



INSTYTUT BIOTECHNOLOGII  
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO  
im. prof. Wacława Dąbrowskiego  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

## Opracowanie wytycznych dla gospodarstw w zakresie wyliczania śladu węglowego dla procesów przetwórczych



Badania realizowane w ramach: Zadanie 4. Identyfikacja i opracowanie nowych krajowych wskaźników jednostkowych oraz zrównoważonych metod produkcji dla celów ochrony środowiska i przeciwdziałania zmianom klimatu w rolnictwie

na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi  
*Umowa nr DRR.prz.070.1.2022.*



**Opracowanie:**

**dr inż. Elżbieta Polak  
dr inż. Magdalena Wróbel-Jędrzejewska  
mgr inż. Ewelina Włodarczyk  
mgr inż. Paweł Kuleta  
mgr inż. Łukasz Przybysz  
dr inż. Joanna Markowska  
dr inż. Agnieszka Tyfa  
mgr inż. Anna Drabent**

**Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego  
im. prof. Waława Dąbrowskiego  
Państwowy Instytut Badawczy**

**Zakład Technologii i Techniki Chłodnictwa  
Łódź, grudzień 2022**

Opracowano wytyczne dla gospodarstw w zakresie wyliczania śladu węglowego dla procesów przetwórczych w gospodarstwach rolnych w oparciu o zgromadzone i przeanalizowane dane literaturowe.

Metodyka obliczania śladu węglowego nie została jeszcze w dokładnie unormowana. Najbardziej uznane za powszechne są dwie procedury pomiaru śladu węglowego. Pierwsza z nich korzysta ze standardów wyznaczonych przez Międzyrządowy Panel ds. Zmian Klimatu – IPCC (ang. Intergovernmental Panel on Climate Change), druga zaś opiera się na LCA (ang. life cycle analysis), czyli cyklu życia produktu. Metody te powstały na mocy norm. W przypadku pierwszej odnosi się do normy 14067:2018, natomiast w drugim przypadku ma zastosowanie grupa norm serii ISO 14040. Metody te umożliwiają uzyskanie ilościowego wyniku odnośnie emisji gazów cieplarnianych GHG. Zasadnicza różnica między nimi jest taka, iż w cyklu życia produktu uwzględnia się szerszy zakres oddziaływania produktu na środowisko, w porównaniu do metody określania śladu węglowego skupiającej się wyłącznie na globalnym ociepleniu [Burchard-Dziubińska 2016].

Pomiary mogą dotyczyć emisji bezpośrednich wytwarzanych przez przedmiot badania – określony obiekt, jak również emisji pośrednich, które uwzględniają emisje zewnętrzne powstałe poza nim, ale dotyczące jego funkcjonowania. Następnym zagadnieniem jest określenie gazów cieplarnianych, branych pod uwagę do analizy oraz wyznaczenie granic systemu, który jest jej poddawany. Zatem jest możliwość analizowania emisji zachodzących w ciągu roku lub innego określonego przedziału czasowego, albo emisji w odniesieniu do badanego obiektu – cały cykl jego życia [Śleszyński 2016].

Oznacza to, że ślad węglowy produktu jest traktowany jako fragment analizy LCA. W celu wyliczenia śladu węglowego (ekwiwalentnej emisji CO<sub>2</sub>) metodyka IPCC proponuje, aby przemnożyć emisję określonego gazu cieplarnianego przez dedykowany wskaźnik globalnego ocieplenia przy uwzględnieniu właściwego zakresu czasowego [Łasut i Kulczycka 2014]. Inaczej kształtuje się kompleksowy sposób szacowania współoddziaływania w relacji wyrób - otoczenie (metoda LCA), w której uwzględniony jest pełny cykl życia określonego wyrobu. Dotyczy on kolejno: procesu pozyskania surowców, produkcję i transport, składowanie końcowe lub gospodarcze wykorzystanie.

