

Jarosław Frączek, Tomasz Hebda, Bogusława Łapczyńska-Kordon
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
e-mail: jaroslaw.fraczek@ur.krakow.pl

OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA BIOODPADÓW NA CELE ENERGETYCZNE

Streszczenie: W pracy zamieszczono wyniki analizy możliwości zastosowania różnego rodzaju bioodpadów pochodzących z przemysłu rolno-spożywczego. Stwierdzono, iż największą efektywność energetycznego ich wykorzystania uzyskuje się dzięki metodom termicznym. Oprócz nowoczesnych pieców fluidalnych podejmowane są także próby zastosowania pirolizy. W najbliższym okresie należy się spodziewać szybszego rozwoju biogazowni, które nie tylko produkują biogaz, ale też umożliwiają utylizację odpadów i szersze stosowanie pozostałości pofermentacyjnych jako nawozów naturalnych. Trzeba jednak uwzględnić to, że instalacje tego typu wymagają stosunkowo dużych nakładów finansowych. Zalecane jest także stosowanie kofermentacji – ponieważ zróżnicowanie substratów sprzyja uzyskaniu lepszych parametrów biogazu oraz zwiększa bezpieczeństwo dostaw surowca.

Słowa kluczowe: biomasa, odpady, przemysł rolno-spożywczy.

1. Wstęp

Energetyka światowa stoi obecnie przed koniecznością pogodzenia dwóch przeciwstawnych tendencji: rosnącego zapotrzebowania na energię oraz wyczerpywania się zasobów ropy, gazu i węgla. Dodatkowym czynnikiem, który coraz mocniej wpływa na zmniejszenie zużycia paliw pierwotnych, są coraz ostrzejsze normy dotyczące ochrony środowiska.

Pomimo znacznego zmniejszenia wydobycia węgla kamiennego nadal dominuje on w Polsce jako podstawowy nośnik energii. W strukturze zużycia zmniejszył się udział węgla brunatnego, wzrosło natomiast zużycie ropy naftowej i gazu ziemnego. Przewiduje się, że całkowity udział OZE w ciepłownictwie i chłodnictwie, elektroenergetyce oraz transporcie w roku 2019 osiągnie poziom 14,58% [Raport określający cele... 2001].

W świetle dyrektyw unijnych wykorzystanie OZE wzrosło niestety stosunkowo niewiele. Dlatego niezbędna jest intensyfikacja działań prowadzących do szybkiego

podniesienia poziomu wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Jednym z takich źródeł jest biomasa. Pozyskiwana z niej energia stanowi obecnie dwie trzecie energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych i jak przewiduje się w prognozach, odgrywać będzie ważną rolę w coraz bardziej przyjaznym dla środowiska europejskim systemie energetycznym.

Badania zmierzające do rozwiązania problemów energetycznych prowadzone są wielokierunkowo. Do ważniejszych dążeń należy zaliczyć poszukiwanie sposobów zagospodarowania odpadów roślinnych i zwierzęcych pochodzących z przemysłu rolno-spożywczego.

Kwestia definicji odpadów nie jest jasno sprecyzowana. Są to substancje bądź przedmioty, które zalicza się do pozostałości poprodukcyjnych. Do tej samej grupy zaliczane są również produkty uboczne. Kryteria obowiązujące przy klasyfikacji nie są w pełni jednoznaczne.

Opierając się na dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady [Dyrektywa Parlamentu Europejskiego... 2008], należy uznać, że do produktów ubocznych mogą być zakwalifikowane substancje lub przedmioty, które powstają jako integralna część procesu produkcyjnego, ale nie są jego bezpośrednim celem, i spełniają następujące warunki:

- dalsze ich wykorzystanie jest pewne;
- mogą być stosowane bezpośrednio bez jakiegokolwiek dalszego przetwarzania innego niż tradycyjna praktyka przemysłowa;
- dalsze ich wykorzystanie jest zgodne z prawem, to znaczy spełnia wszelkie istotne wymagania dla określonego zastosowania w zakresie produktu, ochrony środowiska oraz zdrowia ludzkiego i nie doprowadzi do ogólnych niekorzystnych oddziaływań na środowisko lub zdrowie ludzkie.

Należy uznać, że niespełnienie któregokolwiek z przytoczonych powyżej warunków (np. brak pewności dalszego wykorzystania) skutkuje „przesunięciem” danego materiału do odpowiedniej grupy odpadów.

W świetle wytycznych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi [Wytyczne w zakresie... 2010] pozostałości poprodukcyjne klasyfikowane są następująco:

- produkty uboczne – pozostałości nadające się do bezpośredniego wykorzystania bez uprzedniego przetwarzania lub stanowiące surowiec do produkcji innych wyrobów;
- odpady – pozostałości wymagające poddawania procesom przerobu w celu odzysku lub unieszkodliwienia oraz pozostałości poprodukcyjne nienadające się do odzysku i przedmioty lub ich części nienadające się do użytku.

W przytoczonych definicjach nie został jednak wyraźnie uwzględniony aspekt ekonomiczny. Zdaniem autorów jest to jeden z ważniejszych czynników decydujących o zakwalifikowaniu pozostałości poprodukcyjnych do grupy produktów ubocznych. Zdarza się bowiem, że brak odbiorców (wywołany np. wysokimi kosztami transportu) zmusza producentów do samodzielnego przetwarzania tych materiałów. I na odwrót, niektóre określone rodzaje odpadów mogą stracić status odpadu, je-

żeli zostały poddane procesowi odzysku i spełniają ściśle kryteria – w tym warunek istnienia rynku takich substancji lub przedmiotów, bądź istnienia popytu na nie [Dyrektywa Parlamentu Europejskiego... 2008]. Potwierdzeniem powyższych uwag są również rozbieżności w klasyfikacji zawartej w wielu pozycjach literaturowych [Krajowy plan... 2003; Wisz, Matwiejew 2005; Lis, Grabowska 2007].

