kompostu i podłoża do produkcji pieczarek, co oznacza, że istnieją możliwości poprawy ich stabilności i jakości.

Wiedza naukowa dostarcza nam informacji: co chcemy włożyć (jakich surowców użyć), jak przebiega proces produkcji kompostu i jego kolonizacji oraz co powinniśmy wyjąć, czyli, jakiego podłoża oczekujemy i ewentualnie, w jaki sposób je wzbogacać, żeby uzyskać oczekiwany plon. Czego nie wiemy? Tego, co w rzeczywistości i w jakiej ilości wkładamy i co w rezultacie otrzymujemy, jaki jest potencjał plonowania oferowanego do sprzedaży podłoża oraz jak możemy wzbogacać kompost i podłoże, Wynika to z braku pełnej informacji, co mierzyć i jak oraz w jaki sposób korygować proces produkcji w oparciu o system kontroli surowców i kompostu w poszczególnych fazach oraz podłoża.

W tej sytuacji warto odpowiedzieć na pytanie, jakie warunki trzeba spełnić, aby proces kompostowania przebiegał prawidłowo oraz jakie są oczekiwania pieczarki względem kompostu i podłoża w odniesieniu do oczekiwanego poziomu plonowania. Pozostaje pytanie „dlaczego”.

Podstawową przyczyną hamującą rozwój technologii i zminimalizowanie zmiennej jego jakości jest brak związku

między obecnie stosowaną technologią a potrzebami żywieniowymi pieczarki. Rozdzielenie procesu produkcji kompostu od samej uprawy to pogłębienie. W przedsiębiorstwach, w których taki związek istnieje, brak jest narzędzi do interpretacji cech kompostu z użyciem plonem. Wprowadzenie do systemu kontroli procesu produkcji kompostu nowych metod analitycznych cech kompostu (NIR – spektroskopii w bliskiej podczerwieni) nie zmieniło sytuacji. Świadczy o tym fakt, że nie obserwuje się, aby kompostownie posiadający ten system analityczny produkowały lepsze i stabilniejsze podłoża w Polsce.

Co dalej?

Rozwój produkcji kompostu i podłoża powinien być oparty zarówno na wiedzy naukowej o żywieniu pieczarki, jak i o metody jego analizy oparte o NIR zaadoptowane (i dalej rozwijane) z przemysłu paszowego, uwzględniając potrzeby żywieniowe pieczarki. Należy przy tym uwzględnić następujące fakty.

1. Naturalnym miejscem bytowania pieczarki są głównie łąki. Siedliska, w których dominują trawy podlegające rozkładowi po obumarciu oraz mineralizacji i humifikacji (kompostowaniu). Oznacza to, że pieczarka, jako saprofit, najlepiej dostosowana jest do wykorzystania obumarłych resztek organicznych pochodzących z traw.

2. Czym się odżywia? Pieczarka odżywia się w procesach rozkładu enzymatycznego (biodegradacja, biokonwersja i biosynteza) martwymi błonami komórkowymi ([CWC] zawierającymi hemicelulozę, celulozę, ligninę, pektynę, kutynę, woski i krzem i martwymi zawartościami wnętrza komórek ([CC] zawierającymi białka rozpuszczalne, tłuszcze, azot niebiałkowy, amidy, kwasy organiczne, cukry rozpuszczalne, skrobię, pektynę, składniki mineralne, glukozydy, alkaloidy i taninę) traw i martwych mikroorganizmów oraz rozpuszczonymi w wodzie cukrami prostymi i składnikami mineralnymi dostarczonymi przez rozkład biomasy uwalnianymi w procesie mineralizacji przez mikroorganizmy bytujące w podłożu. Podstawowym mechanizmem rozkładu błon komórkowych i treści komórek (cytoplazmy) jest zewnętrzny rozkład enzymatyczny, którego celem jest pozyskanie glukozy (głównie z hemicelulozy i celulozy), która używana jest do pozyskania energii niezbędnej do podtrzymania procesów życiowych oraz jako materiał budulcowy wykorzystywany, poprzez przekształcanie jej w polisacharyd chitynę (glukoza+azot, głównie rozpuszczony w wodzie NH₄⁺ pochodzący z procesu amonifikacji), do budowy grzybni, a później owocnika. W uprawie pieczarki ligniny są wykorzystywane w niewielkim stopniu. Stanowią one konstrukcję podłoża, zapewniając jemu strukturę. W przy-

padku szybkiego rozkładu przez pieczarkę lignin podłoże nie miałyby wymaganej do plonowania struktury zapewniającej wymianę gazową oraz pojemności wodnej. Pieczarka nie ma zdolności do wykorzystywania bezpośrednio aminokwasów. Własne aminokwasy, jak i pozostałe składniki własnej cytoplazmy, syntetyzuje samodzielnie. Proces odżywiania może być zakłócany przez składniki określone jako inhibitory enzymów pieczarki. To jest jednak oddzielne zagadnienie.

