

**Paweł Wolak, Adrianna Złocińska**

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu  
e-mail: adrianna.zlocinska@ue.wroc.pl

---

## **BADANIE SKŁADU CHEMICZNEGO WYSŁODKÓW BURACZANYCH – PRODUKTU UBOCZNEGO PRZEMYSŁU CUKROWNICZEGO**

---

**Streszczenie:** Wysłodki buraczane są produktem ubocznym otrzymywanym po procesie wysładzania buraków cukrowych. Wykorzystuje się je przede wszystkim jako wysokoenergetyczne pasze dla zwierząt hodowlanych. Wysłodki są cennym rodzajem biomasy ze względu na znaczną zawartość składników węglowodanowych: celulozy i hemicelulozy, oraz niewęglowodanowych: ligniny i białka. Mogą być istotnym źródłem wielu surowców stosowanych w różnych gałęziach przemysłu chemicznego, spożywczego, farmaceutycznego i kosmetycznego. W pracy przedstawiono wyniki analiz dotyczących składu chemicznego wysłodków buraczanych. Uzyskane dane stanowią bazę do dalszych badań eksperymentalnych nad tym rodzajem surowca. Istnieje możliwość pozyskania z wysłodków w warunkach hydrotermalnego rozkładu w wodzie w stanie pod- i nadkrytycznym, wielu cennych substancji niezbędnych w produkcji przemysłowej.

**Słowa kluczowe:** wysłodki buraczane, skład chemiczny, frakcja lignino-celulozowa, pektyny, białko.

### **1. Wstęp**

Biomasę stanowią surowce pochodzenia roślinnego i zwierzęcego w stanie skupienia stałym lub ciekłym. Mogą one pochodzić z celowej produkcji, a także z odpadów przemysłowych, komunalnych, rolniczych i leśniczych. Najważniejszą cechą biomasy, czyli materii organicznej, jest jej zdolność do ulegania biodegradacji [Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 9 grudnia 2004 r. ...]. Materię organiczną, która zawiera mało wilgoci, a stosunkowo dużo części palnych, poddaje się głównie spalaniu w celu uzyskania energii elektrycznej i cieplnej. Jednak coraz częściej poszukuje się nowych zastosowań biomasy, szczególnie w przypadku produktów odpadowych z różnych gałęzi przemysłu. Problem dotyczy głównie przemysłu rolno-spożywczego, w którym powstają nietrwale odpady organiczne. W głównej mierze przeznaczają się je na cele paszowe, a w warunkach braku zbytu poddaje się je kompostowaniu.

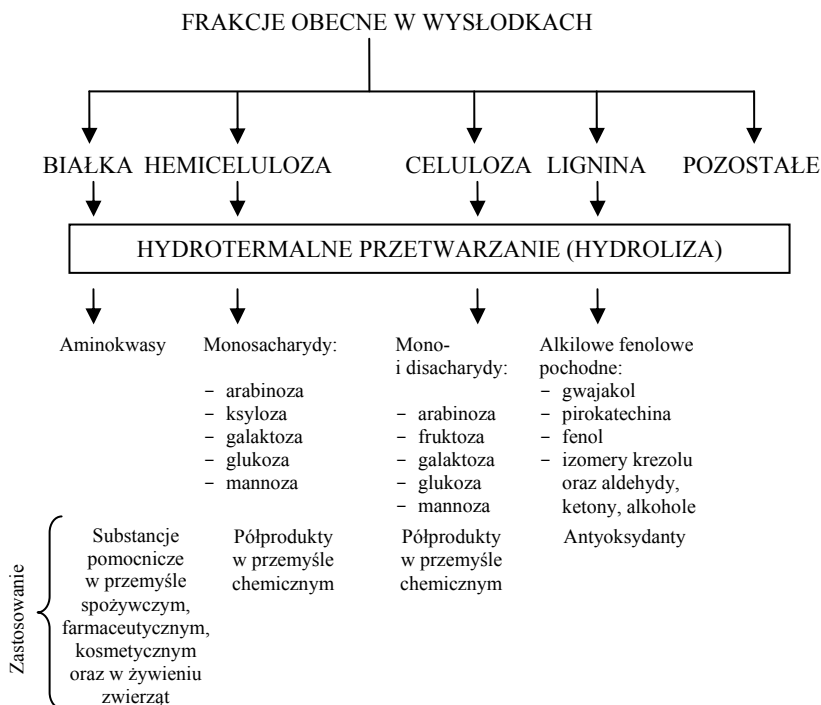
Wśród intensywnie rozwijających się w ostatnich latach kierunków wykorzystania biomasy, w szczególności odpadowej, wyróżnia się pozyskiwanie z niej surowców. Znaczną część substancji wykorzystywanych w przemyśle otrzymuje się na bazie surowców kopalnych, przede wszystkim ropy naftowej i gazu ziemnego. Stanowią one cenne i zarazem nieodnawialne źródło surowców niezbędnych w małej i wielkotonażowej produkcji. W efekcie rozwoju przemysłu i gospodarki na świecie oraz stałej eksploatacji złóż zasoby ich ulegają stopniowemu wyczerpywaniu. Jednocześnie wraz ze wzrostem popytu zwiększeniu ulega ich cena. Wpływa to na obniżenie efektywności ekonomicznej produkcji chemicznej. Ponadto pozyskiwanie surowców z konwencjonalnych źródeł powoduje potęgowanie niekorzystnego efektu związanego z zanieczyszczaniem i dewastacją środowiska naturalnego. Konieczne jest poszukiwanie alternatywnych źródeł w zakresie pozyskiwania surowców.

