

# NAUKI INŻYNIERSKIE I TECHNOLOGIE

# 1

Redaktor naukowy

**Elżbieta Kociołek-Balawejder**



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu  
Wrocław 2009

## Spis treści

Wstęp .....	7
<b>Michał Grzebyk, Waldemar Podgórski</b> , Recent developments in L(+)-lactic acid biotechnology .....	11
<b>Franciszek Kapusta</b> , Przemysł mięsny w Polsce – wybrane problemy.....	21
<b>Franciszek Kapusta</b> , Włókiennictwo i produkcja włókien naturalnych w Polsce .....	34
<b>Aleksandra Kmiećkowiak, Tomasz Lesiów</b> , Systemy zarządzania jakością i ich integracja w przemyśle żywnościowym – praca przeglądowa .....	47
<b>Aleksandra Kmiećkowiak, Tomasz Lesiów</b> , Trudności związane z funkcjonowaniem systemu HACCP i sposoby ich przewyżczenia w wybranym zakładzie piekarniczym .....	72
<b>Łukasz Waligóra, Tomasz Lesiów</b> , Aspekty technologiczne a funkcjonowanie systemu HACCP w wybranym przedsiębiorstwie przemysłu mięsnego .....	101
<b>Ludmiła Bogacz-Radomska, Jerzy Jan Pietkiewicz</b> , Przegląd metod otrzymywania aromatów stosowanych do aromatyzowania żywności .....	124
<b>Katarzyna Górską, Jerzy Jan Pietkiewicz</b> , Funkcje technologiczne i charakterystyka kwasów dodawanych do żywności .....	141
<b>Joanna Harasym</b> , Gryka jako źródło substancji organicznych i związków mineralnych .....	159
<b>Andrzej Krakowiak</b> , Rozkład beztlenowy jako proces mineralizacji odpadów organicznych i odzyskania energii w postaci biogazu .....	170
<b>Hanna Pińkowska, Paweł Wolak</b> , Badanie składu chemicznego odpadowej biomasy rzepakowej jako surowca do przetworzenia w warunkach hydrotermalnych na użyteczne bioprodukty chemiczne. Część 1. Klasyczne metody analizy.....	184
<b>Hanna Pińkowska, Paweł Wolak</b> , Badanie składu chemicznego odpadowej biomasy rzepakowej jako surowca do przetworzenia w warunkach hydrotermalnych na użyteczne bioprodukty chemiczne. Część 2. Analiza z wykorzystaniem wybranych metod instrumentalnych .....	196
<b>Elżbieta Kociolek-Balawejder, Łukasz J. Wilk</b> , Nadchlorany – nowe mikrozanieczyszczenie środowiska naturalnego .....	216
<b>Elżbieta Kociolek-Balawejder, Adrianna Złocińska</b> , Środki odstraszające owady ( <i>insect repellents</i> ) w ochronie ludzi .....	230
<b>Elżbieta Kociolek-Balawejder, Marta K. Żebrowska</b> , Brzoza – kierunki wykorzystania biomasy .....	252

## Summaries

<b>Michał Grzebyk, Waldemar Podgórski</b> , Najnowszy rozwój w biotechnologii kwasu L(+)-mlekowego.....	20
<b>Franciszek Kapusta</b> , Meat industry in Poland – selected problems .....	33
<b>Franciszek Kapusta</b> , Textile industry and production of natural fibres in Poland .....	46
<b>Aleksandra Kmiećkowiak, Tomasz Lesiów</b> , Quality management systems and their integration in food industry – the review.....	70
<b>Aleksandra Kmiećkowiak, Tomasz Lesiów</b> , Difficulties of system HACCP functioning and overcoming difficulties in a chosen bakery plant .....	100
<b>Łukasz Waligóra, Tomasz Lesiów</b> , Technological Aspects and functioning of HACCP system in chosen meat industry company .....	123
<b>Ludmiła Bogacz-Radomska, Jerzy Jan Pietkiewicz</b> , Review of the aromas' production methods applied in food aromatization .....	139
<b>Katarzyna Górską, Jerzy Jan Pietkiewicz</b> , Technological functions and characteristic of food acids .....	158
<b>Joanna Harasym</b> , Buckwheat as the source of organic compounds and minerals.....	169
<b>Andrzej Krakowiak</b> , Anaerobic digestion as a process for mineralization of organic wastes and energy recovery in the form of biogas.....	183
<b>Hanna Pińkowska, Paweł Wolak</b> , The investigation of chemical composition of waste rapeseed biomass as a raw material for synthesis of useful chemical bioproducts under hydrothermal conditions. Part 1. Classical analytical methods .....	195
<b>Hanna Pińkowska, Paweł Wolak</b> , The investigation of chemical composition of waste rapeseed biomass as a raw material for synthesis of useful chemical bioproducts under hydrothermal conditions. Part 2. Application of instrumental methods of analysis .....	214
<b>Elżbieta Kociolek-Balawejder, Łukasz J. Wilk</b> , Perchlorate – the new micropollutant of the environment.....	229
<b>Elżbieta Kociolek-Balawejder, Adrianna Złocińska</b> , Insect repellents as the most effective protection of human against insect bites .....	251
<b>Elżbieta Kociolek-Balawejder, Marta K. Żebrowska</b> , Birch tree biomass – the ways of its practical applications .....	265

**Elżbieta Kociolek-Balawejder\*, Marta K. Żebrowska**

Katedra Technologii Chemicznej, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

---

## BRZOZA – KIERUNKI WYKORZYSTANIA BIOMASY

---

**Streszczenie:** Brzozy są podstawowymi drzewami polskich lasów. Dostarczają drewna o dużej wartości mechanicznej i gospodarczej, drewna ozdobnego, wykorzystywanego w przemyśle chemicznym, drzewnym i meblarskim. Najbardziej rozpowszechnionymi kierunkami, w których stosuje się wytwory brzozy: korę, liście i sok, są farmacja, weterynaria i kosmologia. Niektóre z nich są również wykorzystywane w medycynie. Znane są produkty termicznego rozkładu (pirolizy) drewna i kory brzozy brodawkowatej, między innymi dziegieć. Innym przykładem jest coraz bardziej potrzebny i wykorzystywany węgiel drzewny. W ostatnich latach wraz z rozwojem nowoczesnych technologii przetwórstwo brzozy odgrywa coraz większą rolę. Świadczy o tym wyodrębnianie z drewna brzozy kwasu oraz suberyny, betuliny, kwasu betulinowego ze smoły brzozowej. Produkty te znacznie wpływają na wzrost przetwórstwa brzozy w odniesieniu do tradycyjnych metod przerobu. Celem pracy jest przedstawienie podstawowych informacji dotyczących brzozy: występowania, wpływu wytworów brzozy na organizm ludzki, ich właściwości fizycznych i chemicznych, zastosowań oraz termicznego rozkładu drewna i kory.