Celem analizy, której wyniki zaprezentowano w niniejszej publikacji, było dokonanie oceny możliwości energetycznego wykorzystywania odpadów pochodzenia rolniczego. Przeprowadzono ją w oparciu o informacje literaturowe i badania własne. Szczególną uwagę poświęcono produktom ubocznym powstającym przy produkcji żywności.

Na potrzeby niniejszego opracowania autorzy przyjęli następującą definicję bioodpadów z przemysłu rolno-spożywczego:

- są to odpady, które ulegają biodegradacji – zgodnie z ustawą [Ustawa o odpadach... 2001] rozumie się przez to odpady, które ulegają rozkładowi tlenowemu lub beztlenowemu przy udziale mikroorganizmów;
- jest to biomasa powstająca jako produkt uboczny procesu technologicznego; nie znajdująca nabywcy, która musi być zagospodarowana lub poddana procesom odzysku, recyklingu, unieszkodliwienia bezpośrednio w zakładzie lub ewentualnie w specjalistycznym przedsiębiorstwie.

2. Rodzaje odpadów w produkcji żywności

Przeważająca większość odpadów powstających w rolnictwie i przetwórstwie żywności to odpady organiczne. Mają one w swoim składzie powyżej 50% składników organicznych w przeliczeniu na suchą masę [Rosik-Dulewska 2007].

W świetle rozporządzenia ministra środowiska [Raport określający cele... 2011] odpady z rolnictwa, sadownictwa, upraw hydroponicznych, rybołówstwa, leśnictwa, łowiectwa oraz przetwórstwa żywności stanowią jedną grupę oznaczoną: 02. W grupie tej wyróżniono siedem podgrup:

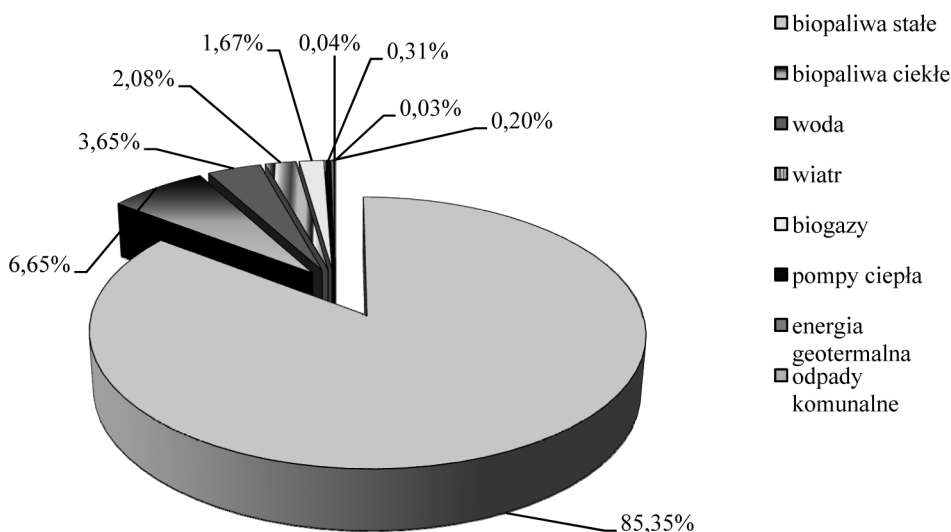
- 02 01: Odpady z rolnictwa, sadownictwa, upraw hydroponicznych, leśnictwa, łowiectwa i rybołówstwa.
- 02 02: Odpady z przygotowania i przetwórstwa produktów spożywczych pochodzenia zwierzęcego.
- 02 03: Odpady z przygotowania, przetwórstwa produktów i używek spożywczych oraz odpady pochodzenia roślinnego, w tym odpady z owoców, warzyw, produktów zbożowych, olejów jadalnych, kakao, kawy, herbaty, oraz przygotowania i przetwórstwa tytoniu, drożdży i produkcji ekstraktów drożdżowych, przygotowywania i fermentacji melasy (z wyłączeniem 02 07).
- 02 04: Odpady z przemysłu cukrowniczego.
- 02 05: Odpady z przemysłu mleczarskiego.
- 02 06: Odpady z przemysłu piekarniczego i cukierniczego.
- 02 07: Odpady z produkcji napojów alkoholowych i bezalkoholowych (z wyłączeniem kawy, herbaty i kakao).

Wymienione powyżej odpady mogą być zagospodarowane poprzez [Wytyczne w zakresie wykorzystania... 2010]:

- suszenie, brykietowanie i wykorzystanie jako opał;
- poddanie procesowi fermentacji metanowej i produkcję biogazu;
- poddanie procesowi fermentacji alkoholowej i produkcję etanolu, np. jako dodatku do paliw.

Przed podjęciem decyzji co do sposobu zagospodarowania biomasy odpadowej należy ocenić: oddziaływanie procesu na środowisko, możliwości techniczno-finansowe realizacji wybranej technologii oraz uzyskane efekty ekonomiczne.

Według danych GUS zdecydowanie największą pozycję bilansu energii odnawialnej w 2010 r. stanowiła energia biomasy stałej, której udział w pozyskaniu wszystkich nośników energii odnawialnej wyniósł 85,36%. Udziały pozostałych nośników zamieszczono na rysunku 1.



Rys. 1. Udział różnych nośników w bilansie energii odnawialnej

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Energia ze źródeł odnawialnych... 2011].

Podobną przewagę biomasy stałej można zaobserwować w przypadku odpadów z przemysłu rolno-spożywczego, które mogą zostać wykorzystane energetycznie – zdecydowanie największa ilość to odpady stałe pochodzące z różnych etapów produkcji żywności.