Przykładem odpadowej biomasy z przemysłu rolniczego, powstającej co roku w znacznych ilościach, są wysłodki buraczane. W latach 2004–2010 w cukrowniach w Polsce przetwarzano od 10 do 12 mln ton buraków cukrowych [Wytyczne w zakresie... 2010; Dulcet 2007; Połec i in. 2009].

Z 1 tony buraków cukrowych otrzymuje się ok. 250 kg wysłodków mokrych prasowanych, w których zawartość suchej masy wynosi ok. 25%. Wysłodki buraczane na bieżąco wykorzystuje się przede wszystkim jako pasze dla zwierząt hodowlanych, a także konserwuje przez zakiszanie lub suszenie. Jednak w wyniku zmniejszającego się w ostatnich latach poglobia występuje nadmiar tego rodzaju produktów paszowych [Abramczuk, Spychała 2009; Rocznik Statystyczny... 2010].

Nowym kierunkiem zagospodarowania wysłodków buraczanych jest ich hydrotermalny rozkład w wodzie w stanie pod- i nadkrytycznym, prowadzący do pozyskania, z potencjalnie pozbawionych wartości użytkowych odpadów, cennych bioproduktów [Dulcet 2007; Połec i in. 2009]. W odpowiednich warunkach hydrotermalnego przetworzenia, z celulozy, hemicelulozy, ligniny oraz białka, można otrzymać przede wszystkim aminokwasy, mono- i disacharydy, aldehydy, ketony, alkohole oraz pochodne alkilowe fenolu. Poszczególne substancje będą mogły być wykorzystane w różnych gałęziach przemysłu chemicznego, spożywczego, farmaceutycznego oraz kosmetycznego (rys. 1).

Warunkiem koniecznym i wstępnym efektywnego przeprowadzenia hydrotermalnego rozkładu wysłodków jest precyzyjne określenie składu surowca. W krajowej i światowej literaturze przedmiotu dostępne są doniesienia, które tylko w ograniczonym zakresie prezentują zarówno metodykę prowadzenia badań składu, jak i uzyskane rezultaty. W większości prac koncentrowano się na określeniu zawartości pektyn (jako potencjalnego źródła surowca do ich wyizolowania) oraz białka (informacja istotna przy zastosowaniu wysłodków jako paszy). Tymczasem zawartość poszczególnych składników może się różnić w zależności od warunków pogodowych oraz glebowych, w których uprawiane są buraki cukrowe. Celem pracy było kompleksowe zbadanie składu chemicznego wysłodków prasowanych i suchych pod kątem planowanego hydrotermalnego rozkładu ich składników. Wyniki badań umożli-



**Rys. 1.** Frakcje obecne w wysłodkach, możliwości ich hydrotermalnego przetworzenia oraz zastosowania otrzymanych produktów

Źródło: opracowanie własne.

wią optymalizację procesu hydrotermalnego rozkładu prowadzącego do uzyskania maksymalnej ilości produktów użytecznych. Pozwolą również na oszacowanie zarówno możliwej do osiągnięcia wydajności poszczególnych procesów rozkładu, jak i reakcji ubocznych oraz następczych w prowadzonych eksperymentach.