**Słowa kluczowe:** biomasa brzozowa, drewno brzozowe, kora brzozowa, dziegieć brzozowy.

### 1. Wstęp

Brzoza, po łacinie *betula*, jest drzewem o szczególnie pięknym kształcie, bardzo charakterystycznym dla polskiego krajobrazu. Od najdawniejszych czasów pozyskiwano z niej różne cenne substancje, które znalazły zastosowanie między innymi w lecznictwie, a drewno wykorzystywano jako materiał konstrukcyjny (w stolarstwie i rzemiośle). Już w starożytności w Persji i Mezopotamii przetwarzano drewno brzozy metodą termicznego rozkładu, jako produkty otrzymując między innymi węgiel drzewny oraz dziegieć wykazujący właściwości antyseptyczne (uważa się, że sucha destylacja drewna była prawdopodobnie pierwszym procesem chemicznym realizowanym przez człowieka) [1]. Jako ciekawostkę warto dodać, że pochodzący z bardzo odległych czasów, bo mający ponad 5 tys. lat, udowodniony przypadek wykorzystania brzozy przez człowieka związany jest z człowiekiem lodu. *Ötzi* (człowiek lodu) to określenie nadane szczątkom, które odnaleziono 1991 roku w dolinie Ötz w Południowym Tyrolu. Na stronie internetowej South Tyrol Museum of

---

\* Adres do korespondencji: [elzbieta.kociolek-balawejder@ue.wroc.pl](mailto:elzbieta.kociolek-balawejder@ue.wroc.pl).

Archaeology [2] można znaleźć zdjęcia i dane dotyczące przedmiotów wykonanych lub pochodzących z brzozy, które związane są z tym szczególnym wykopaliskiem.

Na przestrzeni lat brzoza stanowiła i obecnie stanowi jeden z ważniejszych surowców roślinnych. Przetwórstwo brzozy stale się rozwija. Celem pracy jest przedstawienie na podstawie przeglądu literatury znanych od dawna, a także perspektywicznych kierunków wykorzystania biomasy brzozowej.

## 2. Występowanie i wygląd zewnętrzny

Brzoza jest ważnym gatunkiem lasotwórczym. Z istniejących 120 gatunków na świecie i 40 gatunków na półkuli północnej w Polsce występuje 7 gatunków. W Polsce najbardziej rozpowszechniona jest brzoza brodawkowata (*Betula verrucosa Ehrh.*). Jest to szybko rosnące jednopienne drzewo, które w sprzyjających warunkach dorasta do 30 m wysokości oraz o średnicy pnia wynoszącej 80 cm. Ma charakterystyczną mlecznobiałą korę dającą się oddzielać cienkimi, poprzecznymi pasmami.

Brzoza brodawkowata występuje głównie w strefie zimnej i umiarkowanej na półkuli północnej (w Szwecji, Finlandii, Norwegii, na Syberii, w Kanadzie, na Alasce), w niektórych regionach udział brzozy w drzewostanach dochodzi do 75%. Rośnie na terenach o różnej wilgotności, w lasach liściastych i mieszanych, a także na wrzosowiskach, a ponieważ ma małe wymagania glebowe, często stanowi drzewo pionierskie odgrywające ważną rolę w zalesianiu nowych terenów, jak również w pierwszych stadiach rozwoju lasów. W Polsce brzoza jest najbardziej rozpowszechniona na Mazurach i Podlasiu. W polskich lasach udział brzozy w drzewostanie wynosi 5,4%.

W literaturze naukowej dotyczącej brzozy wiele miejsca poświęca się badaniu jej wpływu na organizm ludzki. Brzoza, jak większość roślin kwitnących, wykazuje właściwości uczulające [3]. W naszej części Europy pyłki brzozy należą do najważniejszych alergenów wywołujących objawy alergii we wczesnych miesiącach roku [4]. Badania epidemiologiczne dowodzą, że ok. 5% ogólnej populacji wykazuje objawy uczulenia na pyłki brzozy. Alergeny te, obok alergenów pyłku traw oraz olszy i leszczyny, są najczęstszą przyczyną alergicznego nieżyty nosa i zapalenia spojówek. Początek pylenia brzozy w naszym klimacie przypada zwykle na połowę kwietnia i przykładowe dane pokazują, że miastem, w którym zanotowano szczególnie wysokie stężenie pyłku brzozy, był Lublin, gdzie w połowie kwietnia 2007 roku przez kilka dni stężenie było na poziomie 2000-2500 ziaren/m<sup>3</sup>, podczas gdy we Wrocławiu był tylko 1 dzień ze stężeniem powyżej 1000 ziaren/m<sup>3</sup> [5]. W wielu krajach stwierdzono, że liczba uczulonych na pyłek brzozy stale się zwiększa. Na objawy kliniczne chorych wpływ mają zarówno bardzo wysokie wartości stężeń dobowych pyłku brzozy, jak i suma roczna dobowych stężeń. Pierwsze objawy chorobowe występują przy ekspozycji na stężenie ok. 20 ziaren pyłku brzozy w 1 m<sup>3</sup> powietrza. Przy ekspozycji na stężenie ok. 75 ziaren/m<sup>3</sup> powietrza objawy występują u wszystkich osób nadwrażliwych na alergen pyłku brzozy, a przy ekspozycji

zycji na stężenie 90 ziaren/m<sup>3</sup> powietrza objawy są nasilone. Ekspozycja na stężenie ok. 155 ziaren/m<sup>3</sup> powietrza może powodować duszności. Jako ciekawostkę warto dodać, że 26 kwietnia 2006 roku stężenie pyłku brzozy w Sosnowcu przekroczyło wartość 9400 ziaren/m<sup>3</sup> [6].

### 3. Zastosowanie wytworów brzozy

#### Liście

Liście brzozy, ze względu na zawartość cennych składników: betuliny, kwasów organicznych, żywic, garbników, soli mineralnych, olejków eterycznych, kwasu askorbinowego, stanowią popularny, łatwo dostępny i tani surowiec zielarski. Niektóre cenne składniki, np. taniny, wyodrębnia się z surowca roślinnego specjalnymi metodami [7]. Do celów leczniczych liście zbiera się wiosną, gdy są lepkie, i suszy się je w temperaturze do 40°C. W stanie suchym i rozdrobnionym wykorzystywane są w leczeniu jako składnik mieszanek ziołowych, gdyż mają działanie moczopędne, napotne, odtruwające i wzmacniające. Na rynku dostępne są zioła jednoskładnikowe *Liść brzozy*, a także wiele rodzajów ziół wieloskładnikowych, np. *Urosan* zawierający susz liści brzozy jako jeden z kilku składników. Wyciąg z liści (wyciąg – rodzaj leku galenowego otrzymywany przez wytrawienie roślinnego surowca rozpuszczalnikiem, na przykład wodą lub etanolem, a następnie odpowiednie zagęszczenie) stosuje się przy przewlekłych chorobach dróg moczowych, przy obrzękach na tle nerkowo-sercowym, a także zewnętrznie przy schorzeniach skóry: łojotoku, łuszczycy, trądziku, a także w pielęgnacji włosów (*Woda brzozowa* wzmacnia cebulki włosowe, zapobiega przetłuszczaniu się włosów, nadaje im połysk i elastyczność, oczyszcza powierzchnię skóry). Napar z liści brzozy (świeżo przygotowany wyciąg wodny uzyskiwany przez zalanie surowca zielarskiego wrzątkiem) i odwar z liści brzozy (świeżo przygotowany wyciąg wodny uzyskiwany przez gotowanie surowca zielarskiego) również znajdują zastosowanie w leczeniu. Napar z liści brzozy pomaga wydalac z organizmu szkodliwe substancje (między innymi produkty przemiany materii), a zwłaszcza sól, wspomagając leczenie otyłości [8]. W leczeniu stosowanych jest wiele preparatów zawierających substancje czynne pochodzące z liści brzozy: *Fitolizyna*, *Pyrosan*, *Herbaton*, *Urosept*.