3. Od czego zależy plon pieczarki? Plon pieczarki w pierwszym i drugim rzucie zależy od masy grzybni w podłożu i okrywie, w trzecim i kolejnych rzutach natomiast - od dostępności składników pokarmowych uwalnianych przez mikroorganizmy bytujące w podłożu, głównie *Scytalidium*.

4. Jaki proces wykorzystujemy do produkcji kompostu i jaki związek ma on z zachowaniem się pieczarki? Podstawę stanowi proces kompostowania, a w produkcji pieczarki wykorzystujemy jego część określaną jako proces mineralizacji, czyli rozkład złożonej martwej materii organicznej przez enzymy mikroorganizmów do prostych związków nieorganicznych (biodegradacja) i organicznych (biokonwersja) i rozkład nieenzymatyczny materii organicznej w procesie Maillarda (karmelizacja). Podstawę procesu kompostowania martwej materii organicznej jest jej skład, który zapewnia stosunek

węgla (C) do azotu jak 30 do 1 (proces kompostowania rozpoczyna się przy znacznie większym zakresie stosunku C:N, bo jak 17-30 do 1) i wody oraz fosforu (P) w stosunku węgla jak 100 do 1 w warunkach dostępu powietrza (tlenu). Źródłem azotu jest kwas moczowy z odchodów z pomiotu kurzego i moczu koni (przy wykorzystywaniu obornika końskiego). W produkcji kompostu dla potrzeb produkcji pieczarek wykorzystujemy pierwszą fazę procesu kompostowania określaną jako gorąca, w trakcie której następuje biodegradacja słomy, czyli jej otwarcie (biodegradacja wosku) i rozwłóknienie (biodegradacja pektyny) celem zwiększenia przyswajalności błon komórkowych, dostępu do zawartości komórek, wzrostu pojemności wodnej kompostu oraz proces amonifikacji. Procesy ten przeprowadzają mikroorganizmy mezofilne. Dalszy wzrost temperatur dokonywany jest przez organizmy termofilne, które pogłębiają proces biodegradacji słomy. Po osiągnięciu temperatury ponad 75°C rozpoczyna się nieenzymatyczny proces przekształcania cukrów i białek w wysokich temperaturach (karmelizacja), który ma dostarczyć materiałów pokarmowych do rozwijającej się mikroflory w procesie dojrzewania oraz sanityzacja (pasteuryzacja), czyli eliminacja mikroorganizmów niekorzystnych dla tego procesu w fazie tzw. zimnego kompostowania (mineralizacji kompostu przez

pieczarkę). Ten etap można określić jako przygotowanie bazy pokarmowej dla mikroorganizmów namnażanych w procesie dojrzewania i uwolnienia amoniaku (azotu lotnego). Uwalniający się amoniak jest jednak źródłem strat azotu podczas kompostowania. Stąd tak ważną rolę pełni napowietrzanie przyzmy, gdy wydmuchiwanie amoniaku jest nadmierne. Straty azotu mogą również nastąpić w przypadku pojawiania się stref beztlenowych w kompoście. Uruhmiany jest wówczas proces denitryfikacji, czyli przekształcania azotanów do form gazowych azotu. Niekorzystnym procesem jest także utrata węgla w procesie zbyt intensywnej mineralizacji (utrzymywanie procesu mineralizacji zbyt długo lub utrzymywanie za wysokich temperatur w kompoście). Proces kompostowania jest procesem egzotermicznym, w którym następuje przemiana wielocukrów w energię, a tym samym zmniejszanie ich ilości dostępnej dla mikroflory w fazie dojrzewania i dla pieczarki w okresie przerastania kompostu. Obserwacje wskazują na konieczność dostosowywania okresu wysokich temperatur w przyzmy do twardości słomy. Przy tym samym schemacie produkcji użyskujemy bardzo zróżnicowane w składniki pokarmowe dla pieczarki komposty. W kompostach ze słomy miękkiej bardzo łatwo jest doprowadzić do nadmiernego spadku w nich węgla; celulozy i hemicelulozy.