Zestawienie najważniejszych rodzajów odpadów z produkcji żywności zamieszczono w tabeli 1. Wyszczególniono w niej również te odpady, które zgodnie z rozporządzeniem ministra środowiska [Rozporządzenie Ministra Środowiska... 2002] mogą być przekazywane osobom fizycznym lub jednostkom organizacyjnym, niebę-

Tabela 1. Rodzaje odpadów, które mogą być wykorzystane energetycznie

Rodzaj odpadu	Kod odpadu	Rodzaj produkcji	Możliwość przekazania*
Osady z mycia i czyszczenia	02 01 01	Produkcja roślinna	-
Odpadowa masa roślinna	02 01 03		+
Odpadowa tkanka zwierzęca	02 01 02 02 02 02	Produkcja zwierzęca i przetwórstwo produktów pochodzenia zwierzęcego	-
Odchody zwierzęce	02 01 06	Produkcja zwierzęca	+
Zwierzęta padłe i odpadowa tkanka zwierzęca stanowiące materiał szczególnego i wysokiego ryzyka inne niż wymienione w 02 01 80	02 01 81		-
Zwierzęta padłe i ubite z konieczności	02 01 82		-
Odpady z mycia i przygotowywania surowców	02 02 01	Przetwórstwo produktów pochodzenia zwierzęcego	-
Odpadowa tkanka zwierzęca stanowiąca materiał szczególnego i wysokiego ryzyka, w tym odpady z produkcji pasz mięsno-kostnych inne niż wymienione w 02 02 80	02 02 81		-
Szlamy z mycia, oczyszczania, obierania, odwirowywania i oddzielania surowców	02 03 01		-
Wytłoki, osady i inne odpady z przetwórstwa produktów roślinnych (z wyłączeniem 02 03 81)	02 03 80	Przetwórstwo produktów pochodzenia roślinnego	-
Odpady z produkcji pasz roślinnych	02 03 81		+
Odpady tytoniowe	02 03 82		-
Osady z oczyszczania i mycia buraków	02 04 01	Przemysł cukierniczy	+
Wysłodki	02 04 80		-
Odpadowa serwatka	02 05 80	Przemysł mleczarski	+
Nieprzydatne do wykorzystania tłuszcze spożywcze	02 06 80	Przemysł piekarniczy i cukierniczy	+
Odpady z mycia, oczyszczania i mechanicznego rozdrabniania surowców	02 07 01	Produkcja napojów alkoholowych i bezalkoholowych	+
Odpady z destylacji spirytualiów	02 07 02		-
Wytłoki, osady moszczowe i pofermentacyjne, wywary	02 07 80		+
Surowce i produkty nienadające się do spożycia i przetwórstwa	02 02 03	Różne rodzaje produkcji	-
	02 03 04		-
	02 05 01		+
	02 06 01		-
	02 07 04		+
Inne niewymienione odpady	02 01 99	Różne rodzaje produkcji	-
	02 02 99		
	02 03 99		
	02 04 99		
	02 05 99		
	02 06 99		
	02 07 99		
Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków	02 02 04	Różne rodzaje produkcji	-
	02 03 05		
	02 04 03		
	02 05 02		
	02 06 03		
	02 07 05		

* Posiadacz odpadów może je przekazywać osobom fizycznym lub jednostkom organizacyjnym, niebędącym przedsiębiorcami, do wykorzystania na ich własne potrzeby.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Rozporządzenie Ministra Środowiska... 2001 oraz 2002].

dącym przedsiębiorcami, do wykorzystania na ich własne potrzeby. Jest ich stosunkowo niewiele, przeważająca większość to odpady, które producent musi samodzielnie zagospodarować lub neutralizować. Możliwe jest również ich dostarczenie do odpowiedniego, wyspecjalizowanego zakładu. Jest to jednak w wielu przypadkach kosztowne, co przemawia za podjęciem prób wykorzystania energetycznego.

W dalszej części pracy omówiono możliwości energetycznego wykorzystania bioodpadów przy uwzględnieniu następujących obszarów: produkcja surowców roślinnych lub zwierzęcych oraz ich przetwórstwo.

3. Możliwości energetycznego wykorzystania odpadów z przemysłu rolno-spożywczego

W tabeli 2 zestawiono podstawowe rodzaje odpadów z produkcji roślinnej wraz z oceną możliwości ich wykorzystania na cele energetyczne. Przeprowadzono ją w oparciu o dane literaturowe oraz badania własne [m.in. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 29 stycznia... 2002, Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 marca 2002; Wisz, Matwiejew 2005]. W zasadzie dominują wyraźnie dwa sposoby: spalanie oraz produkcja biogazu. Trzeci z uwzględnionych sposobów to piroliza. Jest on wprawdzie jeszcze stosunkowo słabo rozpowszechniony, ale badania w tym kierunku są prowadzone bardzo intensywnie. Jednym z podstawowych kryteriów decydujących o wyborze sposobu wykorzystania jest wilgotność surowca.

Proces produkcji biopaliw stałych (szczególnie aglomerowanych) wymaga stosowania materiału o wilgotności poniżej 20% [Frączek (red.) 2010b]. W wielu przypadkach niezbędne jest zatem dosuszanie biomasy. W świetle badań przeprowadzonych przez autorów, jest to jeden z najbardziej energochłonnych zabiegów procesu technologicznego i jego stosowanie znacznie podnosi koszty produkcji [Frączek (red.) 2010a]. Spalanie biopaliwa wilgotnego skutkuje znacznym obniżeniem parametrów pracy kotła (zmniejszenie wartości opałowej poprzez konieczność odparowania dużej ilości wody), obniżeniem jego sprawności cieplnej i może prowadzić do awarii systemu. W związku z tym jako biopaliwa stałe powinny być stosowane odpady z produkcji roślinnej, które cechują się niską wilgotnością (np. słoma, plewy, łodygi kukurydzy). Pozostała wysokouwodniona biomasa może być wykorzystana w produkcji biogazu.