#### Guz brzozy

Cechą charakterystyczną brzozy brodawkowej jest występujący na niej guz (tzw. czyr) będący naroślą przerastającą pień, o popękanej pofałdowanej powierzchni, który po odcięciu stanowi surowiec zielarski. Wykazuje działanie wzmacniające i przeciwzapalne, zwiększa odporność organizmu. W sprzedaży dostępne są zioła *Guz brzozy* do sporządzania naparów.

#### Sok

Sok brzozy (staropolska nazwa *oskoła*) to bezbarwna, przezroczysta, lepka ciecz o słodkim smaku zawierająca cukry proste, kwasy organiczne, garbniki, liczne makro- i mikroelementy, witaminy z grupy B. Sok ten wykazuje działanie lecznicze

i ma szczególne walory smakowe. Reguluje przemianę materii, wzmacnia organizm i wyplukuje z przewodów moczowych złoży skrzystalizowanych minerałów, zapobiegając tworzeniu się kamieni nerkowych. Wspomaga leczenie stanów zapalnych nerek, pęcherza moczowego. Sok z brzozy dostępny na rynku występuje w kilku odmianach: jako sok naturalny (bez domieszek), a także z dodatkami, między innymi z dziką różą, aronią, żurawiną, lipą, kminkiem i miętą.

Najlepszą porą roku na pozyskiwanie soku z brzozy jest przedwiośnie. W tym okresie brzozy zaczynają obficie wydzielać sok z miejsc, w których nastąpiło uszkodzenie łyka. Wynika to z tego, że korzenie przesyłają wodę z rozmarzniętej gleby wraz z przekształconymi w związki rozpuszczalne substancjami zapasowymi przez tkankę przewodzącą do rozwijających się pączków. Im wyższy poziom osiągnie woda w drzewie, tym więcej rozpuści się w niej cukrów i sok jest słodszy. Zjawisko to trwa około 3 tygodni. Sezon zbierania soku kończy się, gdy liście brzozy osiągną wielkość jednogroszówki. Aby pozyskać sok, wybiera się drzewo o średnicy pnia nie mniejszej niż 20 cm, zdrowe, nierosnące na terenie podmokłym. W celu jednorazowego zebrania niewielkiej ilości soku obcina się koniec gałęzi brzozy i przywiązuje butelkę. Aby pozyskać większą ilość soku, w pniu drzewa na wysokości 0,5 m wywierca się otwór o głębokości 2-3 cm, prostopadle do osi pnia. W otworze umieszcza się rurkę, której drugi koniec znajduje się w niżej położonym naczyniu. Z jednego drzewa w ciągu sezonu można otrzymać 100-130 dm<sup>3</sup> soku po 5-6 dm<sup>3</sup> dziennie. Sok brzozowy używany jest w krajach północnych do wyrobu piwa, octu, musującego wina oraz syropu. Stosowany zewnętrznie działa przeciwzapalnie i wzmacniająco na cebulki włosowe, zmniejsza łojotok (wchodzi w skład płynu do pielęgnacji włosów *Betulan*), a także, co ciekawe, wybiela piegę i inne przebarwienia skórne.

### **Drewno**

Drewno brzozowe pod względem wartości użytkowej wśród polskich gatunków drzew liściastych zajmuje wysoką pozycję, a w niektórych krajach północnych jest surowcem dominującym. W drzewostanach Polski występują dwa gatunki brzoź, które dają drewno o znaczeniu przemysłowym: brzoza brodawkowata i brzoza omszona. Brzoza brodawkowata ze względu na wyższy udział w drzewostanie ma większe znaczenie gospodarcze. Oba gatunki dają drewno o porównywalnym stopniu użyteczności. Brzoza charakteryzuje się drewnem żółtawo-białym do czerwono-białego o strukturze homogenicznej, gęstej, drobnej i równomiernej. Drewno brzozy jest niezbyt twarde, ale mocne, elastyczne, ciągliwe, o średniej masie właściwej. Jego obróbka mechaniczna jest łatwa, mimo iż drewno to jest trudno łupliwe. Strugane powierzchnie są gładkie, mają połysk, dają się dobrze polerować i lakierować. Do wad drewna należą: krzywizny, plamki rdzeniowe, przebarwienia oksydacyjne, pęknięcia mrozowe, zgnilizna, przebarwienia występujące na skutek zaatakowania przez grzyby i szkodniki owadzie, podatność na zaparzenie, słaba odporność na warunki atmosferyczne. Trwałość drewna brzozowego przechowywanego na wolnym powietrzu nie jest wysoka, wynosi mniej więcej 3 lata (podczas gdy trwałość wiązu, modrzewia i dębu wynosi prawie 100 lat) [9]. Z drewnem brzozy związane

jest pojęcie *czeczota* (obrzęk pnia). Czeczoty należą do wady kształtu drewna. Są to zniekształcenia w postaci narośli, zgrubień, wybrzuszeń składające się z drewna zdrowego, często o odmiennej i zawilej budowie. Obrzęk powodowany jest przez różnego rodzaju bodźce zewnętrzne. Uszkodzenie uaktywnia odpowiednie tkanki zablizniające, powodując powstanie lokalnego poszerzenia słoja, które z roku na rok może się powiększać. Wada ta zmniejsza wytrzymałość mechaniczną materiału. Wieloletnie obrzęki na brzozie są cenne i poszukiwane do produkcji oklein oraz do wytwarzania słynnych fińskich noży, tak zwanych *Lappin leuku*, mających rękojeść wykonaną z brzozy czeczoty. Drewno brzozy jest mało podatne na sklejanie, a wytrzymałość spoiny na ścinanie w stosunku do wytrzymałości drewna wynosi 64% [10]. Niezbyt dobrze skleja się przy zastosowaniu popularnych klejów na bazie żywic mocznikowych i fenolowych. Powoduje to, że gorszej jakości drewno brzozy nie znajduje zastosowania jako samoistny surowiec do produkcji płyt wiórowych. Można je stosować tylko jako dodatek do wiórów i trocin z drewna innych gatunków drzew. Drewno brzozy jako materiał konstrukcyjny ma szerokie zastosowanie: wykorzystywane jest na okleiny, do produkcji sklejek (jednorodność budowy drewna umożliwia złuszczenie bardzo cienkich płatów, a przez to wytwarzanie bardzo cienkiej sklejk wielowarstwowej), do produkcji mebli, parkietów i paneli podłogowych, stanowi dodatek do płyt wiórowych i pilśniowych, służy do budowy sprzętu sportowego, skrzynek, kołków, gwoździ drzewnych, uchwytów i wielu innych detali.