Zakres analizy cyklu życia jest różny w zależności od dostępnych danych oraz kierunku prowadzenia badań. Uwzględniając dane literaturowe [Kowalski i in. 2007] najczęściej stosuje się dwa zakresy: od kołyski do grobu – „from cradle to grave” lub od kołyski do bramy klienta

- „from cradle to gate”. W celu określenia zagadnień środowiskowych, oprócz GWP stosuje się inne wskaźniki szkodliwości środowiskowej [Lewandowska 2012]. Kierując się wytycznymi wskazanymi w normach ISO pełna ocena cyklu życia produktu uwzględniać powinna cztery etapy analizy, nazwane poziomami I, II, III i IV wraz z ich charakterystyką, odpowiednio:

- I – określić cel oraz zakres analizy, uwzględnić odpowiednie specyfikacje,
- II – dokonać analizy zbioru wejść i wyjść, tj. zebrać dane odnośnie określonych procesów jednostkowych,
- III – ocenić wpływ (oddziaływanie) cyklu życia oraz dane zebrane na wcześniejszych etapach,
- IV – zinterpretować wyniki i dokonać porównania otrzymanych rezultatów z celem badań.

Uzyskany wynik końcowy wraz z jego dokładnością wynika z przyjętych metod badawczych, ich dokładności, oraz jakości pozyskanych wskaźników, które posłużyły do obliczenia końcowego.

Powszechnie stosowana jest również metoda analizy śladu węglowego według specyfikacji PAS 2050 – „Publicly Available Specification 2050”, opracowana przez British Standard Institute (BSI). Skupia się wyłącznie na ilościowym obliczeniu emisji gazów cieplarnianych powstałych w cyklu życia konkretnych produktów/procesów, bez uwzględniania potencjalnych oddziaływań środowiskowych, społecznych i ekonomicznych [BSI 2008]. Ponadto, strategia ta opiera się na istniejących metodach oceny cyklu życia zawartych w ISO 14040/14044.

Uwzględniając te dwa podejścia, analiza śladu węglowego obejmuje następujące etapy tj. określenie celu, zakresu, analizę zbioru wejść i wyjść, oceny wpływu cyklu życia. Na etapie określania zakresu podejmuje się wiele decyzji metodycznych, np. określa dokładną definicję jednostki, wskazuje granice systemu oraz wybiera dodatkowe informacje środowiskowe i techniczne, główne założenia i ograniczenia. Na etapie analizy zbioru wejść i wyjść gromadzone są dane i przeprowadza się obliczenia w celu określenia ilościowego wejść i wyjść badanego procesu. Wejścia i wyjścia dotyczą energii, surowców i innych fizycznych wejść produktów oraz odpadów i emisji. Zgromadzone dane dotyczą głównych procesów i procesów pobocznych. Dane wprowadza się w odniesieniu do jednostek procesów i jednostki funkcjonalnej. W praktyce, w miarę gromadzenia danych i uzyskiwania nowych informacji na temat systemu, mogą pojawić się nowe wymagania lub ograniczenia, co pociągnie za sobą

konieczność zmiany procedur gromadzenia danych, tak aby w dalszym ciągu spełniane były cele analizy. Proces ten przeprowadza się w oparciu o metody oceny wpływu cyklu życia, zgodnie z którymi w pierwszej kolejności emisje dzieli się na kategorie oddziaływania, a następnie charakteryzuje wspólnymi jednostkami (np. zarówno emisje CO<sub>2</sub>, jak i emisje CH<sub>4</sub> wyraża się w ekwiwalentach dwutlenku węgla na podstawie ich współczynnika globalnego ocieplenia). Następnie interpretuje się wyniki „analizy zbioru wejścia i wyjścia” i oceny wpływu cyklu życia zgodnie z określonym celem i zakresem. Na tym etapie określa się najważniejsze kategorie oddziaływania, etapy cyklu życia, procesy i przepływy podstawowe. Na podstawie wyników analiz można wyciągnąć wnioski i opracować zalecenia.

Analiza śladu węglowego składa się z następujących etapów:

- określenia celu i zakresu analizy, jednostki funkcjonalnej oraz granic systemu,
- analizy zbioru wejść i wyjść,
- oceny wpływu w całym cyklu życia,
- interpretacji cyklu życia (dokonanie analizy).

Zakresy analizy śladu węglowego:

- „od kołyski do bramy” – uwzględnia wszystkie etapy od wydobycia surowca po dostarczenie gotowego produktu do klienta,
- „od kołyski do grobu” – uwzględnia wszystkie etapy od wydobycia aż po utylizację odpadów,
- „od pola do stołu” – uwzględnia wszystkie etapy od zasiewu po gotowy produkt na półce sklepowej.

Przykładowy schemat postępowania do analizy CF produkcji soku.

