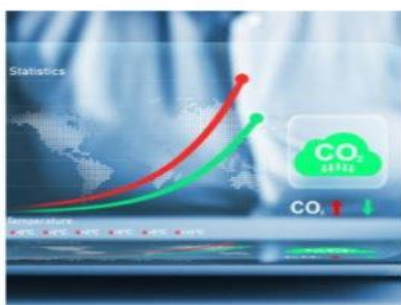




INSTYTUT BIOTECHNOLOGII  
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO  
im. prof. Wacława Dąbrowskiego  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

## Monitoring gazów cieplarnianych poprzez pomiar rzeczywistego zużycia energii elektrycznej w działalności przetwórczej i przechowalniczej w gospodarstwach rolnych



Badania realizowane w ramach:  
Zadanie 5. Monitoring gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza  
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. Waclawa Dąbrowskiego**  
**Państwowy Instytut Badawczy**

**Zakład Technologii i Techniki Chłodnictwa**

**Łódź, listopad 2022**

*Fotografia: pixabay.com*

## **Wprowadzenie**

Rolnictwo, zarówno przyczynia się do zmian klimatu, jak i odczuwa ich skutki. Kraje UE muszą zredukować swoje emisje gazów cieplarnianych pochodzących z rolnictwa i zmienić swój system produkcji żywności. W obliczu rosnącego globalnego popytu i konkurencji o zasoby, produkcję żywności w UE należy postrzegać w szerszym kontekście, łączącym rolnictwo, energetykę i bezpieczeństwo żywnościowe.

Produkcja żywności jest głównym czynnikiem przyczyniającym się do emisji gazów cieplarnianych i utraty bioróżnorodności. Identyfikacja emisji w rolnictwie oraz wskazanie kierunków ich redukcji jest zagadnieniem złożonym. Wszelkie działania muszą być tak ukierunkowane, aby nie zagrażać bezpieczeństwu żywnościowemu. Nie ma jednego uniwersalnego rozwiązania, dla całej gospodarki rolno-przetwórczej, dlatego należy prowadzić badania z zastosowaniem uniwersalnych instrumentów, w zależności do warunków regionalnych czy krajowych.

Plan Strategiczny dla WPR wspiera zrównoważony rozwój polskich gospodarstw sektora przetwórstwa oraz poprawę warunków życia i pracy w małych miejscowościach wiejskich. Zrównoważone metody gospodarowania muszą być przyjazne klimatowi i środowisku, realizowane poprzez ochronę wody, gleby i powietrza oraz dbanie o bioróżnorodność.

Zgodnie z rezolucją z 20 października 2021 roku Parlamentu Europejskiego w sprawie strategii „od pola do stołu” na rzecz sprawiedliwego, zdrowego i przyjaznego dla środowiska systemu żywnościowego, która wdraża założenia nowej Wspólnej Polityki Rolnej, kładzie się duży nacisk na prowadzenie działań z poszanowaniem środowiska naturalnego, ze szczególnym uwzględnieniem konieczności obniżenia poziomu emisji gazów cieplarnianych, w celu dostarczenia żywności charakteryzującej się wysoką jakością. Aby realizować zadania poprawiające efektywność energetyczną nie wystarczy już tylko pomiar parametrów mediów energetycznych, lecz należy w sposób ciągły aktywnie nimi zarządzać. Jest to jednoznaczne z koniecznością monitoringu mediów energetycznych. Gospodarka energetyczna w polskim rolnictwie charakteryzuje się nadal nadmiernym zużyciem energii, surowców i materiałów. Dlatego niezwykle istotnym problemem jest racjonalne użytkowanie energii we wszystkich gałęziach gospodarki rolnej.

## **Analiza i monitoring mediów energetycznych**

Monitoring gazów cieplarnianych może być przeprowadzony poprzez pomiar rzeczywistego zużycia energii elektrycznej w działalności przetwórczej i przechowalniczej, w tych gospodarstwach rolnych, które taką działalność prowadzą [<https://automatykaonline.pl/Artykuly/Pomiary/Monitoring-zuycia-energii>].

Monitoring energii umożliwia:

- analizowanie zużycia różnych mediów energetycznych, np. energii elektrycznej i ciepłej, ilości gazu, wody oraz sprężonego powietrza przez maszyny lub ciągi produkcyjne,
- sprawdzenie wartości progowych i ich przekroczeń,
- generowanie raportów dla właścicieli, personelu nadzorującego i technicznego,
- dokonanie wyboru najkorzystniejszych taryf – na podstawie analizy kosztów zużycia energii w danym gospodarstwie czy firmie,
- kontrolowanie zużycia energii elektrycznej i gazu w celu uniknięcia przekroczeń,
- analizę rozdziału kosztów mediów energetycznych na poszczególne ciągi technologiczne i procesy,
- optymalizację produkcji dzięki przesunięciu obciążenia na tańsze taryfy czasowe.

Systemowe podejście do oceny efektywności energetycznej w gospodarstwie wymaga:

- przeglądu stanu opomiarowania,
- analizy rzeczywistego zużycia mediów energetycznych,
- kontroli zużycia energii lub efektywności energetycznej,
- wykonania układów monitoringu mediów energetycznych,
- wprowadzenia działań dla poprawy efektywności zużycia mediów energetycznych.

## **Określenie wpływu na środowisko**

Pozytywny wpływ na środowisko poprawy efektywności energetycznej wyraża się w kilku dziedzinach [<https://www.prawo.pl/akty/dz-u-ue-1-2021-350-9,69482104.html>]:

- zużycie energii i związane z tym zmiany klimatu - zmniejszenie zapotrzebowania na energię prowadzi do obniżenia zasobów wykorzystywanych do jej generowania, co przekłada się na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych.



- zrównoważenie działalności człowieka - optymalizacja efektywności energetycznej umożliwi obniżenie emisji siarki, cząstek stałych i innych zanieczyszczeń. Może jednak prowadzić do zwiększenia zużycia materiałów.
- ekologia środowiskowa: zmniejszenie zapotrzebowania na media energetyczne obniża zapotrzebowanie na wodę i zmniejsza poziom wykorzystania gruntów.