Skład chemiczny drewna brzozy brodawkowatej jest następujący: 41,8-46,0% celulozy, 25,8-27,1% hemicelulozy, 19,5-28,3% ligniny, 1,7-4,3% substancji rozpuszczalnych w mieszaninie alkoholowo-benzenowej, 0,4-0,7% substancji mineralnych [9]. Brzoza ze względu na dużą zawartość celulozy jest ważnym surowcem dla przemysłu celulozowo-papierniczego. Rozdrobnione drewno (zrębki) w procesie roztwarzania ługiem warzelnym (mieszanina NaOH, Na<sub>2</sub>S, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> i Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) w temp. ok. 175°C daje masę celulozową wykorzystywaną do produkcji papieru, wiskozy oraz estrów i eterów celulozy [11; 12]. Te ostatnie pochodne, produkty chemicznej modyfikacji celulozy, znajdują liczne zastosowania. Estry celulozy – nitroceluloza, acetyloceluloza – to znane substancje błonotwórcze wykorzystywane do produkcji farb i lakierów oraz tworzyw sztucznych. Etery celulozy – metyloceluloza, etyloceluloza, karboksymetyloceluloza – to popularne zagęstniki, spoiwa, lepiszcza, klejonki tekstylne i koloidy ochronne.

Drewno brzozy rozpatrywane jest jako potencjalne źródło ksylanu [13-15]. Ksylan to łańcuchowy związek wielkocząsteczkowy zbudowany z reszt ksylopiranozowych. Jest składnikiem hemiceluloz (polisacharydów obecnych w drewnie w ilości ok. 25%), które razem z ligniną i celulozą wchodzi w skład kompleksu ligninocelulozowego występującego w ścianach komórkowych roślin [9]. W wysuszonym drewnie drzew liściastych ksylany występują w ilości 20-25%. Na drodze chemicznej lub przez biotransformację (wykorzystując aktywność drobnoustrojów do enzymatycznych przekształceń) z ksylanu przez hydrolizę możliwe jest otrzymana-



nie produktów o mniejszych cząsteczkach, np. ksylozy, co może być wykorzystane do produkcji żywności i pasz, do produkcji ksylitolu (środek słodzący), a także do produkcji etanolu przez fermentację (tak otrzymany bioetanol można wykorzystać jako dodatek do paliw silnikowych). Reakcja hydrolizy enzymatycznej ksylanu powodująca zmiękczenie włókien roślinnych może być wykorzystana w przerobieniu pulpy drzewnej na masę celulozową i papier bez uszkodzenia włókien celulozowych [16]. Obecnie w centrum uwagi jest zagadnienie podwyższenia rozpuszczalności w wodzie ksylanu przez jego chemiczne przekształcenie w reakcjach eteryfikacji do pochodnych metylowych, hydroksymetylowych i karboksymetylowych [17]. Przewiduje się liczne ciekawe zastosowania dla tak zmodyfikowanych rozpuszczalnych w wodzie polisacharydów.

Drzewo brzozy uważane jest za paliwo ekologiczne i jest powszechnie spalane w piecach i kominkach w krajach skandynawskich. Spala się łatwo, nawet w stanie świeżym, wilgotnym. Mimo że tego typu paliwo wydaje się bezpieczne pod względem ekologicznym, powstają obszerne prace dotyczące skutków jego spalania dla środowiska [18]. W Norwegii badano skład chemiczny popiołu otrzymanego przez spalenie drewna brzoźowego rosnącego wzdłuż drogi szybkiego ruchu [19]. Okazało się, że popiół ten nie nadawał się do celów nawozowych, ponieważ wykryto w nim wysoką zawartość metali ciężkich (1,3% Pb, 4,4% Zn i ponad 200 mg Cd/kg), które to metale zostały pobrane przez drzewo ze środowiska w trakcie wzrostu.

### **Kora**

W drewnie brzozy udział kory wynosi 12-15%. Kora drzew różni się od drewna zarówno budową anatomiczną, jak i składem chemicznym (w korze dominuje lignina, a nie celuloza), właściwościami fizycznymi i mechanicznymi. Przeciętny skład chemiczny kory jest następujący: ok. 50% lignina, 16-20% celuloza, 8,5-17,5% pentozany, 2-40% suberyna, 20-35% substancje ekstrahowalne, 0,5-4% substancje mineralne [20]. Ze względu na mały udział celulozy kora nie stanowi wartościowego surowca dla przemysłu drzewnego, celulozowego i papierniczego, a w tartakach traktowana jest jako odpad.

Anatomiczna budowa kory większości drzew powoduje, że jest ona ciemna, krucha, łamliwa i dość gruba. Kora brzozy jest inna: jest biała, cienka, elastyczna, gładka i łatwo daje się zdejmować poziomymi pasmami. Kora brzozy jest zatem szczególna, odbiega wyglądem od kory innych gatunków drzew ze względu na odmienną budowę chemiczną. Dla kory brzozy brodawkowatej charakterystyczne jest występowanie suberyny w ilości dochodzącej do 38%, podczas gdy kora większości drzew zawiera tylko 2% tej substancji (więcej suberyny niż kora brzoźowa, bo ok. 45%, ma tylko kora dębu korkowego). Kora brzozy zawiera ponadto ok. 28% ligniny i ok. 30% substancji ekstrahowanych oraz stosunkowo niewielkie ilości celulozy i hemiceluloz.