## 2. Część doświadczalna

### 2.1. Surowce i odczynniki

Do badań wykorzystano wysłodki prasowane i suche pochodzące z kampanii cukrowniczej 2010/2011. Surowiec pozyskano z zakładu produkcyjnego „Cukrownia Świdnica” w Pszenniu należącego do koncernu Südzucker Polska SA. Wysłodki otrzymano z buraków cukrowych z upraw w województwie dolnośląskim.

Wysłodki prasowane miały postać cienkich, długich pasków (krajanka) (rys. 2a). Natomiast wysłodki suche poddano w cukrowni peletowaniu, czyli zmniejszeniu objętości przez prasowanie, przy jednoczesnym oddzielaniu wody. W wyniku



**Rys. 2.** Postacie wysłodków: a) wysłodki prasowane, b) wysłodki suche, c) od lewej: wysłodki suche zmielone, prasowane i suche

Źródło: opracowanie własne.

tego procesu otrzymano produkt w formie twardego, zbitego walca o długości od 1 do 10 cm (rys. 2b).

Wszystkie wykorzystywane do badań odczynniki i reagenty chemiczne o czystości cz. d. a. pochodziły z firmy POCh (stosowane do analizy cukrów metodą Luff-Schoorla) oraz firmy Sigma-Aldrich.

## 2.2. Metody analityczne

Do badań zawartości składników obecnych w wysłodkach buraczanych wykorzystano procedury analityczne zawarte w rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 2004 r., w polskich i amerykańskich normach oraz przepisach dotyczących oznaczeń składników w produktach roślinnych. Należą do nich przede wszystkim:

Chemical Analysis and Testing Laboratory Analytical Procedures, National Renewable Energy Laboratory (NREL), The National Forage Testing Association (NFTA) [Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie metod analiz niektórych produktów i półproduktów przemysłu cukrowniczego z dnia 13 lutego 2004 r. ...; PN-90/A-75101/02; NREL; NFTA; www.scribd.com]. Wykorzystano również metody oznaczeń określonych składników zawartych w wysłódkach buraczanych stosowane przez innych autorów, których wyniki prac eksperymentalnych przedstawiono w uznanych czasopismach naukowych [Sun, Hugnes 1998; Yuldasheva i in. 1994].

### 2.3. Metodyka pomiarów

Wszystkie oznaczenia składu chemicznego wysłódków buraczanych, z wyjątkiem zawartości suchej masy w wysłódkach prasowanych, przeprowadzono po odpowiednim przygotowaniu surowców. Zarówno wysłódki prasowane, jak i suche rozdrabniano i mielono do proszku. W obu przypadkach średnica ziaren wynosiła poniżej 200  $\mu\text{m}$ , przy czym średnia arytmetyczna dla wysłódków prasowanych wynosiła 122  $\mu\text{m}$ , a dla wysłódków suchych – 120  $\mu\text{m}$ . Analizę wielkości ziaren przeprowadzono metodą sitową na wytrząsarce firmy Fritsch.

W surowcach oznaczano zawartość popiołu, ekstraktu ogólnego, cukrów, azotu i białka ogólnego, pektyn, włókna surowego, włókna neutralno-detergentowego (NDF – *neutral detergent fiber*), włókna kwaśno-detergentowego (ADF – *acid detergent fiber*), ligniny Klasona nierozpuszczalnej w kwasach (ADL – *acid detergent lignin*), ligniny rozpuszczalnej w kwasach (ASL – *acid soluble lignin*), hemicelulozy (HC) oraz celulozy (C).

W oznaczeniach zawartości suchej masy oraz popiołu analizy prowadzono do momentu uzyskania stałej masy próbek.

W wysłódkach oznaczono zawartość substancji ekstrahowalnych za pomocą gorącej wody i eteru dietylowego.

Oznaczanie zawartości cukrów przeprowadzono metodą Luff-Schoorla. Po wyekstrahowaniu cukrów z surowców za pomocą wody uzyskany ekstrakt klarowano roztworami Carreza I i Carreza II. Przygotowaną w ten sposób mieszaninę poddawano badaniu na zawartość cukrów redukujących i po inwersji. W procedurze oznaczania cukrów po inwersji ekstrakt poddawano dodatkowo kwasowej hydrolizie (0,1 M HCl). Analizę zawartości cukrów metodą Luff-Schoorla przeprowadzono również w przesączu pozyskanym z oznaczenia ligniny nierozpuszczalnej w kwasach.