Obecnie największy stopień wykorzystania biomasy do bezpośredniego spalania dotyczy słomy. Szczególną uwagę zwraca się na słomę rzepakową, doświadczenia bowiem związane z wytwarzaniem peletów ze słomy rzepakowej i ich spalaniem w paleniskach kotłów pyłowych są pozytywne [Berg i in. 2007]. Natomiast pozostałe odpady z produkcji roślinnej wykorzystywane są raczej sporadycznie.

Bezpośrednie spalanie biomasy stwarza wiele problemów technicznych. Większości z nich można uniknąć, przygotowując wstępne biomasy i spalanie powstałych produktów po jej wstępnym przetworzeniu. Takimi termicznymi metodami przetworzenia biomasy są piroliza i zgazowywanie. Procesy pirolizy i zgazowania biomasy

zalicza się do nowoczesnych sposobów zagospodarowania biomasy ze względu na możliwość uzyskania gazu, który można wykorzystać bezpośrednio w urządzeniach o wysokich sprawnościach energetycznych (turbiny, silniki gazowe) [Frączek i in. 2011]. Coraz więcej badań prowadzonych jest więc w celu opracowania technologii wykorzystania różnych rodzajów biomasy odpadowej w pirolizie. Sądząc po stopniu zainteresowania wielu ośrodków naukowych, należy się spodziewać szybkich postępów.

Tabela 2. Odpady z produkcji roślinnej

Rodzaj uprawianych roślin	Odpady	Możliwości wykorzystania na cele energetyczne		
		spalanie	produkcja biogazu	piroliza
Zboża i trawy	słoma zbóż	XXX	XX	X
	plewy	XXX	XXX	X
	łodygi kukurydzy	XXX	X	X
	niezagospodarowane zbiory	–	XX	–
	zbutwiałe siano	X	XX	–
	zbutwiałe i zanieczyszczone ziarno	●	XX	X
Rośliny okopowe	łęty ziemniaczane	X	XX	–
	odpady z pielęgnacji – chwasty	●	XXX	–
	zepsute zbiory roślin okopowych	●	XXX	–
	liście buraczane	●	XXX	–
Sady i plantacje owocowe	liście drzew i krzewów owocowych	X	X	–
	gałęzie	XXX	●	XX
	spad owocowy	●	XXX	●
	zdyskwalifikowane i niezagospodarowane zbiory	–	XXX	–
	zepsute zbiory	●	XXX	●
	pędy winorośli	XXX	XXX	–
Warzywa	grochowiny	XX	XX	–
	łęty pomidorowe	XX	XX	–
	pędy ogórkowe i dyniowe	XX	XX	–
	odpady z pielęgnacji – chwasty	●	XXX	●
	zdyskwalifikowane zbiory	–	XXX	–
	zepsute warzywa	●	XXX	●
	nać marchwi, selera, pietruszki	●	XXX	●

Oznaczenia: XXX – zalecane
XX – mniej zalecane

● – niezalecane
– – stosowane w ostateczności lub na etapie badań

Źródło: opracowanie własne.

Największa liczba różnych rodzajów odpadów roślinnych może obecnie zostać wykorzystana do produkcji biogazu [Cebula, Latocha 2005; Curkowski i in. 2009]. Z punktu widzenia kosztocłonności procesu fermentacji najkorzystniejsze są pozostałości, które zawierają więcej wody w swoim składzie – np. zdyskwalifikowane i zepsute owoce, warzywa oraz liście buraczane. Ich zwiększona wilgotność pozwala na zmniejszenie zapotrzebowania na wodę technologiczną; szczególnie w instalacjach pracujących w systemach mokrych.

Podobne zastosowanie znajdują odpady z produkcji zwierzęcej. Jedynie w nielicznych przypadkach (np. padlina zwierzęca, odpady wysokiego ryzyka) zalecane jest spalanie lub piroliza (po opracowaniu odpowiedniej technologii).

Tabela 3. Porównanie możliwości energetycznego wykorzystania odpadów z produkcji zwierzęcej

Rodzaj hodowanych zwierząt	Odpady	Możliwości wykorzystania na cele energetyczne		
		spalanie	produkcja biogazu	piroliza
Bydło i konie	obornik bydlęcy i koński	●	XX	●
	gnojownica	●	XXX	●
	gnojówka	●	XXX	●
	padlina zwierzęca	XXX	●	–
	odpady wysokiego ryzyka	XXX	●	X
Drób	pomiot ptasi	–	XX	–
	ściółka drobiowa	–	XX	–
	padlina ptasia	XXX	●	X
	odpady wysokiego ryzyka	XXX	●	X
	pierze	XX	●	–
Trzoda chlewna	gnojówka	●	XXX	●
	gnojowica	●	XXX	●
	padlina zwierzęca	XXX	●	X
	odpady wysokiego ryzyka	XXX	●	X