Do oceny oddziaływania przemysłu rolno-spożywczego na środowisko wykorzystuje się wskaźniki, które powinny umożliwiać:

- zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych,
- określenie związków między oszczędnością energii a emisjami dwutlenku węgla jeżeli rozpatrywać go w aspekcie nośników energii. Zazwyczaj stosuje się podejście liniowe z wykorzystaniem stałych współczynników emisji jednostek CO<sub>2</sub> na jednostkę zużycia paliwa. Można to zrobić na dwa sposoby: wyprowadzając współczynniki emisji z danych historycznych albo korzystając z publikowanych współczynników emisji (np. publikowanych przez IPCC lub KOBiZE).

Określanie wskaźników monitorowania mediów energetycznych powinno uwzględniać:

- monitoring działań lub procesów przy uwzględnieniu osiągniętej oszczędności energii,
- zużycie energii określone dla wartości bezwzględnych w odniesieniu do okresu objętego działaniem np. miesiąc, kwartał lub rok.
- oszczędność zużycia energii monitorowaną jako łączną lub całkowitą oszczędność,
- szacowanie skutków działań pod względem oszczędności energii przy uwzględnieniu zmienności warunków zewnętrznych np. pory roku, rotację towaru w komorach chłodniczych, warunki pogodowe.
- oszacowanie pożądanej oszczędności energii zgodne z metodami pomiaru ustanowionymi na podstawie Komisji (UE) 2019/1658.
- określenie kosztów inwestycji ze wskazaniem kosztów poniesionych na zaoszczędzenie energii.

Warto zwrócić uwagę na ocenę rzeczywistego wpływu danych procesów jednostkowych na całkowite zużycie energii w trakcie procesów przetwórstwa i przechowywania w gospodarstwach rolnych. Ocenę tą należy wykorzystać również w planowanych rozwiązaniach w przyszłości. Istnieje wiele czynników wpływających na efektywność energetyczną analizowanych działalności. Są one związane z czynnikami zewnętrznymi, ale także z sposobem prowadzenia procesów. Bez właściwej analizy tych czynników trudno jest wdrożyć środki służące poprawie efektywności energetycznej a co za tym idzie

powodujących zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza. Ocenę, w której uwzględniono rzeczywisty wpływ analizowanych procesów produkcyjnych na zapotrzebowanie na energię, szersze korzyści i czynniki, które mogą na nie wpływać, należy zaplanować już na początkowym etapie przygotowania do prowadzenia działalności przetwórczej i przechowalniczej.

### **Zakres prac**

- Badanie śladu węglowego procesów przetwórczych owoców i warzyw w Zakładzie Doświadczalnym IBPRS-PIB Zakładu Technologii i Techniki Chłodnictwa w Łodzi, wybranymi dwiema metodami, w celu określenia właściwej metody do szacowania śladu węglowego przetwórstwa, możliwej do zastosowania w gospodarstwach rolnych
  - Zdefiniowanie zakresu analizy śladu węglowego i określenie liczby punktów pomiarowych dla technologii i procesów produkcyjnych, określenie istotnych parametrów procesów
  - Opracowanie systemu opomiarowania zużycia energii (CF bezpośredni) w przetwórstwie oraz sposobu zbierania danych zgodnie z wybraną metodą analizy - opracowanie struktury bazy danych.
  - Oszacowanie emisji gazów cieplarnianych w związku ze zużyciem energii elektrycznej w wybranych procesach przetwórstwa produktów rolnych
- Badanie śladu węglowego przechowalnictwa owoców w komorach chłodniczych u dwóch producentów (2 owoce np. jabłka i borówka amerykańska), w celu określenia właściwej metody szacowania śladu węglowego, możliwej do zastosowania w gospodarstwach rolnych
  - Zdefiniowanie zakresu analizy śladu węglowego i określenie liczby punktów pomiarowych dla przechowalnictwa, określenie istotnych parametrów procesów
  - Opracowanie systemu opomiarowania komór przechowalniczych, w celu określenia zużycia energii (CF bezpośredni) oraz sposobu zbierania danych, zgodnie z wybraną metodą analizy - opracowanie struktury bazy danych.
  - Oszacowanie emisji gazów cieplarnianych w związku ze zużyciem energii elektrycznej w przechowalnictwie produktów rolnych
- Opracowanie raportu końcowego