Oznaczanie zawartości azotu w wysłódkach przeprowadzono metodą Kjeldahla. Na podstawie uzyskanych wyników obliczano zawartość białka ogólnego, mnożąc zawartość azotu przez stałą  $NF = 6,25$  (*nitrogen factor*).

Zawartość pektyn w wysłódkach oznaczano w postaci pektynianu wapniowego metodą Griebela. Surowiec poddawano ekstrakcji wodnej i przesączano. Zmydlenie pektyn prowadzono za pomocą 0,1 M NaOH. W kolejnym etapie próbę neutralizowano za pomocą 0,1 M kwasu octowego. Następnie wprowadzano 0,1 M roztwór

chlorku wapniowego w celu strącenia pektyn w postaci soli wapniowej. Mieszaninę ogrzewano do wrzenia i przesączano. Produktem reakcji był osad, który suszono w temp. 105°C i ważono [Pijanowski i in. 1973; Levigne, Ralet, Thibault 2002].

Oznaczenie zawartości włókna surowego, włókna neutralno-detergentowego, kwaśno-detergentowego, ligniny Klasona i ligniny rozpuszczalnej w kwasach przeprowadzano w próbkach surowych oraz po wcześniejszym wyekstrahowaniu z nich substancji rozpuszczalnych w wodzie.

Analizę zawartości włókna surowego wykonywano, przeprowadzając hydrolizę kwasową (1,25%-owy  $H_2SO_4$ ) i zasadową (1,25%-owy NaOH). Przygotowany w ten sposób osad spalano w temp. 600°C.

W oznaczaniu NDF i ADF próbkę wysłódków utrzymywano we wrzeniu odpowiednio w roztworze neutralno-detergentowym i kwasowo-detergentowym. Następnie oddzielano frakcję stałą i suszono, po czym spalano ją w piecu w temp. 500°C.

Naważkę wysłódków w oznaczaniu ligniny Klasona poddawano działaniu stężonego kwasu siarkowego. Następnie do próbki dodawano wody, rozcieńczając kwas do stężenia 4%, i umieszczano w autoklawie w temp. 120°C. Pozostałość stałą przesączano, wysuszano i spalano w piecu w temp. 600°C.

Ligninę rozpuszczalną w kwasach oznaczano metodą spektrofotometryczną w hydrolizacie pozyskanym w trakcie analizy ADL. Jako substancję odniesienia w trakcie pomiarów absorbancji stosowano 4-procentowy kwas siarkowy.

Zawartość celulozy i hemicelulozy w badanych próbkach wyznaczono jako różnicę uzyskanych wielkości eksperymentalnych odpowiednio: włókna kwaśno-detergentowego i ligniny Klasona ( $ADF - ADL$ ) oraz włókna neutralno-detergentowego i kwaśno-detergentowego ( $NDF - ADF$ ).

Każde oznaczenie wykonywano w pięciokrotnym powtórzeniu. Dokładność metod określano, wyznaczając odchylenie standardowe.

## 2.4. Wyniki

Wyniki oznaczeń zawartości suchej masy, popiołu, ekstraktu ogólnego, tłuszczów ogólnych, białka ogólnego, pektyn oraz cukrów redukujących, po inwersji i ogólnych w wysłódkach prasowanych i suchych przedstawiono w tab. 1.

Analiza zawartości suchej masy i wilgotności w wysłódkach prasowanych wykazała, że woda w badanym surowcu stanowiła ponad 75% całkowitej jego masy. Z uzyskanych danych wynikało, że zawartość wody w surowcu była zgodna z wymaganiami dotyczącymi poziomu wilgotności w wysłódkach prasowanych. Zawartość suchej masy powinna wynosić od 20 do 25% [Abramczuk, Spychała 2009; Duda 2009].