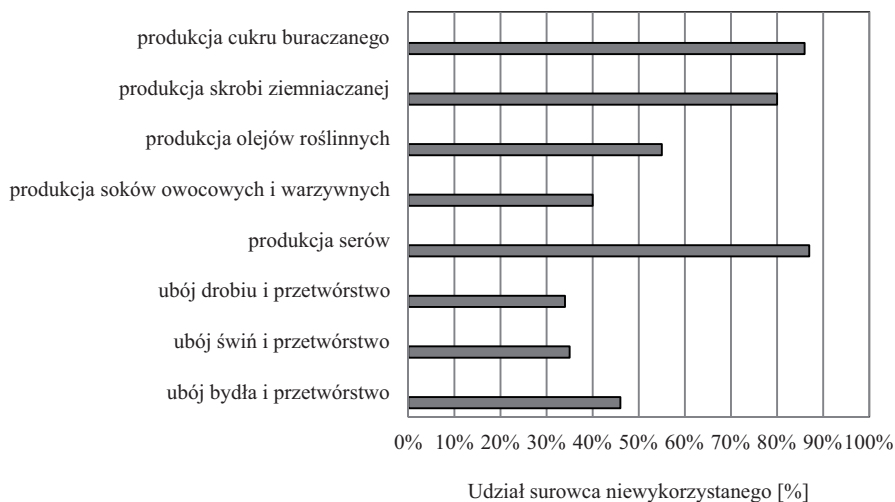
Oznaczenia: XXX – zalecane
XX – mniej zalecane

● – niezalecane
– – stosowane w ostateczności lub na etapie badań

Źródło: opracowanie własne

Jak stwierdza Kumider [1996], przy realizacji procesów w przemyśle spożywczym powstają znaczne straty surowca, związane głównie z zastosowaniem z procesem technologicznym. Wykorzystanie surowców nie jest więc nigdy stuprocentowe. Według Urbańca [2004] udział surowca niewykorzystanego w danym procesie może wynosić od 34 do nawet 87% (rys. 2).

Według danych GUS w przemyśle spożywczym powstaje ponad 10 tys. odpadów, z których ok. 80% podlega odzyskowi, a pozostałe są unieszkodliwiane (termicznie lub poprzez składowanie) lub czasowo magazynowane. Przemysł spożywczy jest więc tą gałęzią gospodarki, w której należy szczególnie uważnie uwzględnić zasady racjonalnej gospodarki odpadami, co może skutkować znacznym obniżeniem kosztów produkcji.



Rys. 2. Udział surowca niewykorzystanego w niektórych gałęziach przemysłu spożywczego

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Urbaniec 2004].

W tabeli 4 zamieszczono wykaz wybranych odpadów z przemysłu spożywczego, mających potencjalne możliwości wykorzystania energetycznego.

Najwięcej odpadów powstaje w przemyśle cukrowniczym – w roku 2006 było to ponad 55% ogólnej ilości odpadów z przemysłu spożywczego [Kasztelan 2008]. Przy produkcji 1 kg cukru powstaje średnio między innymi ok. 3,2 kg wysłodków, 1,9 l ścieków oraz 0,5 kg osadów z mycia i czyszczenia buraków. Przy produkcji sera przetworzenie 1 kg mleka skutkuje powstaniem ok. 0,7 kg serwatki. W przemyśle owocowo-warzywnym powstaje ok. 6,6 l ścieków na kilogram produkcji, a przy produkcji soku zagęszczonego z jabłek średnio 3 l ścieków i 1 kg wyłoków na kilogram produkcji. Liczby te przytoczono jedynie po to, aby pokazać, jak duża ilość odpadów wymaga odpowiedniego zagospodarowania. Przy produkcji bioenergii z odpadów przemysłu spożywczego, podobnie jak w produkcji zwierzęcej, ze względu na dużą zawartość wody w biomasie w większości przypadków zalecana jest produkcja biogazu.

W tabeli 5 zamieszczono charakterystykę wybranych substratów wraz z potencjałem produkcji biogazu. W świetle tych danych w produkcji biogazu z odpadów z produkcji zwierzęcej wskazane jest uzupełnienie wsadu innymi substratami (szczególnie odpadami z przemysłu spożywczego), które pozwolą na zwiększenie produktywności.

Tabela 4. Przykłady odpadów z przemysłu spożywczego i możliwości ich energetycznego wykorzystania

Rodzaj przemysłu	Odpady	Możliwości wykorzystania na cele energetyczne		
		spalanie	produkcja biogazu	piroliza
Ubój i przetwórstwo mięsne	kości	XX	–	X
	krw	●	XX	●
	tłuszcz	–	XXX	–
	skóra	X	●	–
	sierść, szczecina, pierze, jelita	X	●	X
	treść pokarmowa	●	XX	●
	rogi i kopyta	X	●	X
	odpadowa tkanka zwierzęca	●	XX	●
	odpady wysokiego ryzyka	XXX	●	X
Przemysł mleczarski	serwatka	●	XX	●
	maślanka pozostałości: mleka, mleka sproszkowanego, mleka skondensowanego, twarogu, twardego sera	●	XX	●
	zdyskwalifikowane mleko	●	XXX	●
Przemysł owocowo-warzywny	wytłoki jabłkowe wytłoki owoców kolorowych wytłoki warzywne pestki owoców i gniazda nasienne obierzyny i skórki odpady marchwiowe i grochowe młóto pomidorów osady pomoszczowe liście okrywkowe i części pogłębowe	X	XX	X
	wycierki ziemniaczane sok ziemniaczany szlam krochmalowy	●	XXX	●
Przemysł cukrowniczy	wysłodki melasa	●	XXX	●
	odcieki rafinadowe woda poprasowa i dyfuzyjna	–	XXX	–
	zdyskwalifikowane buraki ogonki i odłamki buraczane	●	XXX	●

Oznaczenia: XXX – zalecane
XX – mniej zalecane

● – niezalecane
– – stosowane w ostateczności
lub na etapie badań

Źródło: opracowanie własne.