Suberyna to hydrofobowa, wielcząsteczkowa substancja odkładana w ścianach komórkowych, powodująca ich korkowacenie i nadająca elastyczność. Pełni funkcję wzmacniającą, nadaje korze trwałość. Jest nieprzepuszczalna dla wody, co

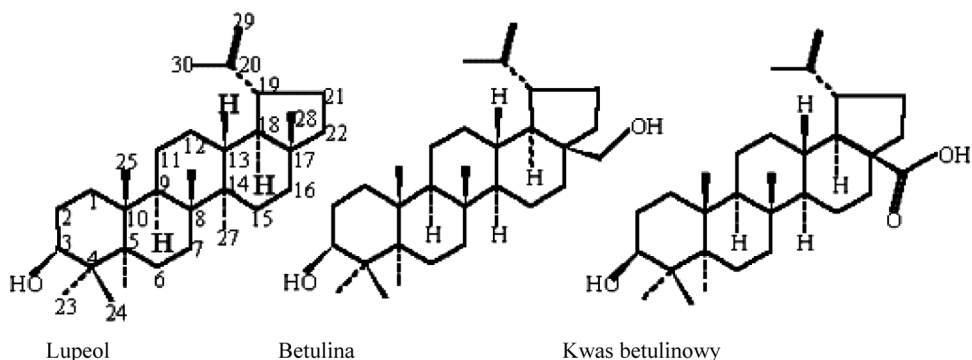
czyni korę odporną na jej działanie, a także nieprzepuszczalną dla gazów, stanowiąc dobrą izolację termiczną. Jest kompleksem o złożonej budowie, silnie powiązany z ligniną, powstałym z połączenia wyższych kwasów alifatycznych mono- i dikarboksylovych, hydroksykwasów, ich estrów oraz związków fenolowych. Suberyna, razem z ligniną, celulozą i hemicelulozami, należy do składników kory nierozpuszczalnych w wodzie i typowych rozpuszczalnikach organicznych (polarnych i niepolarnych). Można ją częściowo wyodrębnić z kory z wykorzystaniem roztworów alkaliów, kwasów i utleniaczy, ale reagenty te powodują destrukcję suberyny do produktów o mniejszej masie cząsteczkowej. W ostatnich latach szczegółowo badano funkcję, jaką pełni suberyna w roślinie [21], a także strukturę suberyny będącą interesującym pod względem badawczym alifatyczno-aromatycznym usieciowanym naturalnym polimerem o skomplikowanej budowie [22]. Poddawano ją kontrolowanej depolimeryzacji i badano skład uzyskanych monomerów. Te mniejsze cząsteczki zawierające reaktywne grupy karboksylowe, hydroksylowe i epoksydowe wykorzystano w syntezie nowych polimerów o oryginalnej architekturze i interesujących własnościach [23].

Jak wynika z podanego składu chemicznego kory, w odróżnieniu od drewna zawiera ona stosunkowo dużo substancji dających się wyekstrahować. Przeprowadza się ekstrakcję wodą, aby wyodrębnić garbniki, barwniki, glikozydy, cukry proste, alkaloidy, pektyny, lub rozpuszczalnikami organicznymi (alkohole, eter, ketony, węglowodory aromatyczne), aby wyodrębnić żywice, tłuszcze, woski, terpeny, sterole. Ponieważ kora składa się z dwóch warstw o różnych funkcjach i różnej budowie (warstwa wewnętrzna to tylko odpowiedzialne za odżywianie rośliny, a warstwa zewnętrzna to korowina pełniąca funkcje ochronne przed zmianami temperatury, intensywnym nasłonecznieniem, utrudniająca penetrację owadów i grzybów, a dzięki sprężystości amortyzująca skutki urazów mechanicznych), skład ekstraktu wynika nie tylko z rodzaju stosowanego rozpuszczalnika, ale też rodzaju surowca – kory wewnętrznej lub kory zewnętrznej albo kory jako całości. W literaturze dostępne są dane dotyczące produktów otrzymywanych przez ekstrakcję drewna brzożowego i oddzielnych frakcji kory brzożowej [20].

Występujące w korze substancje ekstrahowalne należą do różnych grup związków różniących się budową chemiczną, zawartością tych substancji, właściwościami i zastosowaniem. Różnice wynikają z gatunku drzew, ich wieku, wykorzystywanej warstwy kory, warunków siedliskowych drzewa. Takie substancje, jak glikozydy, alkaloidy, garbniki, barwniki, sprawiają, że na przestrzeni lat korę stale traktuje się jako cenny surowiec.

Na świecie w wielu ośrodkach naukowych prowadzi się intensywne badania dotyczące pewnych szczególnie cennych substancji, które wyodrębnia się z kory brzożowej [24]. Te cenne substancje to triterpeny, związki silnie powiązane z kompleksem polimerycznej suberyny, zawarte w zewnętrznej, cienkiej warstwie kory brzożowej. Warto podkreślić, że spośród wielu gatunków brzoż występujących na świecie właśnie kora rozpowszechnionej w Polsce brzoży brodawkowatej zawiera

szczególnie dużo triterpenów, bo ok. 27% [25]. W wyodrębnionej z kory frakcji triterpenowej największy udział ma betulina – 78,1% (ta substancja nadaje korze brzozonej charakterystyczny biały kolor), kwas betulinowy – 4,3% i lupeol – 7,9%:



Związki te mają podobną budowę; są to związki pentacykliczne, zbudowane z czterech pierścieni sześciocłonowych i jednego pięciocłonowego, zawierają po 30 atomów węgla w cząsteczce, a różnią się stopniem utlenienia grupy metylowej w położeniu C-17 (lupeol w tym położeniu ma grupę metylową, betulina – metoksyłową, a kwas betulinowy – karboksylową), co różnicuje właściwości fizyczne i chemiczne tych związków. Spośród nich betulina jest najbardziej rozpowszechniona w świecie roślinnym. Gromadzi się w postaci krystalicznych skupisk w warstwie korowej brzozy, w dużych cienkościennych komórkach, które powstają na wiosnę. Występuje w wielu gatunkach roślin, ale w brzozie w największej ilości. Betulinę z kory brzozy izolowano na drodze ekstrakcji rozpuszczalnikami organicznymi (dichlorometanem, chloroformem, metanolem, etanolem, acetonem [26; 27]) i krystalizację z odpowiednich rozpuszczalników, a także przez sublimację w podwyższonej temperaturze i najkorzystniej pod zmniejszonym ciśnieniem [28].

Betulina była jednym z pierwszych związków wyizolowanych z kory brzozonej. Od dawna wzbudzała zainteresowanie badaczy, jako że pierwsze informacje na jej temat opublikowano już w 1788 roku. Wykazuje właściwości bakterio-bójcze i grzybobójcze i z tego względu zalecana jest jako składnik wyspecjalizowanych kosmetyków (w higienie włosów, skóry i jamy ustnej). Na szczególną uwagę zasługują jednak właściwości farmakologiczne betuliny i jej pochodnych [29]. Do najważniejszych należą: hamujący wpływ na rozwój niektórych nowotworów, działanie przeciwzapalne, przeciwalergiczne, przeciwbólowe [30]. Około 10 lat temu odkryto, że kwas betulinowy jest czynnikiem wywołującym proces apoptozy, czyli samobójczej śmierci komórek ludzkich nowotworów: czerniaka, nerwiaka niedojrzałego, rdzeniarka, glejaka, i to przy zastosowaniu małych dawek związku. Ze względu na bardzo zadowalające wyniki badań nad właściwościami przeciwnowotworowymi kwasu betulinowego (otrzymywanego przez utlenianie betuliny) podjęto się modyfi-