Oznaczenie zawartości popiołu w wysłódkach przeprowadzano w różnych warunkach temperaturowych w celu sprawdzenia ewentualnej obecności substancji nieorganicznych ulegających rozkładowi w wyższej temperaturze. Ilość składników mineralnych w wysłódkach mieściła się granicy 3-4%. Zawartość popiołu w anali-



**Tabela 1.** Zawartość poszczególnych składników w wysłódkach suchych i prasowanych (% g/g)

Składnik		Wysłódki prasowane	Wysłódki suche
Sucha masa		23,14 (0,61)*	–
Popiół		3,67 (0,097)	3,22 (0,043)
Ekstrakt ogólny		41,35 (0,79)	44,18 (0,64)
Tłuszcze ogólne		0,38 (0,14)	0,56 (0,047)
Białko ogólne		9,74 (0,21)	9,10 (0,047)
Pektyny		9,03 (0,17)	7,66 (0,56)
Cukry	redukujące	2,67 (0,041)	2,35 (0,058)
	po inwersji	8,72 (0,29)	8,62 (0,25)
	ogólne	15,30 (0,63)	10,08 (0,87)

\* – odchylenie standardowe, – – nie analizowano.

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

zowanych próbkach mogła się nieznacznie różnić ze względu na nierównomierny poziom zanieczyszczeń oraz ilość składników mineralnych w poszczególnych partiach produktu. Według danych literaturowych zawartość popiołu ogólnego w wysłódkach powinna wynosić od 3,5 do 9% [Arosemena, DePeters, Fidel 1995; Barowicz 2010; DePeters, Fidel, Arosemena 1997; Toğrul, Arslan 2003].

Ekstrakcję składników zawartych w wysłódkach przeprowadzano, stosując dwa rodzaje rozpuszczalnika: gorącą wodę i eter dietylowy. W pierwszym przypadku uzyskano ekstrakt ogólny, czyli sumę cukrów, kwasów karboksylowych oraz barwników łatwo rozpuszczalnych w wodzie. Zawartość ekstraktu ogólnego w wysłódkach mokrych oraz suchych była znaczna i wynosiła ponad 40%.

Wykorzystanie do ekstrakcji eteru dietylowego umożliwiło określenie zawartości tłuszczów ogólnych wraz z rozpuszczonymi w nich m.in. witaminami i barwnikami. Zarówno w wysłódkach mokrych, jak i suchych stwierdzano niewielkie ilości (poniżej 1%) substancji ekstrahowanych za pomocą eteru dietylowego. Zawartość ekstraktu eterowego powinna wynosić od 0,2 do 1,2% [Arosemena, DePeters, Fidel 1995; Barowicz 2010; Toğrul, Arslan 2003; Fidel, DePeters, Arosemena 2000].

W wysłódkach oznaczano zawartość azotu metodą Kjeldahla. Wyniki analizy posłużyły do obliczenia zawartości białka ogólnego w surowcu. W obu rodzajach wysłódków stwierdzano ok. 10-procentową zawartość substancji azotowych, do których zaliczano białko właściwe oraz niebiałkowe związki azotowe. W wysłódkach suchych stwierdzano od ok. 7,5 do 12% białka ogólnego, natomiast w wysłódkach prasowanych zawartość substancji azotowych może wynieść nawet 16% [Barowicz 2010; Fidel, DePeters, Arosemena 2000].

W trakcie badania składu chemicznego wysłódków buraczanych największe problemy związane były z oznaczeniem zawartości pektyn. Główną trudnością było

wyekstrahowanie tych substancji z surowca stałego. Z danych literaturowych wynikało, że zawartość pektyn w wysłódkach buraczanych powinna wynosić 20-30% [Levigne, Ralet, Thibault 2002; Fidel, DePeters, Arosemena 2000; Dufresne, Cavaille, Vignon 1997]. W pracach eksperymentalnych, w których wykorzystywano do badań wysłódki buraczane, zwracano uwagę na niską skuteczność ekstrakcji z nich pektyn [Dufresne, Cavaille, Vignon 1997; Turquois i in. 1999]. W wyniku ekstrakcji wodnej i zastosowania metody Griebela oznaczano zawartość pektyn w wysłódkach prasowanych w ilości ok. 9%, natomiast w wysłódkach suchych w ilości ok. 8%.

Ilość cukrów w wysłódkach wyznaczano jako cukry redukujące i cukry po inwersji w ekstrakcie wodnym oraz cukry ogólne w przesączu pozostałym z oznaczenia ligniny Klasona. Zawartość cukrów redukujących w analizowanych surowcach była niewielka i wynosiła w obu przypadkach poniżej 3%. Zawartość cukrów po inwersji w obu rodzajach surowca była o ok. 3,5 raza większa w porównaniu z cukrami redukującymi. Zarówno w wysłódkach suchych, jak i prasowanych stwierdzano zbliżoną zawartość cukrów po inwersji wynoszącą odpowiednio 8,62 i 8,72%. Odmienne wyniki uzyskano, przeprowadzając badanie obecności cukrów ogólnych w przesączu z analizy ligniny Klasona. W wysłódkach prasowanych stwierdzano znaczną zawartość cukrów ogólnych wynoszącą ponad 15% i jednocześnie większą o ponad 5% od zawartości cukrów w wysłódkach suchych.