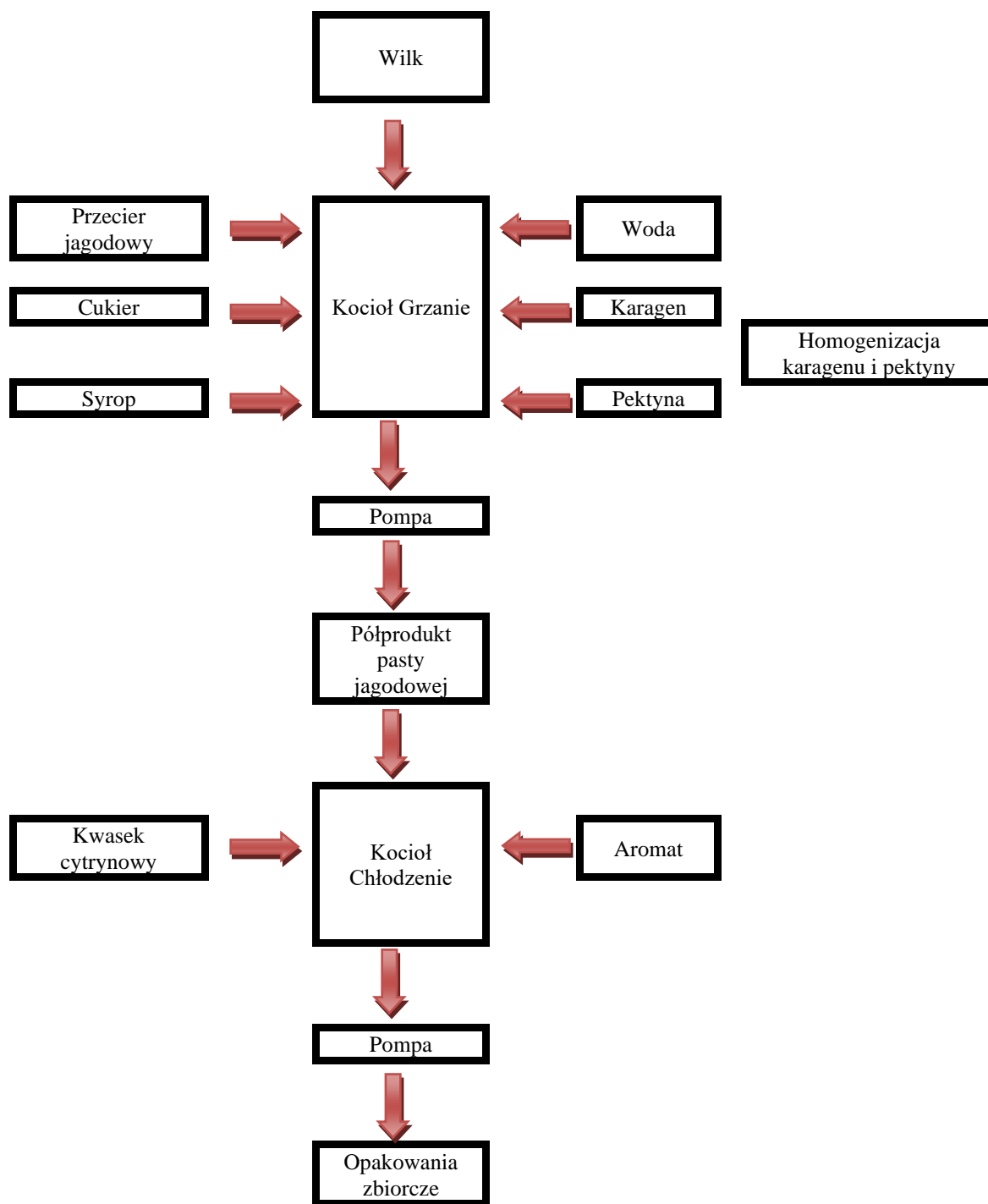
## **1. Badanie śladu węglowego procesów przetwórczych owoców i warzyw**

Badanie śladu węglowego procesów przetwórczych owoców i warzyw w Zakładzie Doświadczalnym IBPRS-PIB Zakładu Technologii i Techniki Chłodziactwa w Łodzi zostało przeprowadzone dwiema metodami na przykładzie produkcji past owocowych: jagodowej z cząstkami owoców i wiśniowej homogenizowanej.

### **1.1. Produkcja past jagodowych z cząstkami owoców**

Przeanalizowano „cykl życia pasty jagodowej z cząstkami owoców” definiując wszystkie procesy jednostkowe wchodzące w skład tej produkcji. Szczegółowej analizie poddano proces produkcji pasty owocowej (rys. 1). Każdy cykl produkcyjny obejmował etapy: pobieranie odpowiedniej ilości surowców z magazynu, rozmrażanie owoców, rozdrabnianie owoców, łączenie składników i dodatków, kontrola jakościowa, pakowanie i przechowywanie. Recepturę pasty jagodowej z cząstkami owoców zamieszczono w tabeli 1, a schemat produkcji wraz z punktami pomiarowymi zaprezentowano na rysunku 2.

Proces produkcyjny rozpoczynał się od rozmrożenia, do temperatury otoczenia, owoców pobranych z komory zamrażalniczej. Następnie poddano je rozdrobieniu w urządzeniu rozdrabniającym (wilk). Tak przygotowany surowiec przetransportowano w wiaderkach do kotła 1 (rys. 2), zaopatrzonego w mieszadło i grzałkę, w celu ogrzania i uzupełnienia o niezbędne dodatki. Po podgrzaniu, pastę przepompowywano do kotła 2 (rys. 2), zaopatrzonego w mieszadło, dzięki któremu przyspieszany był proces chłodzenia pasty. Po wychłodzeniu, pastę przepompowywano była do opakowań zbiorczych (beczek) i przetransportowano do komory zamrażalniczej.

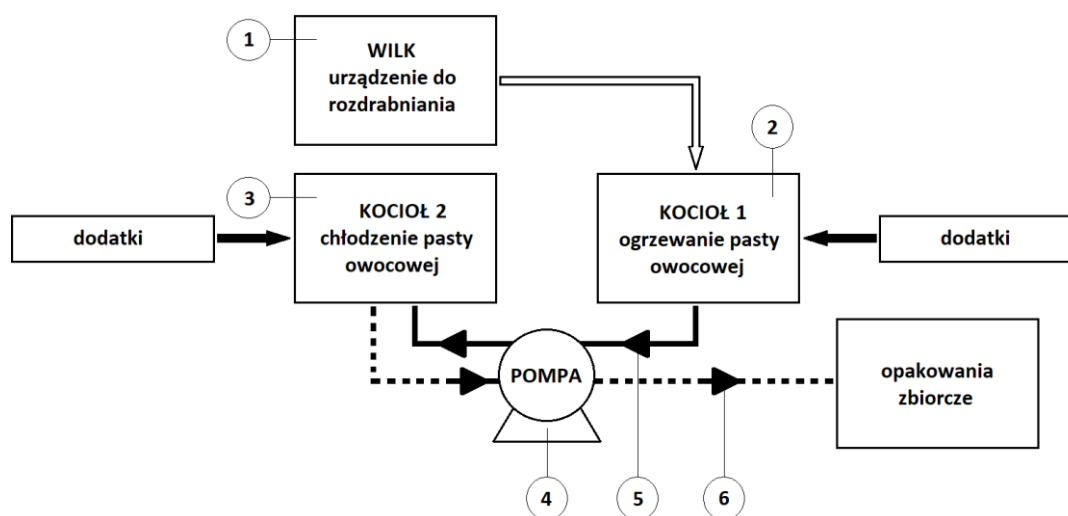


Rys. 1. Schemat produkcji pasty jagodowej



Tabela 1. Receptura pasty jagodowej

Składniki	Ilość	Jednostka
owoce	350,00	kg
woda	50,00	litr
cukier	584,00	kg
syrop glukozowo-fruktozowy	116,00	kg
kwasek cytrynowy	1,00	kg
pektyna	2,40	kg
karagen	1,16	kg
aromat	0,58	litr