Po wykorzystaniu przez mikroorganizmy termofilne łatwo dostępnych cukrów i azotu temperatura spada, mikroorganizmy termofilne obumierają (faza II). Powstaje biomasa składająca się z biorących udział w procesie dojrzewania obumarłych komórek mikroorganizmów i niezmineralizowanej materii organicznej. Przebieg procesów biochemicznych zachodzący w kompoście jest dobrze znany.

Wysiana grzybnia pieczarki, po kolonizacji kompostu (eliminacji mikroorganizmów konkurencyjnych i zbędnych dla jej rozwoju, pozostawiając *Scytalidium*) przystępuje do wykorzystania przez rozkład enzymatyczny zawartych w nim składników pokarmowych i w procesie biosyntezy buduje grzybnię. Pozostała po zakończeniu szoku nierozłożona celuloza jest dalej rozkładana, przede wszystkim przez *Scytalidium*. Rozpuszczone w wodzie cukry proste i składniki mineralne wykorzystywane są przez pieczarkę, głównie w trzecim i kolejnych rzutach.

W przypadku uprawy pieczarek proces humifikacji rozpoczyna się po wprowadzeniu do gleby podłoża po jej uprawie. Polega on na rozkładzie przez organizmy glebowe trudno rozpuszczalnych frakcji polisacharydów niezmineralizowanej słomy, głównie lignin, i przemiany ich w próchnice wzbogacone o składniki mineralne powstałe w procesie mineralizacji.

Zastosowanie metod analizy fizycznych w produkcji kompostu i podłoża

Zastosowanie metod analitycznych wykorzystujących NIR (spektroskopię bliskiej podczerwieni)

W Polsce funkcjonuje oferowany przez MC Substradd zestaw laboratoryjny zawierający analizator z odpowiednim oprogramowaniem i bazą danych do szybkiej analizy kompostu, w tym i w podłożu (kompost fazy III), pomiotu kurzego i słomy. Metoda pomiaru jest pośrednia i wymaga kalibracji, czyli ustalenia zależności między widmem a parametrami kompostu. Oferuje je dostawca, ale wymaga to często ich dostosowania do warunków konkretnej kompostowni. Zakup tego zestawu nie oznacza likwidacji laboratorium pracującego w oparciu o dotychczas stosowane metody mokre, gdyż istnieje konieczność prowadzenia analiz wspierających kalibrację. Za pomocą tego urządzenia nie oznacza się mikro- i makro pierwiastków. Główną zaletą, obecnie wykorzystywaną, jest prostota i szybkość wykonywanych analiz. Uzyskanie prawidłowego wyniku wymaga pobrania reprezentatywnej próby badanego materiału. Ze względu na możliwość wykonania w krótkim czasie dużej liczby analiz można bardziej precyzyjnie scharakteryzować badany kompost. Są to jednak zawsze wyniki po pobraniu próby, a nie uzyskiwane w czasie rzeczywistym. W kraju po-

dobne rozwiązania proponuje Nuscana Biotechnika laboratoryjna. Firma ta dostarcza, oprócz analizatora NIR, kalibracje przystosowane do konkretnych potrzeb producentów kompostu. Zaletą jest to, że badania i kalibracje wykonywane są w kraju, a same kalibracje są bezpłatne. Koszt stanowi jedynie przeprowadzenie badań metodami klasycznymi. Na podstawie badań laboratoryjnych i widm danych próbek tworzone są krzywe kalibracyjne, które następnie wgrywane są w analizatory NIR. Kalibracje te można rozszerzać i udoskonalać poprzez dokładanie kolejnych punktów. Można też dodawać nowe cechy do istniejących już metod. Tych, którzy dysponują własnym zapleczem laboratoryjnym Nuscana wyposaża w oprogramowanie do tworzenia kalibracji. W tym zakresie oferowane są także szkolenia.

Można uzyskać następujące parametry kompostu oraz korelacje między nimi (za MC Substradd):

- wilgotność,
- białko surowe,

Białko ogólne, białko surowe - całkowita ilość wszystkich azotowych składników pokarmowych, tj. białka właściwego, białka złożonego i związków azotowych niebiałkowych (NPN), zawierających w swym składzie azot.

- pH,
- popiół,
- azot ogólny lotny (TVN),
- ADF celuloza,

- NDF hemiceluloza,
- ADL ligniny.