Biorąc pod uwagę planowane wykorzystanie wysłódków buraczanych do dalszych badań związanych z ich hydrotermalnym rozkładem w wodzie w stanie pod- i nadkrytycznym, najistotniejszym zadaniem było oznaczenie zawartości frakcji węglowodanowych: celulozy i hemicelulozy, oraz niewęglowodanowej frakcji ligninowej.

Analizy zawartości włókna surowego, włókna neutralno-detergentowego (NDF), kwaśno-detergentowego (ADF), ligniny rozpuszczalnej w kwasach (ASL) i nierozpuszczalnej w kwasach (ADL) przeprowadzono w wysłódkach surowych oraz w wysłódkach po uprzedniej ekstrakcji z nich substancji rozpuszczalnych w wodzie. Wynikiem oznaczenia NDF była sumaryczna zawartość celulozy, hemicelulozy i ligniny, natomiast analiza ADF wyznaczała sumę zawartości celulozy i ligniny w badanym surowcu.

Na podstawie danych literaturowych stwierdzono, że zawartość celulozy w wysłódkach kształtuje się na poziomie 20-30% [Dufresne, Cavaille, Vignon 1997; Toğrul, Arslan 2003], natomiast hemicelulozy na poziomie 24-36% [Foster, Dale, Doran-Peterson 2001; Hutnan, Drtil, Mrafkova 2000].

Wyniki analiz włókna surowego, NDF, ADF, ASL, ADL oraz ilości HC i C w wysłódkach suchych i mokrych surowych oraz po ekstrakcji wodą przedstawiono w tab. 2.

Ze względu na wysoką zawartość w wysłódkach substancji ekstrahowalnych wodą (tab. 1) wartości analiz ADF, ADL i tym samym ilość celulozy mogły być zaniżone. Przypuszcza się, że w przypadku zawartości włókna NDF oraz hemicelulozy wiarygodniejsze wyniki uzyskiwano, analizując surowe wysłódki, ze względu



**Tabela 2.** Zawartość włókna surowego, NDF, ADF, ASL, ADL, HC, C w wysłódkach suchych i mokrych przed i po ekstrakcji gorącą wodą (% g/g s.s.)

Składnik	Wysłódki mokre		Wysłódki suche	
	surowe	po ekstrakcji	surowe	po ekstrakcji
Włókno surowe	13,63 (0,17)*	25,66 (0,78)	14,89 (0,45)	29,04 (0,72)
NDF	46,64 (0,59)	81,68 (0,93)	40,85 (0,78)	64,87 (0,80)
ADF	24,16 (0,66)	48,51 (0,67)	22,16 (0,81)	44,27 (2,33)
ASL	12,34 (0,53)	8,10 (0,41)	6,88 (0,23)	4,63 (0,25)
ADL	3,14 (1,52)	15,20 (1,48)	12,35 (0,79)	14,30 (1,17)
HC	22,48 (0,63)	33,18 (0,80)	18,69 (0,80)	20,60 (1,57)
C	21,02 (1,09)	33,31 (1,08)	9,81 (0,80)	29,97 (1,75)

\* – odchylenie standardowe.

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

na częściową rozpuszczalność hemicelulozy w wodzie. Znacznie wyższe wartości oznaczeń uzyskiwano w surowcu po ekstrakcji w porównaniu z wysłódkami surowymi.

W pierwszej kolejności przeprowadzono oznaczenie zawartości włókna surowego, czyli sumarycznej ilości celulozy oraz częściowo ligniny i hemicelulozy. Na podstawie uzyskiwanych wyników najczęściej włókna surowego stwierdzano w wysłódkach suchych po ekstrakcji. Metoda oznaczenia włókna surowego umożliwiła uzyskanie ogólnej zawartości frakcji nieulegających hydrolizie kwasowej i zasadowej. Po przeprowadzeniu dalszych badań stwierdzano, że wyniki analizy włókna surowego były nieadekwatne w stosunku do liczby pozostałych oznaczonych frakcji. Badanie zawartości włókna neutralno-detergentowego, włókna kwaśno-detergentowego oraz ligniny Klasona wykazało ograniczoną przydatność tej metody analitycznej do oznaczeń składników w wysłódkach buraczanych.