Rys. 2. Schemat produkcji pasty jagodowej z naniesionymi punktami pomiarowymi: 1 – pomiar zużycia energii na Wilku, 2 – pomiar zużycia energii grzałki i mieszadła na kotle 1, 3 – pomiar zużycia energii mieszadła na kotle 2, 4 – pomiar zużycia energii przez pompę, 5 – transport pasty do chłodzenia, 6 – transport pasty gotowej do opakowań zbiorczych

## 1.2. Produkcja past wiśniowych

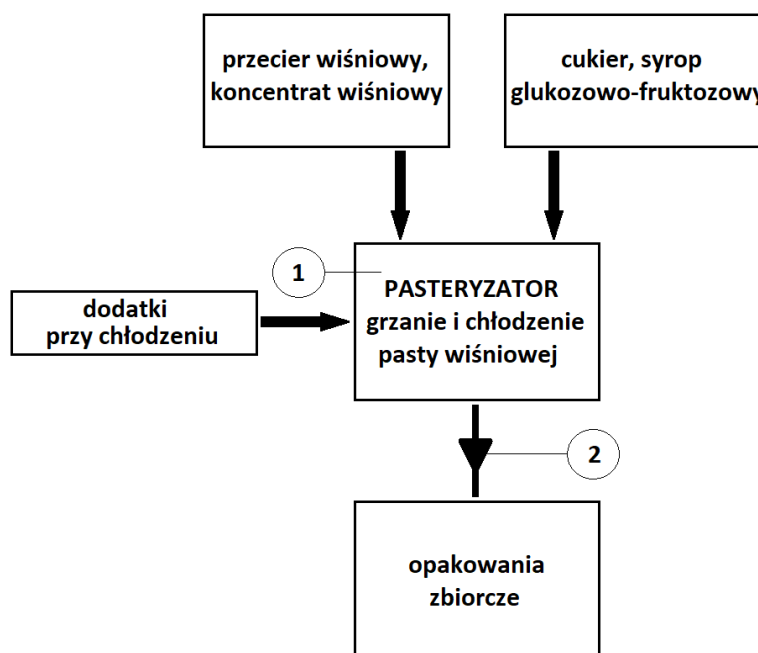
Analogicznie jak w przypadku pasty jagodowej z cząstkami owoców, przeanalizowano „cykl życia pasty wiśniowej” definiując wszystkie procesy jednostkowe wchodzące w skład tej produkcji. Szczegółowej analizie poddano proces produkcji pasty owocowej (rys. 3).

Każdy cykl produkcyjny obejmował następujące etapy: pobieranie odpowiedniej ilości surowców z magazynu, łączenie składników i dodatków, kontrola jakościowa, pakowanie i przechowywanie. Recepturę pasty wiśniowej zamieszczono w tabeli 2.

*Tabela 2. Receptura pasty wiśniowej*

Składniki	Ilość [kg]
przecier wiśniowy	27,00
koncentrat wiśniowy	13,00
cukier	70,00
kwasek cytrynowy	2,80
syrop	14,00
betamina	1,00
aromat	0,35
woda	13,00

Odważone, zgodnie z receptura składniki, tj. przecier wiśniowy, koncentrat wiśniowy oraz wodę dodano do pasteryzatorów 1 i 2. Następnie wprowadzono dodatki (cukier, syrop glukozowo-fruktozowy). Wszystkie składniki podgrzano do temperatury 80 °C i dokładnie wymieszano. Kolejny etap to schładzanie zawartości pasteryzatora do 70 °C. W tej temperaturze dodawany był kwasek cytrynowy, a przy 50 °C aromat i barwnik betanina. Wychłodzoną pastę przelano do opakowań (wiaderek) i do komory zamrażalniczej. Schemat produkcji wraz z punktami pomiarowymi został zaprezentowany na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat produkcji pasty wiśniowej: 1 - pomiar zużycia energii przez pasteryzator, 2 - transport pasty gotowej do opakowań zbiorczych

### **1.3. Metodologia wyliczania śladu węglowego**

Bazując na metodologii oceny cyklu życia produktu (LCA - Life Cycle Assessment), metodyka wyliczania CF została ujęta w postaci następujących kroków:

1. Zdefiniowanie metodologii – zastosowano globalny standard przedstawiony przez World Resources Institute (WRI) oraz World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) w Protokole Gazów Cieplarnianych (GHGP) oraz zgodnie z normą ISO 14064 – Gazy cieplarniane – Część 1: Specyfikacja i wytyczne kwantyfikowania oraz raportowania emisji pochłaniania gazów cieplarnianych. Sposób postępowania, przedstawiony w wymienionych powyżej materiałach, zawiera szczegółowe zalecenia dotyczące procedur zbierania danych, ich obliczania i raportowania.
2. Ustanowienie granic i zakresu analizy – zdefiniowanie, który obszar działań zostanie poddany analizie ilościowej, główne procesy produkcyjne, procesy pomocnicze, itp. oraz jak daleko ma sięgać i jak głęboka ma być analiza, jakiego typu emisje będą przedmiotem analizy. Zaleca się takie zdefiniowanie granic i zakresu, aby włączyć całe spektrum źródeł emisji, im dokładniejsza analiza, tym dokładniej będzie oznaczony ślad węglowy.
3. Zebranie danych emisyjnych – najważniejszy proces, zależny od jakości zebranych danych i ich dokładności. Zbierane informacje dotyczą emisji bezpośredniej i pośredniej, m. in. zużycia energii elektrycznej, emisji generowanej przez: dostawców (surowców i dodatków), transport wewnętrzny, czynniki chłodnicze. Tworzona baza danych istotnych, musi mieć sprecyzowany poziom dokładności zapisu wraz ze zdefiniowanym akceptowalnym marginesem błędu.
4. Wyliczenie śladu węglowego i jego weryfikacja z uwzględnieniem wszystkich etapów procesu produkcyjnego.
5. Przedstawienie wyników analizy i wyliczonego CF wraz ze wskazaniem obszarów o największej emisyjności.