Jak rozumiane jest znaczenie badanych parametrów w produkcji kompostu, charakteryzując następujące słowa (w moim tłumaczeniu) ze strony internetowej: „Przez ostatnie trzy parametry możemy scharakteryzować skład węglowodanów kompostu, najważniejszego źródła pożywienia dla grzybni. Kompostowanie, jako proces, polega na rozkładzie węglowodanów i udostępnienie ich oraz azotu organicznego grzybni. Analizowanie tego jest krokiem do przodu.” Trudno jednak zgodzić się ze stwierdzeniem, że pieczarka korzysta bezpośrednio z azotu organicznego. Nie potwierdza tego wiedza naukowa.

Pomiot kurzy

W pomiole kurzym oznaczać można wilgotność, popiół, azot i amoniak.

Słoma

NIR pozwala na oznaczanie jej struktury, pojemności wodnej i wartości żywieniowej.

Brak jest informacji o możliwości pomiaru składu gnojówki.

Proces produkcji kompostu i podłoża oraz zakres prowadzonych analiz

Proponuje się następujący program analiz w procesie produkcji kompostu i podłoża:

1. analiza surowców;
 - pomiot kurzy: wilgotność, popiół, azot i amoniak, NSP (biomasa), NDF (hemiceluloza) ADF (celuloza) i NPN (azot niebiałkowy)
 - słoma: struktura, pojemność wodna i wartość żywieniowa oraz pektyny i woski;
 - gnojówka: zawartość azotu, pH, RD;

Oddzielnym otwartym zagadnieniem pozostaje pytanie, czy surowce nie zawierają, a jeżeli tak to jakie składniki, które zakłócają proces kompostowania i w jaki sposób je mierzyć?

2. kompost fazy I;

- ustalenie receptury w oparciu o przeprowadzone analizy; Ustalenie receptury C:N z uwzględnieniem strat na ulatniający się amoniak to obecnie najtrudniejszy element technologii. Ustalenie i uzyskanie prawidłowego stosunku C:N jest warunkiem podstawowym na uzyskanie standardowego kompostu. Rodzaj i stan pomiotu kurzego, obok właściwego odważenia surowców, to największe wyzwanie. Należy także kontrolować stosunek węgla do fosforu (C:P), wykorzystując analizę na mokro.
- mieszanie surowców

Po wymieszaniu surowców: wilgotność, NSP (biomasa) i NPN (azot niebiałkowy), C:P, C:N (według przyjętego standardu);

- faza mezofilna – otwieranie i rozwóknianie słomy, wbudowywanie wody, rozpoczęcie procesu nityfikacji w warunkach napowietrzania;

Poziom zawartości wosku i pektyny powinien wskazywać na stopień otwarcia słomy.

- faza termofilna biochemiczna z napowietrzaniem namnażanie mikroorganizmów termofilnych i proces karmelizacji;

Pomiar, obok standardowych dla kompostu pomiarów, także NFC (niestrukturalnych cukrów) i NPN (azotu niebiałkowego);

3. Kompost faza II

Celem tej fazy produkcji kompostu jest maksymalne nagromadzenia biomasy z obumarłych mikroorganizmów, hemicelulozy, celulozy i azotu niebiałkowego. Ich poziom wskazuje na potencjał składników pokarmowych przyswajalnych przez grzybnię pieczarki w rozkładzie enzymatycznym. Po zakończeniu pasteryzacji, dojrzewania i schodzeniu kompostu standardowy zakres analiz taki sam jak dla kompostu fazy I oraz: NSP (biomasa), NPN (azot niebiałkowy), NDF (hemiceluloza), ADF (celuloza), i NFC (niestrukturalne cukry mogą wskazywać na możliwość rozwoju zielonych pleśni).

4. Podłoże (faza III)

Efektem tej fazy jest maksymalne przeniesienie przyswajalnych przez pieczarkę składników pokarmowych

do grzybni pieczarki. Po przeroście kompostu – zakres analiz jak dla kompostu fazy II, pomiar masy grzybni poprzez oznaczenie azotu organicznego jako pomiaru pośredniego (grzybnia + *Scytalidium*) oraz NSP (biomasa), NPN (azot niebiałkowy), NDF (hemiceluloza), ADF (celuloza), i NFC (niestrukturalne cukry), które wskazywać będą na potencjał zawartego w podłożu kompostu plonowania III rzutu; składniki pokarmowe dla *Scytalidium*.