Największą zawartość włókna NFD (ok. 82%) uzyskano w wysłódkach prasowanych po ekstrakcji. W tym samym surowcu stwierdzono najwyższą zawartość włókna ADF, celulozy, hemicelulozy oraz ligniny nierozpuszczalnej w kwasach.

W oznaczeniach włókna surowego, NDF, ADF, ADL oraz HC i C zawartość poszczególnych frakcji w wysłódkach była większa w surowcu prasowanym. Natomiast badania zawartości ligniny rozpuszczalnej w kwasach wykazywały odmienną tendencję. W wysłódkach po ekstrakcji wodnej zaobserwowano znacznie niższe wartości ASL w stosunku do wysłódków surowych. W oznaczeniu zawartości ligniny rozpuszczalnej w kwasach zastosowano metodę spektrofotometryczną. W hydrolizacie z wysłódków surowych mogły się znajdować substancje barwne zakłócające prawidłowy wynik.

### 3. Podsumowanie

Analiza składu chemicznego wysłodków buraczanych miała na celu określenie zawartości poszczególnych składników istotnych z punktu widzenia hydrotermalnego rozkładu w warunkach pod- i nadkrytycznych. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że sucha masa wysłodków składa się głównie z celulozy, hemiceleulozy i ligniny. Łączna zawartość tych składników w surowych wysłodkach mokrych wynosi ok. 60%, natomiast w surowych wysłodkach suchych – ok. 50%. Ich kontrolowany i stopniowy hydrotermalny rozkład może pozwolić na otrzymanie produktów rozpuszczalnych (głównie węglowodanów). Znaczna zawartość białka (ok. 10%) będzie wpływać na wybór parametrów rozkładu ze względu na możliwość zajścia reakcji Maillarda. Wydaje się, że ta reakcja jest odpowiedzialna za różnice zawartości poszczególnych składników w wysłodkach prasowanych i suchych. Na podstawie uzyskanych danych na temat składu surowcowego wysłodków można potwierdzić zasadność wykorzystania ich do dalszych badań.

### Literatura

- Abramczuk W., Spychała W., *Wysłodki buraczane – produkt uboczny w produkcji cukru, a jednocześnie doskonała i wartościowa pasza*, „Burak Cukrowy” 2009, 4.
- Arosemena A., DePeters E.J., Fidel J.G., *Extent of variability in nutrient composition within selected by-product feedstuffs*, “Animal Feed Science and Technology” 1995, 54.
- Barowicz T., *Wysłodki buraczane na kilka sposobów*, „Hoduj z głową – bydło” 2010, 4.
- Bzowska-Bakalarz M., Gołacki K., *Produkcja buraków cukrowych na tle zmian technologicznych i strukturalnych w regionie Lubelskim*, „Motrol” 2003, t. 5.
- DePeters E.J., Fidel J.G., Arosemena A., *Digestion kinetics of neutral detergent fiber and chemical composition within some selected by-product feedstuffs*, “Animal Feed Science and Technology” 1997, 67.
- Diamant, [www.diamant.pl](http://www.diamant.pl).
- Dolot M., Śmigielski K., Wesołowska M., *Analiza wybranych składników odżywczych w żęńszeniu amerykańskim (Panax Quinquifolium L.) uprawianym w Polsce*, Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej nr 984(53), Łódź 2006.
- Duda M., *Wysłodki buraczane nie tylko dla bydła*, „Aktualności Rolnicze” 2009, 01(214).
- Dufresne A., Cavaillé J.-Y., Vignon M.R., *Mechanical behavior of sheets prepared from sugar beet cellulose microfibrils*, “Journal of Applied Polymer Science” 1997, 64 (6).
- Dulcet E., *Technologia zakiszczenia wysłodków buraczanych w postaci bel cylindrycznych owiniętych folią*, „Journal of Research and Applications In Agricultural Engineering” 2007, 52(3).
- Fidel J.G., DePeters E.J., Arosemena A., *Composition and digestibility of beet pulp with and without molasses and dried using three methods*, “Animal Feed Science and Technology” 2000, 85.
- Foster B.L., Dale B.E., Doran-Peterson J.B., *Enzymatic hydrolysis of ammonia-treated sugar beet pulp*, “Applied Biochemistry and Biotechnology” 2001, s. 91-93.
- Hutnan N., Dřtil M., Mřafkova L., *Anaerobic biodegradation of sugar beet pulp*, “Biodegradation” 2000, 11.
- Levigne S., Ralet M.-C., Thibault J.-F., *Characterisation of pectins extracted from fresh sugar beet under different conditions using an experimental design*, “Carbohydrate Polymers” 2002, 49.
- Mucha M., *Wyniki produkcyjne w kampanii cukrowniczej 2010/2011*, „Burak Cukrowy” 2011, 2.