#### **1.4. Zdefiniowanie zakresu analizy śladu węglowego i określenie liczby punktów pomiarowych dla technologii i procesów produkcyjnych, określenie istotnych parametrów procesów**

Wykonano analizę technologii produkcji past owocowych w kontekście opracowania metodologii wyliczenia śladu węglowego oraz przygotowania schematów procesów jednostkowych w cyklu produkcyjnym. Po scharakteryzowaniu procesu technologicznego w warunkach rzeczywistej pracy określono zakres pomiarowy CF. Podejście do analizy zagadnienia przedstawiono jako metodę badawczą. Przeanalizowano bilans masowy składników wykorzystanych do produkcji w oparciu o wybraną technologię. Opracowano metodę liczenia śladu węglowego. Zaprojektowano i wykonano przenośne opomiarowanie linii technologicznej. Następnie przeprowadzono pomiar zużycia energii w czasie, w warunkach rzeczywistej produkcji, wraz z rejestracją jej wielkości oraz ilości cykli produkcyjnych na poszczególnych etapach.

Do analizy CF zastosowano metodologię, zgodnie z dokumentami: ISO 14067 Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication [ISO, 14067:2013]; ISO 14040 Zarządzanie środowiskowe, Ocena cyklu życia - Zasady i struktura; ISO 14044 Zarządzanie środowiskowe, Ocena cyklu życia - Wymagania i Wytyczne; PAS 2050 Publicly Available Specification 2050 [PAS 2050, 2008]. Wg w/w dokumentów analiza i wyznaczenie CF obejmowały następujące etapy:

- określenie zakresu analizy, jednostki funkcjonalnej oraz zakresu pomiarowego,
- analizę danych pomiarowych oraz ocenę technologii produkcji.

Ślad węglowy określono w odniesieniu do 1 kg produktu (jednostka funkcjonalna). Do rejestrowania pomiarów energii wykorzystano liczniki energii elektrycznej KE-N80 MID umieszczone w odpowiednich obudowach. Licznik z certyfikatem MID przeznaczony był do pomiarów parametrów elektrycznych w sieciach trójfazowych. Miernik został wyposażony w wewnętrzny zegar czasu rzeczywistego oraz moduł zapisu danych pomiarowych na karcie pamięci SD, w której rejestrowano zmierzone wielkości, nastawy i parametry. Dane emisyjne i produkcyjne rejestrowano za pomocą opracowanego systemu opomiarowania linii. Na podstawie uzyskanych danych z urządzeń pomiarowych oraz danych produkcyjnych, wyliczono ślad węglowy.



### 1.5. Opracowanie systemu opomiarowania zużycia energii (CF bezpośredni) w przetwórstwie oraz sposobu zbierania danych zgodnie z wybraną metodą analizy - opracowanie struktury bazy danych

W oparciu o analizę produkcji pasty, opracowano tabele 3-15 zawierające dane pomiarowe zużycia energii elektrycznej. Dzięki takiemu działaniu utworzono bazę danych opartą na zmierzonych parametrach procesów wytwarzania.

Tabela 3. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 18.07.2022

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,41		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	173	134	-
energia [kWh]	0,40	0,34	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	160	134	-
energia [kWh]	80	67	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	138	-	-
energia [kWh]	0,49	-	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	15	-
energia [kWh]	0,15	0,15	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	20	20	-
energia [kWh]	0,20	0,20	-

Tabela 4. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 19.07.2022

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,39		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	174	134	-
energia [kWh]	0,40	0,34	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	161	134	-
energia [kWh]	80,50	67	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1190	138	-
energia [kWh]	4,27	0,49	-

**Monitoring gazów cieplarnianych poprzez pomiar rzeczywistego zużycia energii elektrycznej w działalności przetwórczej i przechowalniczej w gospodarstwach rolnych**

pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	15	-
energia [kWh]	0,15	0,15	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	20	20	-
energia [kWh]	0,20	0,20	-

*Tabela 5. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 20.07.2022*

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,43		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	173	134	-
energia [kWh]	0,40	0,34	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	160	133	-
energia [kWh]	80	66,5	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1188	140	-
energia [kWh]	4,26	0,47	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	15	-
energia [kWh]	0,15	0,15	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	20	20	-
energia [kWh]	0,20	0,20	-

*Tabela 6. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 21.07.2022*

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,40		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	184	131	-
energia [kWh]	0,41	0,31	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	171	116	-
energia [kWh]	85,50	58	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1184	124	-
energia [kWh]	4,23	0,46	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3

**Monitoring gazów cieplarnianych poprzez pomiar rzeczywistego zużycia energii elektrycznej w działalności przetwórczej i przechowalniczej w gospodarstwach rolnych**

czas [min]	15	15	-
energia [kWh]	0,15	0,15	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	20	20	-
energia [kWh]	0,20	0,20	-

*Tabela 7. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 22.07.2022*

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,42	0,21	
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	199	148	-
energia [kWh]	0,45	0,34	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	151	140	-
energia [kWh]	75,50	70	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1188	166	141
energia [kWh]	4,27	0,56	0,51
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	15	-
energia [kWh]	0,15	0,15	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	20	20	20
energia [kWh]	0,20	0,20	0,20

*Tabela 8. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 01.08.2022*

Ilość cykli	2		
Wilk			
energia [kWh]	0,41		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	173	134	-
energia [kWh]	0,40	0,34	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	160	134	-
energia [kWh]	80	67	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	138	-	-
energia [kWh]	0,49	-	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	15	-
energia [kWh]	0,15	0,15	-

**Monitoring gazów cieplarnianych poprzez pomiar rzeczywistego zużycia energii elektrycznej w działalności przetwórczej i przechowalniczej w gospodarstwach rolnych**

przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]		20	-
energia [kWh]		0,20	-

*Tabela 9. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 02.08.2022*

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,38		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	174	144	-
energia [kWh]	0,40	0,33	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	155	130	-
energia [kWh]	77,50	65	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1190	138	-
energia [kWh]	4,27	0,49	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	17	-
energia [kWh]	0,15	0,17	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	25	20	-
energia [kWh]	0,25	0,20	-

