

Korek naturalny^{*)}

Cz. I. Uprawy dębu korkowego, makro- i mikroskopowa morfologia korka

Magdalena Urbaniak¹⁾, Roma Gołuch-Góreczna^{2), 3)}, Andrzej K. Błędzki^{2), **)}, Sławomir Gajdziński³⁾

DOI: dx.doi.org/10.14314/polimery.2017.388

Artykuł dedykowany prof. Wacławowi Królikowskiemu z okazji Jubileuszu 90-lecia urodzin i nadania godności Doktora Honoris Causa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie

Streszczenie: Kora dębu korkowego, uprawianego głównie w Portugalii i w krajach zachodniej części basenu Morza Śródziemnego, jest wykorzystywana od ponad 5 tys. lat. Obecnie znajduje szerokie zastosowanie, od naturalnych korków do butelek po elementy z kompozytów w budownictwie, transporcie, a nawet przemyśle kosmicznym, jest strategicznym surowcem dla zrównoważonego rozwoju, nie tylko krajów śródziemnomorskich. W Cz. I artykułu omówiono uprawy dębów korkowych oraz strukturę chemiczną ich kory, a także makro- i mikroskopową morfologię korka naturalnego.

Słowa kluczowe: korek, uprawy dębu korkowego, morfologia, skład chemiczny, suberyna.

Natural cork. Part I. Cork oak tree culture, macro- and micromorphology of cork

Abstract: Cork is the bark of the cork oak tree cultivated mainly in Portugal and the Mediterranean region. As a material it has been used for more than 5000 years. Nowadays, it is used in multiple applications, from wine bottles to aeronautics and regarded as a strategic material for sustainable development in many countries. The first part of the presented review is focused on cultivation aspects of cork oak trees as well as morphology (at macro- and microscales) and chemical structure of suberin, the main constituent of cork. The honeycomb-like cork structure makes it one of the best natural, renewable, sustainable raw material, which is used all over the world.

Keywords: cork, cork oak tree culture, morphology, chemical composition, suberin.

Na przełomie XX i XXI w. nastąpił znaczny wzrost świadomości ekologicznej społeczeństwa i zaostrenie wymogów legislacyjnych, ukierunkowanych zarówno na globalną ochronę środowiska naturalnego, jak i na zrównoważony rozwój gospodarczy świata. Skutkiem tego jest, obserwowana w ostatnich latach, wyraźna re-

orientacja inżynierii materiałowej w stronę technologii wykorzystujących w szerszym zakresie surowce naturalne. Prowadzi to na rynkach gospodarczych i przemysłowych świata do dynamicznego postępu w partycypacji materiałów naturalnych pozyskiwanych ze źródeł odnawialnych.

Korek jest produktem biologicznym, cyklicznie pozyskiwanym (co 9 lat) z kory dębu korkowego, co nie tylko nie szkodzi drzewom, ale jest korzystne ze względu na racjonalną uprawę lasów dębu korkowego. Dąbrowy te utrzymują bogactwo ekosystemów leśnych, służą też zrównoważonemu rozwojowi sąsiadujących z nimi obszarów. Korek jest materiałem naturalnym w pełni odnawialnym, wykazującym wyjątkową mikro- i makrostrukturę oraz unikatowe właściwości. W pierwszej części artykułu omówiono problematykę związaną z uprawą korka oraz z jego mikro- i makrobudową, druga część dotyczy specyficznych właściwości korka i jego najczęstszych zastosowań.

¹⁾ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin.

²⁾ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Instytut Inżynierii Materiałowej, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin.

³⁾ Carbon Fox Sp. z o.o., ul. Leopolda Staffa 12, 71-149 Szczecin.

^{*)} Materiał zawarty w artykule prezentowano podczas Konferencji Pomerania-Plast 2016, która odbyła się w Międzyzdrojach w dniach 7–10 czerwca 2016 r.