- NFTA, [http://www.foragetesting.org/index.php?page=lab\\_procedures](http://www.foragetesting.org/index.php?page=lab_procedures).
- Niedziółka I., Zuchniarz A., *Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego*, „Motrol” 2006, 8A.
- Nordzucker, [www.nordzucker.pl](http://www.nordzucker.pl).
- NREL, <http://www.nrel.gov/biomass>.
- Pijanowski E., Mrozeński S., Horubała A., Jarczyk A., *Technologia produktów owocowych i warzywnych*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1973.
- PN-90/A-75101/02.
- Polski Cukier, [www.polski-cukier.pl](http://www.polski-cukier.pl).
- Poleć B., Gozdek K., Baryła A., Szymański T., *Możliwość wytwarzania biogazu w procesie fermentacji metanowej wysłodków buraczanych. Część 1. Fermentacja statyczna wysłodków buraczanych*, „Gazeta Cukrownicza” 2009, 12.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polski 2010, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2010.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie metod analiz niektórych produktów i półproduktów przemysłu cukrowniczego z dnia 13 lutego 2004 r. (Dz. U. z 2004 r. Nr 37, poz. 334).
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 9 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii (Dz. U. z 2004 r. Nr 267, poz. 2656).
- Suedzucker, [www.suedzucker.pl](http://www.suedzucker.pl).
- Sun R., Hugnes S., *Extraction and physico-chemical characterization of pectins from sugar beet pulp*, “Polymer Journal” 1998, 30 (8).
- Świetlicki S., *Wyniki techniczno-produkcyjne polskich cukrowni w kampanii cukrowniczej 2010/2011*, „Gazeta Cukrownicza” 2011, 2.
- Toğrul H., Arslan R., *Flow properties of sugar beet pulp cellulose and intrinsic viscosity – molecular weight relationship*, “Carbohydrate Polymers” 2003, 54.
- Turquois T., Rinaudo M., Taravel F.R., Heyraud A., *Extraction of highly gelling pectic substances from sugar beet pulp and potato pulp: influence of extrinsic parameters on their gelling properties*, “Food Hydrocolloids” 1999, 13.
- [www.scribd.com/doc/39645942/Standard-Method-for-Biomass](http://www.scribd.com/doc/39645942/Standard-Method-for-Biomass).
- [www.sugarpub.com/5/post/2010/12/eu-27-beet-sugar-industry-charting-a-new-course.html](http://www.sugarpub.com/5/post/2010/12/eu-27-beet-sugar-industry-charting-a-new-course.html).
- Wytyczne w zakresie wykorzystania produktów ubocznych oraz zalecanego postępowania z odpadami w rolnictwie w przemyśle rolno-spożywczym, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Falenty–Warszawa 2010.
- Yuldasheva N.P., Khodzhaeva M.A., Turakhozhaev M.T., Nurmukhamedova Zh., *Pectin substances of sugar beet pulp*, “Chemistry of Natural Compounds” 1994, 30(4).

## EXAMINATION OF CHEMICAL COMPOSITION OF SUGAR BEET PULP – A BY-PRODUCT OF SUGAR INDUSTRY

**Summary:** Sugar beet pulp is a valuable type of biomass obtained as a by-product of sugar extraction from sugar beets. Sugar beet pulp is mostly used as a high energetic feed for livestock but due to substantial carbohydrate and non-carbohydrate content it can also be a significant source of raw materials for chemical, food, pharmaceutical and cosmetic industry. The raw materials can be obtained by the decomposition of sugar beet pulp in sub- and supercritical water. In this paper we report the results of sugar beet pulp chemical composition analyses.

**Keywords:** sugar beet pulp, chemical composition, lignocellulosic fraction, pectins, protein.