Podstawy sterowania procesem produkcji kompostu i podłoża

Wyprodukowanie podłoża o stabilnej jakości pozwalającego na osiągnięcie plonów na poziomie 40 kg/m² jest możliwe do osiągnięcia dzięki wykonaniu kolejno następujących zadań:

1. ocena stanu surowców,
2. opracowanie receptury,
3. wymieszanie surowców,
4. przeprowadzenie biodegradacji słomy za pomocą mikroorganizmów mezo- i termofilnych,
5. przeprowadzenie karmelizacji mieszaniny surowców w procesie Maillarda,
6. ocena przebiegu produkcji podłoża fazy I i podjęcie decyzji o ewentualnym uzupełnieniu składników do przyjętego standardu,
7. przeprowadzanie pasteryzacji i dojrzewania,
8. ocena przebiegu produkcji podłoża fazy II i podjęcie decyzji o ewen-

- tualnym uzupełnienie składników do przyjętego standardu,
9. wysiew grzybni i przeprowadzenie przerostu podłoża,
 10. ocena przebiegu przerostu i podłoża oraz podjęcie decyzji o ewentualnym uzupełnienie składników do przyjętego standardu lub podanie zaleceń producentom pieczarki o ewentualnym programie dokarmiania.

Kluczem pozostaje prawidłowe ustalenie stosunku C:N na starcie, ocena stopnia rozwłóknienia słomy i uwolnienia węglowodanów oraz stopień przekształcenia materii organicznej w użyteczną mikroflorę i słomę do rozkładu enzymatycznego przez pieczarkę.

Wdrażanie

Proces wdrażania wymaga czasu oraz dużego wysiłku intelektualnego i organizacyjnego w kompostowni, a także współpracy z klientami.

Można podzielić go na następujące etapy:

1. wdrożenie procedur pomiarowych i weryfikacja własnych standardów (kalibracja) oraz przyjęcie innej koncepcji oceny kompostów i podłoża;
2. zbudowanie własnej bazy danych integrującej posiadane wyniki oraz informacje o zachowaniu się podłoża u klientów, a także umiejętność analizy posiadanych informacji i wyciągania wniosków do

3. zastosowania ewentualnych zmian w technologii;
3. sterowanie etapami produkcji w oparciu o uzyskiwane wyniki analiz i obserwacje;
4. podjęcie decyzji o tym czy i w jakim zakresie będzie się stosowało dodatki i dokarmiacze oraz ich pilotażowe stosowanie do czasu ich wprowadzenia do technologii produkcji kompostu i podłoża.

Jakie są obecnie główne przyczyny zmienności jakości podłoża?

1. Niekontrolowany przebieg rozkładu słomy po wymieszaniu surowców. Plony są tym niższe, im stopień otwarcia słomy jest mniejszy. Wskazuje na to wyższy poziom wosków, głównie pektyn. Powoduje to mniejszą zawartość cukrów dostępnych w fazie dojrzewania otrzymanych w fazie karmelizacji oraz mniejszy dostęp do hemicelulozy i celulozy mikroorganizmów w fazie dojrzewania. W efekcie tego zawartość biomasy dostępnej dla pieczarki jest niższa.

2. Zbyt niska dostępność azotu niebiałkowego w całym procesie produkcji kompostu. Wynika to zarówno z dużej zmienności ilości kwasu moczowego w pomiole kurzym, jak i dużej łatwości jego ulatniania się w procesie amonifikacji. Niedostatek azotu niebiałkowego ogranicza tworzenie się biomasy w fazie II oraz możliwości wykorzystania glukozy uzyskiwanej

w procesie trawienia enzymatycznego przez pieczarkę i tym samym zdolności do tworzenia chityny i białek.

3. Straty nadmierne węgla w słomach kruchych przez stosowanie tych samych cyklów technologicznych. To prawdopodobnie główna przyczyna spadków plonów w drugim rzucie.

Oczekiwany poziom zasobności podłoża pozwalający na plon na poziomie 40 kg/m^2 w trzech rzutach na rynek świeży można osiągnąć poprzez jego produkcję w kompostowni lub też jego wzbogacanie w pieczarkarni. Obecnie popyt na takie podłoże nie jest zbyt wielki, gdyż niewielu producentów

pieczarek jest w stanie osiągać takie plony. W tej sytuacji pozostaje poszukiwanie takich dodatków i dokarmiaczy, które spełnią to oczekiwanie, niezależnie od jakości produkowanego podłoża. Czy to oczekiwanie jest możliwe do realizacji? Uważam, że tak. Podstawę takich dokarmiaczy mają stanowić dodatki celulozowe wzbogacone mikro- i makroelementami bez powodowania efektu termicznego. Powinno to pozwolić na ich stosowanie w dużych dawkach do podłoża tak, aby zawsze można było uzyskać oczekiwany plon. Pierwsze testy potwierdzają słuszność tego założenia. ■