kacji strukturalnej tego związku w celu określenia zależności aktywności od budowy oraz otrzymania nowych aktywniejszych pochodnych o lepszej rozpuszczalności w wodzie (przykładem są amidy kwasu betulinowego z aminokwasami i ich estrami metylowymi, np. amid kwasu betulinowego z alaniną i jej estrem metylowym, amid kwasu betulinowego z waliną i jej estrem metylowym, które są znacznie lepiej rozpuszczalne w wodzie niż kwas betulinowy). Innym sukcesem badawczym ostatniej dekady było odkrycie, iż kwas betulinowy i jego pochodne wykazują właściwości antywirusowe, a w wyniku dalszych badań wykazano, że kwas dihydrobetulinowy oraz pochodna 3-estrowa, czyli kwas 3-O-(3,3'-dimetylobursztyniano)-betulinowy i jego dihydropochodna mają szczególną zdolność hamowania rozwoju wirusa HIV w zainfekowanych limfocytach. Wykazano następnie, że diester betuliny z kwasem 3,3-dimetyloglutarynowym wykazuje największą zdolność hamowania replikacji (kopiowania) wirusa HIV. Substancje te odgrywają rolę inhibitorów enzymu wirusa odwrotnej transkryptazy, hamują dojrzewanie cząstek wirusa i jego uwalnianie z zakażonej komórki. Betulina, kwas betulinowy oraz lupeol wykazują także działanie przeciwalergiczne, hepatoprotective (chroniące wątrobę) oraz przeciwnowotworowe, zmniejszając uszkodzenia kanalików nerkowych i obniżając odkładanie się kryształów w nerkach. Betulina i jej pochodne są stosowane jako suplement diety (preparat *Betual*) w celu aktywnej ochrony wątroby oraz w leczeniu ostrego upojenia alkoholowego i zapobieganiu mu. W badaniach prowadzonych w Polsce wykazano, iż betulina łagodzi zarówno stopień upojenia alkoholowego, jak i jego skutki dla organizmu [31].

Należy podkreślić, że w Polsce nie tylko prowadzi się badania nad terapeutycznym wykorzystaniem betuliny i jej pochodnych [30; 32], ale także produkcję środków leczniczych w oparciu na substancjach aktywnych wyodrębnionych z kory brzozy [33]. Na rynku dostępne są dwa produkty, które w swojej recepturze zawierają betulinę i kwas betulinowy. *Sylveco*® (Krem brzozy), według producenta oparty wyłącznie na naturalnych składnikach, zawiera krystalicznie czystą betulinę i kwas betulinowy z zachowaniem proporcji, jakie występują w białej korze brzozy. Przeznaczony jest do leczenia skóry (pęknięć, stwardnień, otarć, odleżyn, przebarwień, oparzeń, łuszczycy, grzybicy, trądziku, opryszczki). *Betuleco*® (Cortex *Betulae*) jest zawiesiną betuliny i kwasu betulinowego o stężeniu 2% w środowisku wodno-alkoholowym, w proporcji składników takiej, jak w surowcu naturalnym. Preparat przeznaczony jest do stosowania zewnętrznego i wewnętrznego. Wykazuje korzystne działanie w przypadku dolegliwości onkologicznych i immunologicznych. Wzmacnia system odpornościowy, regeneruje ubytki chorych tkanek, powstrzymuje reprodukcję wirusów, wykazuje działanie bakteriobójcze, grzybobójcze, reguluje gospodarkę hormonalną organizmu, obniża poziom cholesterolu i reguluje ciśnienie krwi.

Problem efektywnego wykorzystania dużych ilości kory brzozy powstał z chwilą wprowadzenia mechanizacji procesu korowania i rozwoju przemysłów wykorzystujących drewno brzozy. Ocenia się, że dziennie w skali światowej powstaje obecnie

ok. 40 ton surowej kory brzozej, która tylko w niewielkiej ilości wykorzystywana jest racjonalnie, tj. np. jako surowiec do wyodrębniania betuliny (istniejące wytwórnie są małe, o zdolności do 10 kg betuliny na rok). Obliczenia wskazują, że z dostępnej na świecie ilości kory rocznie można by wyprodukować 1800 ton betuliny, 75 ton kwasu betulinowego i 150 ton lupeolu. Prowadzi się intensywnie prace nad powiększeniem skali produkcji przez następujące działania: usprawnienie rozdziału kory surowej na wewnętrzną i zewnętrzną, peletyzację kory zewnętrznej (rośnie wtedy jej gęstość, tanieje transport, można wykorzystać więcej rozpuszczalników w procesie ekstrakcji), badanie innych niż ekstrakcyjne metod wyodrębniania triterpenów z kory, poszukiwanie metod pozwalających nie tylko na wyodrębnienie triterpenów z kory, ale i na ich rozdzielenie [25].

Mało racjonalnym, ale częstym kierunkiem wykorzystania kory jest jej spalanie. Wartość opałowa suchej kory brzozy jest wysoka i wynosi 7-11 MJ/kg.

#### 4. Termiczny rozkład drewna i kory brzozy brodawkowatej

Termiczny rozkład drewna (tzw. sucha, rozkładowa destylacja drewna, wylewanie) jest jedną z najstarszych metod chemicznego przerobu drewna, która polega na ogrzaniu surowca do temperatury 400-500°C, bez dostępu powietrza w żelaznych retortach bądź piecach tunelowych. Na skutek wylewania uzyskuje się produkty stałe, ciekłe oraz gazowe. Wydajność poszczególnych produktów procesu zależy od gatunku oraz jakości stosowanego drewna. W wyniku termicznego rozkładu drewna brzozy uzyskuje się [34]:

- 32% węgla drzewnego (frakcja stała),
- 26% mieszaniny związków organicznych (kwas octowy, aceton, metanol, smoła rozpuszczalna i osadowa) i 28% wody (frakcja ciekła),
- 14% frakcji gazowej zawierającej CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>.

W Polsce ten proces ma duże tradycje.

Dawniej proces termicznego rozkładu drewna prowadzono w celu uzyskania węgla drzewnego, który był pierwszym materiałem redukcyjnym w procesach metalurgicznych. Węgiel drzewny to czarna, połyskująca, porowata substancja o właściwościach adsorpcyjnych. Stosowany jest do produkcji węgla aktywnego, elektrod i wyrobów spiekanych, jako specjalne ekologiczne paliwo (w tym popularne paliwo do grilla) oraz w malarstwie. Wartość opałowa węgla drzewnego jest znacznie większa niż drewna, wynosi aż 25-30 MJ/kg.

Według współczesnych technologii termiczny rozkład drewna brzożowego przeprowadza się w temperaturach dochodzących do 1000°C. Stałym produktem procesu pirolizy jest węgiel drzewny, który wyniku aktywacji parą wodną i chemikaliami o działaniu karbonizującym można przekształcić w węgiel aktywny. Aktywny węgiel drzewny różni się od surowca znacznie bardziej rozwiniętą powierzchnią, przez co zwiększają się jego właściwości adsorpcyjne. Stosowany jest do oczyszczania cieczy, par, gazów (np. jako pochłaniacz w maskach przeciwgazowych, do usuwania

z wody komunalnej mikrozanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych), do odbarwiania roztworów oraz jako nośnik katalizatorów. Sprasowany w formie tabletek lub kapsulek stosowany jest w leczeniu zatruc pokarmowych i niestrawności. Nowym kierunkiem wykorzystania węgla drzewnego jest jego zgazowanie, np. w obecności pary wodnej lub ditlenku węgla, w celu otrzymania paliw gazowych na bazie biomasy roślinnej [35].