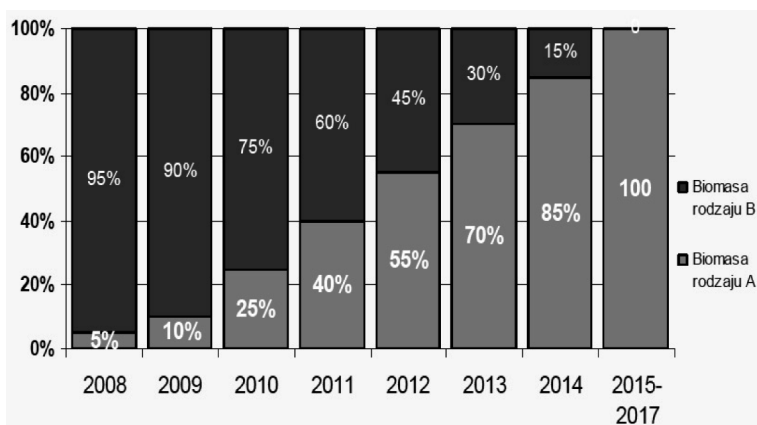
Tabela 5. Charakterystyka wybranych substratów wraz z potencjałem produkcji biogazu

Nazwa substratu		Procentowa zawartość suchej masy w substracie	Procentowa zawartość suchej masy organicznej w suchej masie	Produkcja metanu z 1 t suchej masy organicznej
		[%]	[%]	[m ³]
Odpady z produkcji zwierzęcej	gnojowica bydłęca	9,5	77,4	222,5
	gnojowica świńska	6,6	76,1	301,0
	gnojowica kurza	15,1	75,6	320,0
	gnojowica krów mlecznych	8,5	85,5	154,0
	gnojówka	2,1	60,0	222,5
Odpady poubojowe	odpady popłotacyjne z rzeźni	14,6	90,6	680,0
	zawartość żołądków bydłych	15,0	84,0	264,0
	odseparowana tkanka tłuszczowa	34,3	49,1	700,0
Rośliny energetyczne i odpady rolnicze	słoma	87,5	87,0	387,5
	trawa – kiszonka	40,3	83,4	396,6
	trawa	11,7	88,0	587,5
	siano	87,8	89,6	419,9
	ziemniaki – liście	25,0	79,0	587,5
	kukurydza – kiszonka	32,6	90,8	317,6
	bób – kiszonka	24,1	88,6	291,0
	rzepak – kiszonka	50,8	87,6	379,5
	buraki pastewne	13,5	85,0	546,6
	buraki cukrowe	23,0	92,5	444,0
	cebula	12,9	94,8	360,3
Przetwórstwo spożywcze	odpady i resztki owoców	45,0	61,5	400,0
	odpady i pozostałości	13,6	80,2	370,0
	melasa	81,7	92,5	301,6
	wysłodziny browarnicze	20,5	81,2	545,1
	wywar pogorzelniany ziemniaczany	13,6	89,5	387,7
	gliceryna	84,0	91,5	1196,0
	odpady z produkcji oleju	78,8	97,0	600
	serwatka	5,4	86,0	383,3
	odpady z produkcji serów	79,3	94,0	610,2
odpady piekarnicze	87,7	97,1	403,4	

Źródło: [Curkowski i in. 2009].

4. Perspektywy energetycznego wykorzystania bioodpadów

Polityka energetyczna Polski zmierza nie tylko do zwiększenia udziału OZE w bilansie energetycznym, ale i do ograniczenia wykorzystania zasobów biomasy leśnej w celach energetycznych. W przypadku współspalania biomasy w jednostkach powyżej 5 MW dąży się do wyeliminowania tego rodzaju biopaliwa (rys. 3). Wymogi dotyczące spalania biomasy w źródłach o łącznej mocy powyżej 20 MW z wykorzystaniem układu hybrydowego oraz w jednostkach dedykowanych od 2010 r. są trochę mniej rygorystyczne – w roku 2017 udział biomasy typu A powinien osiągnąć 60%. W związku z tym zdecydowanie zwiększy się popyt na biomasę typu A, w tym na bioodpady pochodzące między innymi z produkcji żywności.



Biomasa A – pochodząca z upraw energetycznych lub odpadów i pozostałości z produkcji rolnej oraz przemysłu przetwarzającego jego produkty, a także części pozostałych odpadów, które ulegają biodegradacji.

Biomasy B – pozostałe rodzaje biomasy.

Rys. 3. Wymogi dotyczące biomasy współspalanej w jednostkach powyżej 5 MW

Źródło: [Muras 2011].

Utylizacja odpadów powstających podczas produkcji żywności pociąga za sobą konieczność rozwiązania wielu problemów natury ekonomicznej i technicznej, a także związanych z ochroną środowiska naturalnego. Niejednokrotnie powstają bardzo duże ilości bioodpadów, a ich różnorodne cechy fizyczne i chemiczne często utrudniają późniejszą obróbkę.

Przeprowadzona analiza wykazała, że największą efektywność wykorzystania odpadów rolno-spożywczych uzyskuje się w procesach termicznych. Niestety, możliwość ich zastosowania jest ograniczona dużą wilgotnością większości z nich. Podejmowane są próby stosowania nowoczesnych pieców fluidalnych typu CFB (Circulating Fluidized Bed), które cechują się wysoką sprawnością, niską emisją NOx,

możliwością stosowania paliw o niskiej jakości i dużej wilgotności oraz brakiem konieczności rozdrabniania paliwa w młynach (maks. wielkość cząstki 6–20 mm). Ich wadą jest stosunkowo wysoki koszt inwestycyjny. Jak stwierdzają Kazalski i in. [2011], zastąpienie kotłów pyłowych kotłami fluidalnymi jest jedną z dróg do wdrożenia wielkoskalowego spalania biomasy przy maksymalnym wykorzystaniu istniejącej infrastruktury.