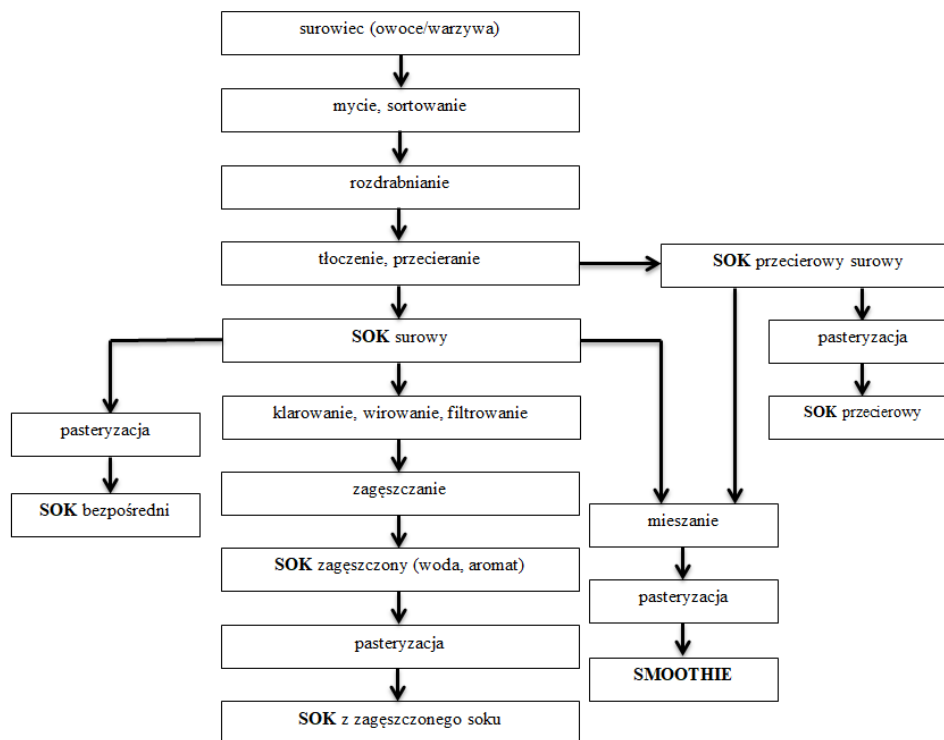
1. Scharakteryzuj proces technologiczny i określ zakres pomiarowy.
2. Wybierz metodologię.
3. Przeanalizuj bilans masowy składników wykorzystanych do produkcji.
4. Opracuj metodę obliczania śladu węglowego oraz system opomiarowania linii technologicznych wraz z systemem akwizycji i archiwizacji danych produkcyjnych.
5. Rejestruj dane dla wybranego procesu technologicznego.
6. Przeprowadź pomiar zużycia energii w czasie, w warunkach rzeczywistej produkcji wraz z rejestracją jej wielkości oraz ilości cykli produkcyjnych.

Przykładowy wybór metodologii: metodologia „od pola do bramy”, analiza śladu węglowego zgodnie z normą ISO/TS 14067:2013 Greenhousegases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication.

Wybór jednostki funkcjonalnej: ślad węglowy w odniesieniu do 1 kg produktu.

Zakres analizy dla produkcji soku, obejmuje:

- transport surowca od plantatora (plantatorów) do zakładu produkcyjnego,
- procesy technologiczne w zakładzie produkcyjnym (rys. 1),
- transport wewnętrzny na terenie zakładu.



Rys. 1. Schematy jednostkowych etapów w produkcji różnych soków

Uwzględniając technologię produkcji należy opracować schemat jednostkowych procesów wraz z wykorzystywanymi urządzeniami, które wpływają na emisje pośrednie i bezpośrednie. Następnie opracować system opomiarowania wraz z bazą danych i przeprowadzić rejestrację emisji na poszczególnych etapach. Na wszystkich etapach produkcji należy zaplanować i wyznaczyć punkty pomiarowe umożliwiające rejestrację kluczowych parametrów. System monitorowania powinien uwzględniać:

- pomiary energii elektrycznej,
- infrastrukturę informatyczną,
- wprowadzanie i odczyt danych pomiarowych,
- walidację pomiarów,
- nadzór nad pomiarami,
- zapis pomiarów.

## Wytyczne ogólne analizy śladu węglowego produktów rolno-spożywczych

### 1. Zdefiniowanie celów i zakresu badania śladu węglowego produktu

#### 1.1. Określenie celu

Określenie celu powinno obejmować:

- zakładane zastosowanie,
- cel przeprowadzania analizy,
- docelowych odbiorców,
- wskazanie podmiotu zlecającego analizę.