*Tabela 10. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 03.08.2022*

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,41		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	174	149	-
energia [kWh]	0,42	0,34	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	159	149	-
energia [kWh]	79,5	74,5	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1198	152	-
energia [kWh]	4,32	0,51	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	20	-
energia [kWh]	0,15	0,2	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	20	23	-



energia [kWh]	0,20	0,23	-
---------------	------	------	---

**Tabela 11. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 04.08.2022**

Ilość cykli	1		
wilk			
włączenie			
energia [kWh]			
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	-	-	-
energia [kWh]	-	-	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	-	-	-
energia [kWh]	-	-	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1197	-	-
energia [kWh]	4,27	-	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	-	-	-
energia [kWh]	-	-	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	29	-	-
energia [kWh]	0,29	-	-

**Tabela 12. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dni 08-09.08.2022**

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,40		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	182	152	-
energia [kWh]	0,45	0,35	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	169	133	-
energia [kWh]	84,5	66	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	155	-	-
energia [kWh]	0,54	-	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	19	17	-
energia [kWh]	0,19	0,17	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]		22	-
energia [kWh]		0,22	-

*Tabela 13. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 10.08.2022*

Ilość cykli	3		
Wilk			
energia [kWh]	0,42		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	155	135	-
energia [kWh]	0,38	0,29	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	144	119	-
energia [kWh]	72	59,5	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1162	131	135
energia [kWh]	4,31	0,47	0,48
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	14	-
energia [kWh]	0,15	0,14	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	25	21	20
energia [kWh]	0,25	0,21	0,2

*Tabela 14. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty wiśniowej z dnia 25.07.2022*

Ilość cykli	4 (dwa załadowania każdego pasteryzatora)	
pasteryzator 1		
	1	2
czas [min]	140	139
energia [kWh]	14,83	14,98
pasteryzator 2		
	1	2
czas [min]	147	143
energia [kWh]	14,76	14,83

*Tabela 15. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty wiśniowej z dnia 26.07.2022*

Ilość cykli	3 (dwa załadowania pasteryzatora 1 i jedno załadowanie pasteryzatora 2)	
pasteryzator 1		
	1	2
czas [min]	136	133
energia [kWh]	14,70	13,42
pasteryzator 2		
	1	2
czas [min]	151	-
energia [kWh]	14,46	-

### 1.6. Oszacowanie emisji gazów cieplarnianych w związku ze zużyciem energii elektrycznej w wybranych procesach przetwórstwa produktów rolnych

Uwzględniając dostępne dane dotyczące produkcji, zgromadzone dane emisyjne oraz założone wskaźniki, dokonano obliczeń emisyjności CO<sub>2</sub> oraz udziałów zużycia energii (tabele 16-22) dla produkcji pasty jagodowej z cząstkami owoców i wiśniowej.

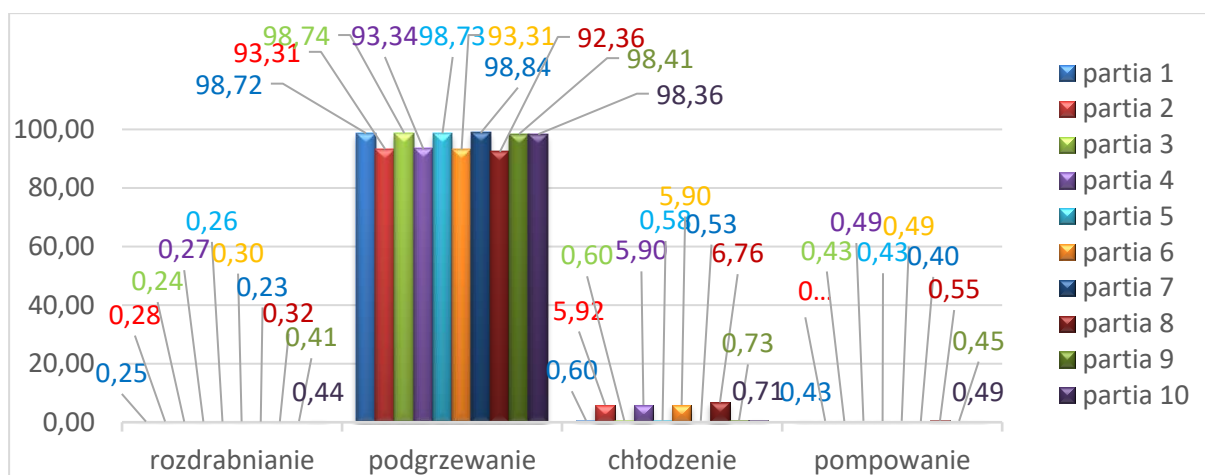
Tabela 16. Charakterystyka produkcji pasty jagodowej w odniesieniu do poszczególnych partii, 18-22.07.2022

Data	Partia	Produkcja:		Energia:		Wyemitowany CO <sub>2</sub>		CF/kg
18 07 2022	1	525	kg	81,45	kWh	56,85	kg CO <sub>2</sub>	0,1083
	2	525	kg	72,17	kWh	50,37	kg CO <sub>2</sub>	0,0960
19 07 2022	3	525	kg	81,94	kWh	57,19	kg CO <sub>2</sub>	0,1090
	4	525	kg	72,15	kWh	50,36	kg CO <sub>2</sub>	0,0959
20 07 2022	5	525	kg	81,44	kWh	56,84	kg CO <sub>2</sub>	0,1083
	6	525	kg	71,64	kWh	50,00	kg CO <sub>2</sub>	0,0952
21 07 2022	7	525	kg	86,92	kWh	60,67	kg CO <sub>2</sub>	0,1156
	8	525	kg	63,13	kWh	44,06	kg CO <sub>2</sub>	0,0839
22 07 2022	9	525	kg	77,18	kWh	53,87	kg CO <sub>2</sub>	0,1026
	10	525	kg	71,52	kWh	49,92	kg CO <sub>2</sub>	0,0951
	<b>RAZEM</b>	<b>5250</b>	<b>kg</b>	<b>759,50</b>	<b>kWh</b>	<b>530,13</b>	<b>kg CO<sub>2</sub></b>	<b>0,1010</b>