W najbliższym czasie należy się spodziewać szybszego rozwoju biogazowni, które oprócz produkcji biogazu na cele energetyczne umożliwiają utylizację odpadów i stosowanie przetworzonych (bezpiecznych) nawozów naturalnych [Curkowski, Oniszk-Popławska 2011]. Trzeba jednak uwzględnić to, że instalacje biogazowe wymagają stosunkowo dużych nakładów finansowych i jak wynika z ekspertyzy wykonanej na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi [Pasyniuk (red.) 2008], powinny powstawać w bardzo dużych gospodarstwach mających dużą ilość substratu lub w biogazowniach, które zrzeszają większą liczbę rolników, np. biogazowniach gminnych.

Wprawdzie lista substratów, które mogą służyć do produkcji biogazu, jest bardzo obszerna [European Feedstock Atlas], niemniej w warunkach polskich głównym substratem jest najczęściej gnojowica [Curkowski, Oniszk-Popławska 2012]. Dobór substratów do produkcji musi być uzasadniony ekonomicznie. Należy uwzględnić między innymi pewność i ciągłość ich dostaw – w produkcji żywności występuje bardzo często sezonowość pracy. Wiele zakładów spożywczych działa w trybie kampanii, co oznacza, że w bardzo krótkim czasie następują dostawy dużej ilości łatwo psujących się produktów. Z tych powodów zalecane jest stosowanie kofermentacji. Zróżnicowanie substratów sprzyja uzyskaniu lepszych parametrów biogazu oraz zwiększa bezpieczeństwo dostaw surowca [Kuczyńska i in. 2011]. Wskazana jest również taka lokalizacja biogazowni, która umożliwi wykorzystanie odpadów zarówno z przemysłu spożywczego, jak i z rolnictwa. Jak wykazała analiza ekonomiczna, najkorzystniejszy wariant realizacji biogazowni w warunkach polskich polega na zintegrowaniu jej w ramach gospodarstwa rolno-hodowlanego oraz zakładu przetwórstwa spożywczego [Curkowski i in. 2011].

5. Podsumowanie

Ilość bioodpadów powstających na terenie całego kraju w procesach produkcji żywności jest bardzo duża. Z przeprowadzonej analizy wynika, że są one w zdecydowanej większości poddawane różnym procesom odzysku. Wśród nich dominuje przetwarzanie na pasze i nawozy. Współczesne zakłady przemysłu rolno-spożywczego są jednak coraz większe, wzrastają również ich moce przerobowe i dlatego masa odpadów częstokroć przerasta możliwości ich odbioru przez okolicznych rolników. Szacuje się, że od 2010 do 2014 r. ilość odpadów w tym sektorze gospodarki wzrośnie o 10%. Dodatkowym utrudnieniem w zagospodarowaniu bioodpadów jest duże rozproszenie zakładów oraz to, iż wiele z nich działa w trybie kampanii, co oznacza,

że w krótkim czasie w jedno miejsce dostarczane są bardzo duże ilości nietrwałego surowca, z którego powstaje duża ilość równie nietrwałych odpadów.

Wskazane jest zatem dążenie do zwiększania stopnia wykorzystania odpadów z przemysłu rolno-spożywczego na cele energetyczne. Pozwoli to na ich unieszkodliwienie i zmniejszenie kosztów produkcji (wytworzenie własnej energii i ciepła).

Jedną z najbardziej powszechnych metod energetycznej konwersji bioodpadów jest ich spalanie (bezpośrednie lub po odpowiednim przetworzeniu). Nowe rozwiązania techniczne zmierzają w tym zakresie do optymalizacji (obniżenia energochłonności, a zatem kosztów) procesów przetwarzania oraz zwiększenia sprawności cieplnej kotłów. Trwają także poszukiwania efektywnych systemów dosuszania wielu różnych bioodpadów.

Równie popularne stają się systemy produkcji biogazu. Ich rozwój jest bardziej dynamiczny między innymi ze względu na fakt, iż coraz częściej wykorzystywane są układy kogeneracji, w których dzięki równoczesnemu wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepła „u źródła” (bezpośrednio w zakładzie produkcyjnym) sprawność układu wzrasta od około 47% (w przypadku klasycznego, rozdzielnego systemu) do około 85%.

W świetle przeprowadzonej analizy wszystkie rodzaje biomasy odpadowej nadają się do wykorzystania na cele energetyczne przy zastosowaniu jednej lub obu wymienionych powyżej metod. Przy wyborze technologii i planowaniu inwestycji niezbędne jest uwzględnienie elementów logistyki dostaw. Niestety, nieprzetworzona biomasa cechuje się najczęściej niską gęstością usypową oraz dużą wilgotnością, więc transport na większe odległości jest nieopłacalny. Należy wobec tego dążyć do zorganizowania systemu zbiórki odpadów przemysłu rolno-spożywczego w danym rejonie, wokół utworzonych centrów przetwarzania, które w świetle licznych doniesień literaturowych powinny być lokalizowane w pobliżu zakładów przemysłu rolno-spożywczego.

Wiele szacunków wskazuje na to, że dostępne technologie wykorzystania odpadów z przemysłu rolno-spożywczego są jeszcze dosyć kosztowne i dlatego powinny zostać opracowane sposoby systemowego wspomaganie finansowego producentów chcących wdrażać nowoczesne technologie konwersji bioodpadów na ciepło i energię elektryczną.

Literatura

- Berg M., Thaaning Pedersen S., Rohde G., *Experience with straw dust firing at Amager 2*, VGB PowerTech, 2007, 5.
- Cebula J., Latocha L., *Biogazownie rolnicze elementem gospodarczego wykorzystania pozostałości z produkcji rolniczej oraz rozwoju rozproszonej energetyki odnawialnej*, Mat. Sem. „Biogazownie rolnicze elementem gospodarczego wykorzystania biomasy z produkcji rolniczej, ochrony środowiska naturalnego oraz rozwoju rozproszonej energetyki odnawialnej”, Mikołów 2005.