#### 1.2. Określenie zakresu

Zakres analizy szczegółowo opisuje procesy objęte oceną i specyfikacje techniczne urządzeń.

Określenie zakresu badania musi być zgodne z określonymi celami analizy i obejmuje:

- jednostkę funkcjonalną
- granice systemu
- założenia/ograniczenia

Należy określić wszystkie emisje na poszczególnych zakresach analiz tj.:

- w zakresie 1 - emisje bezpośrednie, czyli związane z:
  - spalanie paliw w źródłach stacjonarnych, np. gazu ziemnego na ogrzewanie budynku, lub mobilnych, np. samochodów osobowych lub ciężarowych,
  - procesami technologicznymi oraz ułatwiającymi się czynnikami chłodniczymi.
- w zakresie 2 - emisje pośrednie, czyli związane z:
  - importowaniem (zakupionej lub dostarczonej z zewnątrz) energii elektrycznej, ciepłej, pary technologicznej lub chłodu.
- w zakresie - inne pośrednie emisje:
  - wygenerowane w całym łańcuchu przedsiębiorstwa, przykładowo:
    - w rezultacie wytworzenia surowców, zagospodarowania odpadów, transportu surowców oraz produktów,
    - w efekcie korzystania z produktów przez użytkowników końcowych.

#### 1.3. Jednostka funkcjonalna

Mianem śladu węglowego określa się wyliczenie całkowitej emisji gazów cieplarnianych podczas pełnego cyklu życia produktu (gospodarstwa, przedsiębiorstwa). Jest on wyrażony

jako ekwiwalent dwutlenku węgla na jednostkę funkcjonalną produktu, technologii, usługi ( $\text{CO}_2/\text{jedn. funkcjonalna}$ ). Jednostkę funkcjonalną stanowi określona ilościowo efektywność systemu produktu, którą stosuje się jako jednostkę odniesienia. Jednostka funkcjonalna jakościowo i ilościowo opisuje funkcje i czas trwania produktu objętego analizą.

Jednostka funkcjonalna określana jest z uwzględnieniem następujących kwestii:

- zapewniane funkcje/usługi
- zakres funkcji lub usługi
- czas trwania/okres trwałości produktu

#### 1.4. Granice systemu

Granice systemu określają, które powiązane okresy cyklu życia i procesy należą do analizowanego systemu, z wyjątkiem procesów wykluczonych. Przyczyna każdego wyłączenia i jego potencjalne znaczenie muszą zostać uzasadnione i udokumentowane. Granice systemu muszą zostać określone na podstawie łańcucha dostaw, włącznie z wszystkimi etapami, począwszy od pozyskania i wstępnego przetworzenia surowców, poprzez wytworzenie głównego produktu, dystrybucję i przechowywanie produktu i etap eksploatacji aż do przetwarzania związanego z wycofaniem produktu z użytku.

## 2. Analiza zbioru wejść i wyjść

Etapy cyklu życia produktu powinny obejmować co najmniej:

- pozyskanie i przetwarzanie wstępne surowców,
- produkcję,
- przechowywanie produktu,
- transport wewnętrzny i zewnętrzny.

### 2.1. Pozyskiwanie i przetwarzanie wstępne surowców

Ten etap cyklu życia zaczyna się od pozyskania surowca i kończy, gdy elementy składowe produktu zostają dostarczone do obiektu, w którym produkuje się dany produkt. Przykłady procesów, które mogą występować na tym etapie, obejmują:

- wydobycie i pozyskanie surowca,
- transport w ramach gospodarstwa, w których odbywa się pozyskanie i przetworzenie wstępne surowców rolnych, a także transport między jednostkami czy transport do gospodarstwa w którym realizowany jest proces przetwórczy.



## 2.2. Produkcja

Etap produkcji rozpoczyna się od momentu dostarczenia surowca do miejsca produkcji, a kończy, gdy gotowy produkt opuszcza obiekt produkcyjny. Przykłady działań związanych z produkcją obejmują:

- termiczna/chłodnicza obróbka,
- przetwarzanie,
- transport półproduktów między procesami związanymi z przetwarzaniem.

Odpady z produktów wykorzystanych w produkcji powinny być również uwzględnione w analizie.