Tabela 17. Udziały zużycia energii dla procesów produkcyjnych w poszczególnych partiach, 18-22.07.2022

	partia 1		partia 2		partia 3		partia 4		partia 5	
	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%
rozdrabnianie	0,205	0,25	0,205	0,28	0,195	0,24	0,195	0,27	0,215	0,26
podgrzewanie	80,4	98,72	67,34	93,31	80,9	98,74	67,34	93,34	80,4	98,73
chłodzenie	0,49	0,60	4,27	5,92	0,49	0,60	4,26	5,90	0,47	0,58
pompowanie	0,35	0,43	0,35	0,48	0,35	0,43	0,35	0,49	0,35	0,43
<b>RAZEM</b>	81,445	100,0	72,165	100,00	81,935	100,0	72,145	100,0	81,435	100,0
	partia 6		partia 7		partia 8		partia 9		partia 10	
	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%
rozdrabnianie	0,215	0,30	0,2	0,23	0,2	0,32	0,315	0,41	0,315	0,44
podgrzewanie	66,84	93,31	85,91	98,84	58,31	92,36	75,95	98,41	70,34	98,36
chłodzenie	4,23	5,90	0,46	0,53	4,27	6,76	0,56	0,73	0,51	0,71
pompowanie	0,35	0,49	0,35	0,40	0,35	0,55	0,35	0,45	0,35	0,49
<b>RAZEM</b>	71,635	100,0	86,92	100,0	63,13	100,0	77,175	100,0	71,515	100,0

## Monitoring gazów cieplarnianych poprzez pomiar rzeczywistego zużycia energii elektrycznej w działalności przetwórczej i przechowalniczej w gospodarstwach rolnych



Rys. 4. Udziały zużycia energii dla procesów produkcyjnych w poszczególnych partiach, 18-22.07.2022

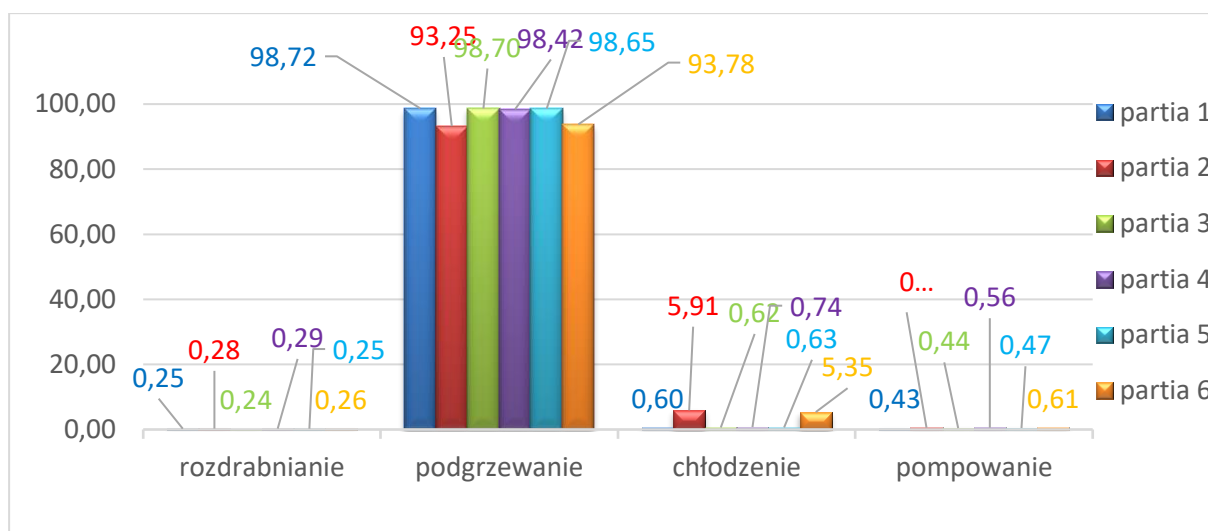
Tabela 18. Charakterystyka produkcji pasty jagodowej w odniesieniu do poszczególnych partii, 01-03.08.2022

Data	Partia	Produkcja:		Energia:		Wyemitowany CO <sub>2</sub>		CF/kg
01 08 2022	1	525	kg	81,45	kWh	56,85	kg CO <sub>2</sub>	0,1083
	2	525	kg	72,22	kWh	50,41	kg CO <sub>2</sub>	0,0960
02 08 2022	3	525	kg	78,95	kWh	55,11	kg CO <sub>2</sub>	0,1050
	4	525	kg	70,19	kWh	48,99	kg CO <sub>2</sub>	0,0933
03 08 2022	5	525	kg	81,07	kWh	56,58	kg CO <sub>2</sub>	0,1078
	6	525	kg	79,61	kWh	55,56	kg CO <sub>2</sub>	0,1058
	<b>RAZEM</b>	<b>3150</b>	<b>kg</b>	<b>463,47</b>	<b>kWh</b>	<b>323,50</b>	<b>kg CO<sub>2</sub></b>	<b>0,1027</b>

Tabela 19. Udziały zużycia energii dla procesów produkcyjnych w poszczególnych partiach, 01-03.08.2022

	partia 1		partia 2		partia 3		partia 4		partia 5		partia 6	
	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%
rozdrabnianie	0,205	0,25	0,205	0,28	0,19	0,24	0,19	0,29	0,205	0,25	0,205	0,26
podgrzewanie	80,4	98,72	67,34	93,25	77,9	98,70	65,33	98,42	79,92	98,65	74,84	93,78
chłodzenie	0,49	0,60	4,27	5,91	0,49	0,62	0,49	0,74	0,51	0,63	4,27	5,35
pompowanie	0,35	0,43	0,4	0,55	0,35	0,44	0,37	0,56	0,38	0,47	0,49	0,61
<b>RAZEM</b>	<b>81,445</b>	<b>100,00</b>	<b>72,215</b>	<b>100,00</b>	<b>78,93</b>	<b>100,00</b>	<b>66,38</b>	<b>100,00</b>	<b>81,015</b>	<b>100,00</b>	<b>79,805</b>	<b>100,00</b>