- Curkowski A., Mroczkowski P., Oniszk-Popławska A., Wiśniewski G., *Biogaz rolniczy – produkcja i jego wykorzystanie*, Mazowiecka Agencja Energetyczna, Warszawa 2009.
- Curkowski A., Oniszk-Popławska A., Mroczkowski P., Zowski M., Wiśniewski G., *Przewodnik dla inwestorów zainteresowanych budową gazowni rolniczych*, Instytut Energetyki Odnawialnej, In Press, Warszawa 2011.
- Curkowski A., Oniszk-Popławska A., *Analiza porównawcza opłacalności ekonomicznej biogazowni rolniczej i utylizacyjnej*, Forum Eksploatatora 2011, 3.
- Curkowski A., Oniszk-Popławska A., *Surowce do produkcji biogazu – uproszczona metoda obliczenia wydajności biogazowni*, Instytut Energetyki Odnawialnej, 2012, <http://www.ieo.pl>.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, 2008. L 312/3.
- Energia ze źródeł odnawialnych w 2010 r. GUS, Informacje i opracowania statystyczne*, Warszawa 2011.
- European Feedstock Atlas, <http://www.eu-agrobiogas.net>.
- Frączek J. (red.), *Optymalizacja procesu produkcji paliw kompaktowanych wytwarzanych z roślin energetycznych*, Wydawnictwo PTIR, Kraków 2010a.
- Frączek J. (red.), *Przetwarzanie biomasy na cele energetyczne*, Wydawnictwo PTIR, Kraków 2010b.
- Frączek J., Kurpaska S., Łapczyńska-Kordon B., *Thermal conversion of biomass*, Wydawnictwo PTIR, Kraków 2011.
- Kasztelan E., *Oddziaływanie przemysłu spożywczego na środowisko*, Przemysł Spożywczy 2008, nr 10.
- Kazalski K., Hrycko P., Repczyński A., *Konwersja kotła węglowego OP-130 na kocioł BFB spalający biomasę – ocena efektów energetycznych i emisyjnych*, Energetyka 2011, nr 7.
- Krajowy plan gospodarki odpadami. Załącznik do uchwały nr 219 Rady Ministrów z dnia 29 października 2002 r., poz. 159, Monitor Polski 2003, nr 11.
- Kuczyńska I., Nogaj A., Pomykała R., *Odpady w produkcji biogazu cz. II*, Recykling 2011, nr 10(130).
- Kumider J., *Utylizacja odpadów przemysłu rolno-spożywczego. Aspekty towaroznawcze i ekologiczne*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 1996.
- Lis T., Grabowska K., *Program wdrożenia technologii biogazowych w Małopolsce*, Małopolska Agencja Energii i Środowiska, Kraków 2007.
- Muras Z., *Warunki do kwalifikowania energii świadectwami pochodzenia dla biomasy, biopłynów i biogazu*. Konferencja Forum technologii w energetyce – spalanie biomasy, Bełchatów 27-28 października 2011.
- Pasyniuk P. (red.), *Prawne, technologiczne, środowiskowe i ekonomiczne uwarunkowania rozwoju produkcji odnawialnych źródeł energii w Polsce opartych na biomase pochodzenia rolniczego*, IBMER, Warszawa 2008, <http://www.minrol.gov.pl/pol>.
- Raport określający cele w zakresie udziału energii elektrycznej wytwarzanej w odnawialnych źródłach energii znajdujących się na terenie Rzeczypospolitej Polskiej, w krajowym zużyciu energii elektrycznej na lata 2010-2019, Minister Gospodarki, Warszawa 2011.
- Rosik-Dulewska Cz., *Podstawy gospodarki odpadami*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- Urbaniec K., *Gospodarka odpadami i ściekami w produkcji żywności*, Przemysł Spożywczy 2004, nr 11.
- Wisł J., Matwiejew A., *Biomasa – badania w laboratorium w aspekcie przydatności do energetycznego spalania*, Energetyka 2005, nr 9.
- Wytyczne w zakresie wykorzystania produktów ubocznych oraz zalecanego postępowania z odpadami w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Instytut Techniczno-Przyrodniczy, Falenty 2010.

Akty prawne

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 marca 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów, DzU nr 37.

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 29 stycznia 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów innych niż niebezpieczne oraz rodzajów instalacji i urządzeń, w których dopuszcza się ich termiczne przekształcanie, DzU nr 18.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów, DzU nr 112.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 maja 2002 r. w sprawie listy rodzajów odpadów, które posiadacz odpadów może przekazywać osobom fizycznym lub jednostkom organizacyjnym, niebędącym przedsiębiorcami, do wykorzystania na ich własne potrzeby, DzU nr 74.

Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r., DzU z 2010, nr 185, poz. 1243 t.j. z późn. zm.

THE ASSESSMENT OF USE OF AGRICULTURAL WASTE FOR ENERGY PURPOSES

Summary: The paper presents results of a study on the possibility of using various types of bio-waste from the agri-food industry. It was found that the highest efficiency of energetical use of them is obtained through the use of thermal methods (barrier is the wastes' high humidity). Apart from using modern fluidised stoves, there are also some attempts for pyrolysis application. In the short period of time it is expected faster development of biogas plants, which besides of biogas production, allow the sludge disposal and the use of natural fertilizers. However there should be considered that this type of installations require relatively large expenses. It is also recommended to use the co-fermentation – the variety of substrates conduces to the obtaining of a better biogas's parameters and increases the security of raw material supplies.

Keywords: biomass, sludge, agricultural and food industry.