## 2.3. Etap dystrybucji

Produkty są dystrybuowane do odbiorców i mogą być przechowywane na różnych etapach łańcucha dostaw. Etap dystrybucji obejmuje transport z gospodarstwa do magazynu/punktu sprzedaży detalicznej, przechowywanie w magazynie/punkcie sprzedaży detalicznej oraz transport z magazynu/punktu sprzedaży detalicznej do konsumenta. Przykłady emisji z etapu dystrybucji pochodzą m.in.::

- energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia i ogrzania składów,
- wykorzystywanie czynników chłodniczych w składach i pojazdach transportowych,
- zużycie paliwa przez pojazdy.

## 3. Zebranie danych emisyjnych i opracowanie bazy danych do wyliczania śladu węglowego produktów rolno-spożywczych

Konieczne jest powiązanie danych produkcyjnych i danych emisyjnych w celu analizy i wyliczenia śladu węglowego, konieczne jest przygotowanie wyników i zgromadzenie ich w bazach danych.

## 4. Weryfikacja analizy śladu węglowego produktów rolno-spożywczych

Każda przeprowadzona analiza śladu węglowego powinna podlegać weryfikacji w celu uzyskania wiarygodnych danych. Najczęściej wymagane jest przeprowadzenie badań dla kilku cykli produkcyjnych w powtarzalnych warunkach.

## 5. Wskazanie obszarów o najniższej emisyjności w wytworzeniu danego produktu rolno-spożywczego w celu modyfikacji procesów produkcyjnych

## Podsumowanie

Każde gospodarstwo, które chce być konkurencyjne klimatycznie musi zmierzyć swój ślad węglowy oraz ślad węglowy swoich produktów. Gospodarstwo rolne prowadzące działalność powinno zadbać o poprawę własnych wskaźników emisyjności m.in. poprzez wybór dostawców produktów lub usług, którzy policzyli swój ślad węglowy i wdrażają działania redukujące emisję gazów cieplarnianych.

Jeśli analizujemy CF gospodarstwa, to musimy zmierzyć najczęściej w ujęciu rocznym, emisje gazów cieplarnianych generowane w wyniku działalności. Najpierw należy zidentyfikować i określić wszystkie emisje poprzez:

- wybór czasu – okresu analizy działalności gospodarstwa rolnego (najczęściej okres roczny),
- ustalenie zakresów analizy uwzględniające ograniczenia organizacyjne i operacyjne,
- zebranie danych dotyczących operacji jednostkowych, odpowiadających za emisję gazów cieplarnianych
- opracowanie bazy danych umożliwiających obliczenia CF poprzez powiązanie ich z odpowiednimi procesami
- opracowanie analizy CF i przygotowanie kierunków redukcji CF

Dane dotyczące różnych działalności gospodarstwa można podzielić na trzy zakresy emisyjności (zgodnie z międzynarodowym standardem GHG Protocol):

- **pierwszy** – bezpośrednie emisje gazów cieplarnianych (wytworzone w gospodarstwie) np. emisje wynikające ze spalania paliw w urządzeniach lub pojazdach będących własnością gospodarstwa, wycieki fluorowanych gazów cieplarnianych (HFC) z systemów chłodniczych lub klimatyzacyjnych oraz wszelkie emisje z innych procesów,
- **drugi** – emisje pośrednie pochodzące z zakupionej energii elektrycznej, ciepła, pary i chłodu, które wykorzystuje się do prowadzenia gospodarstwa rolnego,
- **trzeci** – inne emisje pośrednie występujące w łańcuchu dostaw, czyli emisje gazów cieplarnianych tj. emisje związane np. z transportem zakupionych towarów, wywozem odpadów.