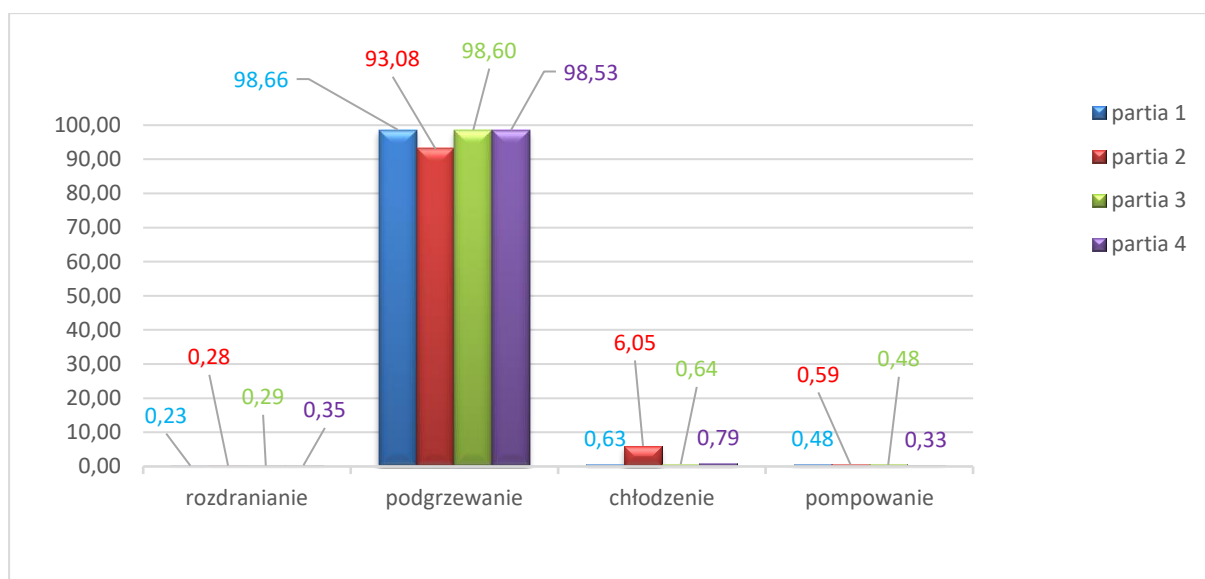
Rys. 5. Udziały zużycia energii dla procesów produkcyjnych w poszczególnych partiach, 01-03.08.2022

Tabela 20. Charakterystyka produkcji pasty jagodowej w odniesieniu do poszczególnych partii, 09-10.08.2022

Data	Partia	Produkcja:		Energia:		Wyemitowany CO <sub>2</sub>		CF/kg
09 08 2022	1	507	kg	86,10	kWh	60,10	kg CO <sub>2</sub>	0,1185
	2	541	kg	71,28	kWh	49,75	kg CO <sub>2</sub>	0,0920
10 08 2022	3	455	kg	73,42	kWh	51,25	kg CO <sub>2</sub>	0,1126
	4	467	kg	60,82	kWh	42,45	kg CO <sub>2</sub>	0,0909
	<b>RAZEM</b>	<b>1970</b>	<b>kg</b>	<b>291,62</b>	<b>kWh</b>	<b>203,55</b>	<b>kg CO<sub>2</sub></b>	<b>0,1033</b>

Tabela 21. Udziały zużycia energii dla procesów produkcyjnych w poszczególnych partiach, 09-10.08.2022

	partia 1		partia 2		partia 3		partia 4	
	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%
rozdrabnianie	0,2	0,23	0,2	0,28	0,21	0,29	0,21	0,35
podgrzewanie	84,95	98,66	66,35	93,08	72,38	98,60	59,79	98,53
chłodzenie	0,54	0,63	4,31	6,05	0,47	0,64	0,48	0,79
pompowanie	0,41	0,48	0,42	0,59	0,35	0,48	0,2	0,33
<b>RAZEM</b>	<b>86,1</b>	<b>100,00</b>	<b>71,28</b>	<b>100,00</b>	<b>73,41</b>	<b>100,00</b>	<b>60,68</b>	<b>100,00</b>



Rys. 6. Udziały zużycia energii dla procesów produkcyjnych w poszczególnych partiach, 09-10.08.2022

Tabela 22. Charakterystyka produkcji pasty wiśniowej w odniesieniu do poszczególnych partii, 25-26.07.2022

Data	Partia	Produkcja:		Energia:		Wyemitowany CO <sub>2</sub>		CF/kg
25 07 2022	1	272	kg	29,81	kWh	20,81	kg CO <sub>2</sub>	0,0765
	2	272	kg	29,59	kWh	20,65	kg CO <sub>2</sub>	0,0759
26 07 2022	3	272	kg	28,12	kWh	19,63	kg CO <sub>2</sub>	0,0722
	4	138	kg	14,46	kWh	10,09	kg CO <sub>2</sub>	0,0731
	<b>RAZEM</b>	<b>954</b>	<b>kg</b>	<b>101,98</b>	<b>kWh</b>	<b>71,18</b>	<b>kg CO<sub>2</sub></b>	<b>0,0746</b>

Na podstawie opomiarowania linii technologicznych, wyznaczony średni ślad węglowy produkcji past: jagodowej i wiśniowej wyniósł odpowiednio 0,102 i 0,075 kg CO<sub>2</sub> na kg produktu. Wykazano, że są to technologie niskoemisyjne. Analizując dane zużycia energii dla poszczególnych etapów produkcyjnych pasty jagodowej (20 partii) stwierdzono, że proces podgrzewania, czyli pasteryzacji, jest najbardziej energochłonnym procesem w całym cyklu, natomiast najmniejszy procent zużycia energii przypada na rozdrabianie (rys. 4-6). Chłodzenie odbywa się poprzez wymianę ciepła z otoczeniem i jest intensyfikowane dzięki zastosowaniu mieszczał, dlatego też jego udział w całym zużyciu energii jest mało znaczący, podobnie jak procesu pompowania. Analogiczne wyniki zostały uzyskane dla wszystkich analizowanych okresów produkcyjnych.



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)