Co prawda, drewno jest najczęściej surowcem poddawany suchoj destylacji, ale może nim być również kora. Charakterystycznym produktem rozkładowej destylacji drewna i kory brzozy jest ciekła frakcja nazywana *dziegciem* (nazwa ta obecnie ma szersze znaczenie, wyróżnia się dziegieć pochodzące z różnych innych drzew, np. dziegieć sosnowy, bukowy, jałowcowy i in., a nawet smoła węglowa bywa nieprawidłowo nazywa dziegciem; niemniej jednak pierwotne, klasyczne znaczenie słowa *dziegieć* związane jest z termicznym przerobem brzozy, a zwłaszcza jej kory). W wyniku suchej destylacji kory brzozy uzyskuje się szczególnie dużo dziegciu, bo ok. 15%, w przypadku wykorzystania drewna wartość ta wynosi zaś tylko ok. 6,5% [34]. Korę do produkcji dziegciu pozyskuje się przede wszystkim z odpadów tartacznych. Dziegieć to ciemnobrunatna, gęsta, lepka ciecz o gęstości 0,925-0,950 g/cm<sup>3</sup> i charakterystycznym zapachu. Najważniejsze związki chemiczne wchodzące w skład dziegciu to pochodne fenolu: gwajakol, kreozot, pirokatechina.

Na przestrzeni lat zastosowanie dziegciu było szerokie – służył jako doskonały środek smarowniczy, impregnacyjny, konserwujący, klej i uszczelniacz. Oczyszczony dziegieć stosowano jako środek odkażający, bakteriobójczy i grzybobójczy, gdyż dzięki zawartości fenoli ma silne działanie antyseptyczne i przeciwzapalne. Używano go w postaci maści i roztworów alkoholowych w leczeniu schorzeń skóry, oparzeń, opuchlizny i ran [36]. W drugiej połowie XX wieku znaczenie dziegciu w lecznictwie zmalało.

Obecnie dziegieć znajduje pewne zastosowanie w lecznictwie i weterynarii. W lecznictwie stosuje się dziegieć mieszany (mieszaninę różnych dziegci drzewnych), do leczenia łuszczycy, wyprysków, trudno gojących się ran, wrzodów, infekcji skóry drożdżakami i ziarenkowcami ropnymi, łojotokowego zapalenia skóry, świerzbiączki, trądziku pospolitego. Większość wartościowych leków zawierających dziegieć należy do grupy preparatów recepturowych. Obecnie na rynku występuje kilka preparatów dziegciowych. Szampon leczniczy *Polytar Liquid* to preparat, który jako substancję czynną zawiera 1% mieszaniny dziegci. Wskazany jest do leczenia łuszczycy, łojotoku, łupieżu, świądu, zmiękcza zrogowaciały naskórek, zapobiega zakażeniom skóry (dziegieć hamuje syntezę DNA, prowadząc do obniżenia namnażania się komórek naskórka, co wykorzystuje się przy leczeniu chorób, w których występują nadmierne podziały komórkowe, np. w łuszczycy). Krem *Linol* wykazuje działanie przeciwzapalne, wpływa na utrzymanie i regenerację naturalnej bariery skóry, stosowany jest w leczeniu chorób przebiegających z łojotokiem skóry [37]. *Mydło dziegciowe* jest jednak najbardziej znanym środkiem leczniczym i kosmetycznym w tej grupie preparatów.

Dziegieć dzięki silnemu działaniu antyseptycznemu używany jest w weterynarii do leczenia i pielęgnacji kopyt. Zawiera substancje o działaniu grzybobójczym, bakteriostatycznym, przeciwzapalnym oraz pobudzającym odbudowanie uszkodzonego tworzywa kopytowego (jedną z najczęściej spotykanych chorób końskich kopyt jest gnicie strzałki, a jej stan ma decydujący wpływ na prawidłowy rozwój kopyta, jego pracę, a co za tym idzie – na wartość użytkową konia [38; 39]).

## 5. Podsumowanie

Brzozy są podstawowymi drzewami polskich lasów dostarczającymi drewno o dużej wartości technicznej i gospodarczej, które jest wykorzystywane w przemyśle chemicznym, celulozowo-papierniczym, drzewnym i meblarskim. Od najdawniejszych czasów wykorzystuje się także drobniejsze wytwory brzozy, jak korę, liście i sok, szczególnie w farmacji, kosmetyce i weterynarii. W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania przetwórstwem biomasy roślinnej (jako alternatywy dla surowców kopalnych) w nowych warunkach, np. hydrotermalnych [40], a także do produkcji tzw. *fine chemicals*, czyli produktów o dużej wartości dodanej. Wykazano, że możliwe jest wykorzystanie brzozy jako surowca do produkcji wielu specjalistycznych preparatów.

## Literatura

- [1] Regert M., Alexandre V., Thomas N., Lattuati-Derieux A., *Molecular characterization of birch bark tar by headspace solid-phase microextraction gas chromatography – mass spectrometry: A new way for identifying archaeological glues*, J. Chromatogr. A 2006, **1101**, 245-253.
- [2] [www.archaeologiemuseum.it](http://www.archaeologiemuseum.it).
- [3] Puc M., *Characterisation of pollen allergens*, Ann. Agric. Environ. Med. 2003, **10(2)**, 143-149.
- [4] Stach A., Emberlin J., Smith M., Adams-Groom B., Myszkowska D., *Factors that determine the severity of Betula spp. pollen seasons in Poland (Poznan and Krakow) and the United Kingdom (Worcester and London)*, Int. J. Biometeorol. 2008, **52(4)**, 311-321.
- [5] Puc M. i in., *Analiza stężenia pyłku brzozy w wybranych miastach Polski w 2007 r.*, „Alergoprofil” 2007, **3(2)**, 41-46.
- [6] Rapiejko P. i in., *Analiza stężenia pyłku brzozy w wybranych miastach Polski w 2006 r.*, „Alergoprofil” 2006, **2(2)**, 43-51.
- [7] Salminen J.-P., *Effects of sample drying and storage, and choice of extraction solvent and analysis method on the yield of birch leaf hydrolyzable tannins*, J. Chem. Ecol. 2003, **29(6)**, 1289-1305.
- [8] Mrukot M., *Receptariusz kosmetyczny*, MWSZ, Kraków 2004.
- [9] Surmiński J., *Zarys chemii drewna*, AR, Poznań 2000, 2006.
- [10] Zenkeler M., *Kleje i klejenie drewna*, AR, Poznań 1996.
- [11] Bogoczek R., Kociołek-Balawejder E., *Technologia chemiczna organiczna – surowce i półprodukty*, AE, Wrocław 1992.
- [12] Szczygielska A., Rudnik E., Polaczek J., *Etery celulozy. Metody otrzymywania, zastosowanie oraz sytuacja rynkowa*, Przem. Chem. 2002, **81/11**, 704-707.