## DO NAJWAŻNIEJSZYCH KORZYŚCI WYNIKAJĄCYCH Z ANALIZY ŚLADU WĘGLOWEGO NALEŻĄ:

- poznanie realnej wielkości emisji gazów cieplarnianych (GHG) podczas procesu produkcji każdego produktu rolno-spożywczego, oraz określenie, który etap ma największy wpływ na zanieczyszczenie środowiska,
- zoptymalizowanie procesu produkcyjnego poprzez m. in. zwiększenie efektywności energetycznej, korzystanie z dostawców lokalnych, zlikwidowanie tzw. pustych przebiegów w transporcie,
- dokładne określenie pozycji wytwórcy żywności na rynku rolno-spożywczym względem innych podobnych producentów, biorących pod uwagę CF produktów,
- możliwość bycia gospodarstwem „transparentnym”, zaufanym i konkurencyjnym w porównaniu do innych, poprzez wdrażanie optymalizacji procesów w kierunku niskoemisyjności,
- możliwość opracowania strategii produkcji żywności charakteryzującej się
  - o niskim CF,
  - o ograniczeniem zużycia surowców,
  - o zintensyfikowaniem współpracy z dostawcami o niskim śladzie węglowym;
- rolnik, znający ślad węglowy, może wspierać lokalne działania podejmowane, aby zidentyfikować lokalne źródła emisji w celu wspierania ich redukcji,
- spełnianie oczekiwań najbardziej wymagających klientów w celu zdobycia pozycji lidera rynku i zwiększenia świadomości konsumentów w zakresie ochrony środowiska,
- możliwość używania oznakowania śladem węglowym w celach marketingu i komunikacji o oddziaływaniu produktu na środowisko.

**Niniejsza broszura przedstawia wyniki badań zrealizowane w 2022 r. w ramach:**

Zadania 4. Identyfikacja i opracowanie nowych krajowych wskaźników jednostkowych oraz zrównoważonych metod produkcji dla celów ochrony środowiska i przeciwdziałania zmianom klimatu w rolnictwie

**Zadania IBPRS-PIB: Optymalizacja przetwarzania płodów rolnych w celu racjonalnego gospodarowania energią oraz obniżenia emisji gazów cieplarniarnych dla tworzenia standardów dla produktów rolno-spożywczych**

finansowanych na podstawie umowy nr DRR.prz.070.1.2022.  
przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

**Analizy metod wyznaczania śladu węglowego wykazała na ich zróżnicowanie ujęcia, zarówno w odniesieniu do produktu, technologii, jak i też sposobu uwzględniania całego zakresu łańcucha produkcji żywności w zależności od regionu, w którym została przeprowadzona analiza.**

**Ślad węglowy stanowi wymierne i racjonalne podstawy do rozpoczęcia dyskusji nad strategią zwiększającą efektywność procesów produkcyjnych przy ograniczaniu zużycia energii i opracowania jej optymalnej dystrybucji.**

**Dla każdej produkcji trzeba przeprowadzić szczegółową analizę i dostosować metodę wyliczenia CF do konkretnych potrzeb. Upowszechnienie metodyki wyliczania śladu węglowego może stanowić skuteczny bodziec do wdrożenia efektywnych rozwiązań ukierunkowanych na optymalizację zużycia energii.**

W związku z planowanym wprowadzeniem obowiązkowego znakowania żywności, gospodarstwa będą zobowiązane do przeprowadzenia audytu wewnętrznego, a także wśród swoich dostawców, w celu określenia czy produkty są przyjazne dla środowiska, jednak w tym momencie brak jednolitych standardów w tym zakresie.

Wzrasta zainteresowanie przemysłu znakowaniem produktów rolno-spożywczych w kontekście śladu węglowego, by pozytywnie wyróżnić swoje produkty wśród konkurentów.

Troska o środowisko naturalne staje się coraz bardziej widoczna w świadomości konsumentów. Klienci przy podejmowaniu decyzji zakupowych biorą pod uwagę zrównoważony rozwój oraz neutralność względem środowiska.

Zapoczątkowane badania, w zakresie analizy śladu węglowego w przetwórstwie rolno-spożywczym **powinno być kontynuowane**, szczególnie ze względu na potrzebę wypracowania polskich standardów, co stanie się bardzo ważne przy opracowaniu standardów unijnych znakowania żywności parametrami opisującymi oddziaływanie ich powstania na środowisko.

Rezultaty dalszych prac, w kolejnych latach, stanowiąc będą podstawę do uzupełnień niniejszego opracowania.



INSTYTUT BIOTECHNOLOGII  
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO  
im. prof. Wacława Dąbrowskiego  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY



ZAKŁAD TECHNOLOGII  
I TECHNIKI CHŁODNICTWA

Al. Marszałka J. Piłsudskiego 84  
92-202 Łódź

Kierownik Zakładu  
dr inż. Elżbieta Polak

tel. kom. 508 341 525  
tel. (+48) 42 674 64 14

e-mail: [elzbieta.polak@ibprs.pl](mailto:elzbieta.polak@ibprs.pl)