- [13] Kantelinen A., Rantanen T., Buchert J., Viikari L., *Enzymatic solubilization of fibre-bound and isolated birch xylans*, J. Biotechnol. 1993, **28(2-3)**, 219-228.
- [14] Telemán A., Tenkanen M., Jacobs A., Dahlman O., *Characterization of O-acetyl-(4-O-methylglucurono)xylan isolated from birch and beech*, Carbohydr. Res. 2002, **337(4)**, 373-377.
- [15] Westbye P., Kohnke T., Gatenholm P., *Fractionation and characterization of xylan rich extracts from birch*, "Holzforschung" 2008, **62(1)**, 31-37.
- [16] Tokarzewska-Zadora J., Rogalski J., Szczodrak J., *Enzymy rozkładające ksylan-charakterystyka i zastosowanie w biotechnologii*, „Biotechnologia” 2005, **2(69)**, 163-182.
- [17] Petzold K., Gunther W., Kottwitzsch M., Heinze T., *Synthesis and characterization of methyl xylan*, Carbohydr. Polym. 2008, **74(3)**, 327-332.
- [18] Hedberg E., Kristensson A., Ohlsson M., Johansson C., Johansson P.-A., Swietlicki E., Vesely V., Wideqvist U., Westerholm R., *Chemical and physical characterization of emissions from birch wood combustion in a wood stove*, Atmos. Environ. 2002, **36(30)**, 4823-4837.
- [19] Reimann C., Ottesen R.T., Andersson M., Arnoldussen A., Koller F., Englmaier P., *Element levels in birch and spruce wood ashes - green energy?*, Sci. Total Environ. 2008, **393(2-3)**, 191-197.
- [20] Surmiński J., *Kora. Budowa anatomiczna, skład chemiczny, możliwości wykorzystania*, AR, Poznań 1996.
- [21] Franke R., Schreiber L., *Suberin – a biopolyester forming apoplastic plant interfaces*, Curr. Opin. Plant Biol. 2007, **10(3)**, 252-259.
- [22] Graca J., Santos S., *Suberin: A biopolyester of plants' skin*, Macromol. Biosci. 2007, **7(2)**, 128-135.
- [23] Gandini A., Pascoal Neto C., Silvestre A.J.D., *Suberin: A promising renewable resource for novel macromolecular materials*, Prog. Polym. Sci. 2006, **31(10)**, 878-892.
- [24] Abyshev A.Z., Agaev É.M., Guseinov A.B., *Studies of the chemical composition of birch bark extracts (Cortex betula) from the Betulaceae family*, Pharm. Chem. J. 2007, **41(8)**, 419-423.
- [25] Krasutsky P.A., *Birch bark research and development*, Nat. Prod. Rep. 2006, **23**, 919-942.
- [26] Cao D., Zhao G., Yan W., *Solubilities of betulin in fourteen organic solvents at different temperatures*, J. Chem. Eng. Data 2007, **52(4)**, 1366-1368.
- [27] Zhao G., Yan W., Cao D., *Simultaneous determination of betulin and betulinic acid in white birch bark using RP-HPLC*, J. Pharm. Biomed. Anal. 2007, **43(3)**, 959-962.
- [28] Guidoin M.-F., Yang J., Pichette A., Roy C., *Betulin isolation from birch bark by vacuum and atmospheric sublimation. A thermogravimetric study*, Thermochim. Acta 2003, **398(1-2)**, 153-166.
- [29] Alakurtti S., Makela T., Koskimies S., Yli-Kauhaluoma J., *Pharmacological properties of the ubiquitous natural product betulin*, Eur. J. Pharm. Sci. 2006, **29(1)**, 1-13.
- [30] Achrem-Achremowicz J., Janeczko Z., *Betulina – prekursor nowych środków leczniczych*, Farm. Pol. 2002, **58(17)**, 799-804.
- [31] Szuster-Ciesielska A., Kandefers-Szerszeń M., *Protective effects of betulin and betulinic acid against ethanol-induced cytotoxicity in HepG2 cells*, Pharmacol. Rep. 2005, **57(5)**, 588-595.
- [32] Zdzisińska B., Rzeski W., Paduch R., Szuster-Ciesielska A., Kaczor J., Wejksza K., Kandefers-Szerszeń M., *Differential effect of betulin and betulinic acid on cytokine production in human whole blood cell cultures*, Pol. J. Pharmacol. 2003, **55(2)**, 235-238.
- [33] [www.sylveco.pl](http://www.sylveco.pl).
- [34] Prosiński S., *Chemiczny przerób drewna*, w: *Technologia chemiczna organiczna*, t. 1, PWN, Warszawa 1957.
- [35] Chen G., Yu Q., Sjöström K., *Reactivity of char from pyrolysis of birch wood*, J. Anal. Appl. Pyrolysis 1997, **40-41**, 491-499.
- [36] Arnold W.P., *Tar*, Clin. Dermatol. 1997, **15**, 739-744.
- [37] *Leki współczesnej terapii-vademecum 2006/2007*, praca zbiorowa, Split Trading, Warszawa 2006.



- [38] Kolstrung R., Salmanowicz P., Stachurska A., *Pielęgnacja i podkuwanie kopyt koni*, PWRiL, Warszawa 2004.
- [39] Leśniak S., *Gnicie strzalek*, „Ogólnopolski Magazyn Hippiczny Świat Koni” 2005, 4, 26-27.
- [40] Sundqvist B., Westermark U., Eriksson G., *Cellulose degradation during hydrothermal treatment of birch wood (Betula pubescens Ehrh.)*, Cellul. Chem. Technol. 2006, 40(3-4), 217-221.

## **BIRCH TREE BIOMASS – THE WAYS OF ITS PRACTICAL APPLICATIONS**

**Summary:** Birches are very important elements of woods. They provide wood that is mechanically valuable, is decorative and is used in wood and furniture industries. Birches give wood of great technical and economic value for chemical industry as well. The most common ways of using bark, leaves and juice is pharmacy, veterinary and cosmetology. Some of the birch's products are used in medicine. There are known birch products received by thermal decomposition (pyrolysis) of its wood or bark, for instance the wood tar. Another example is charcoal that is widely used and is needed more often. Recently, according to the increase of new technologies, the birch processing is growing. The examples are: xylan removal from birch wood and suberin, betulin, betulinic acid removal from birch tar. These new products extend largely the processing of birch trees in relation to traditional processing methods. The goal of this article is to introduce fundamental information about birches: occurrence, effect on human organism, physical and chemical properties, birch's products use and also thermal decomposition of the wood or bark.