^{**)} Autor do korespondencji; e-mail: abledzki@zut.edu.pl

HISTORIA

Korek jako naturalny materiał jest używany od niepamiętnych czasów. Już od ok. 3000 r. p.n.e. w Chinach, Egipcie, Babilonie i Persji stosowano korek jako pławiki sieci rybackich i uszczelnienie łodzi, a także jako uszczelnienia pojemników na żywność i zatyczki dzbanów w celu ich hermetyzacji. W starożytnej Grecji od ok. 1600 r. p.n.e., a potem w imperium rzymskim korek w postaci płyt służył głównie do izolacji termicznej dachów i ścian oraz do wytwarzania akcesoriów rybackich. Powszechne zastosowanie znalazły wówczas wkładki do sandałów, a także zatyczki amfor [1, 2]. Ciekawostką jest, że w I w. n.e. grecki lekarz Dioscorides używał preparatu z korka w wielu medycznych aplikacjach, zwłaszcza w leczeniu łysienia [1]. W średniowieczu zaczęto dostrzegać coraz więcej funkcjonalnych walorów korka i wykorzystywać go powszechnie, szczególnie w krajach iberyjskich, nie tylko jako materiał na izolacje termiczne domów i do hermetyzacji naczyń do przechowywania żywności i napojów, ale także do wyrobu mebli, a nawet ozdób [2]. Na przełomie XV i XVI w., w wyniku podjętych hiszpańskich i portugalskich wypraw do Nowego Świata i na Daleki Wschód, nastąpiło rozpowszechnienie, a w konsekwencji wzrost zapotrzebowania na korek potrzebny do uszczelniania statków i okrętów budowanych na wielką, niespotykaną przedtem skalę. Eskalacji tej sprostano dzięki temu, że już w XIII w. królowie portugalscy wydawali edykty dotyczące ochrony upraw dębu korkowego [2].

Obecnie większość ludzi kojarzy korek z zatyczkami butelek wina. Pod koniec XVII w. winiarze francuscy zaczęli wykorzystywać korek na zatyczki win musujących (szampanów), co pośrednio przyczyniło się do rozszerzenia zastosowania tego materiału [3–6]. Technologię wykorzystującą korę dębu korkowego na sprężyste, odporne chemicznie i bakteriologicznie zatyczki do win opracował szczegółowo benedyktyński mnich Dom Pierre Pérignon z opactwa Hautvillers w pobliżu Epernay (Szampania, Francja). W 1680 r. do uszczelnienia szampana znanej do dziś marki Dom Pérignon po raz pierwszy użył naturalnych korków zamiast stożkowych, drewnianych zatyczek owiniętych konopiami moczonymi w oliwie. Od 1729 r. korkowano tak również butelki szampana marki Ruinart, a od 1743 r. – Moët & Chandon [7].

Powszechne wykorzystywanie naturalnych korków o swoistym kształcie i wysokiej jakości do zamykania butelek win musujących oraz wymagających leżakowania zrodziło potrzebę zagospodarowania dużych ilości odpadów poprodukcyjnych z kory dębu korkowego. Od 1860 r. granulaty korkowy zaczęto wykorzystywać w postaci uwarstwionej wykładziny podłogowej, w której drobno zmielony korek był połączony m.in. z olejem lnianym (1863 r. – Frederick Walton, Wielka Brytania), a także w charakterze wypełnienia kamizelek ratunkowych (John Smith, USA) [4, 8]. W początkach XX w. szeroko stosowano granulaty korkowy spajany różnymi rodzaja-

mi kleju (dekstryną, kazeiną, żelatyną, później formaldehydem, aminami, a obecnie poliuretanami) w postaci powszechnie używanych zatyczek do butelek (1909 r. – Charles McManus, Wielka Brytania) [8]. Przez cały wiek XX, aż po dzień dzisiejszy, korek (głównie w postaci aglomeratów), dzięki unikatowym właściwościom, zwłaszcza małej gęstości, dużej sprężystości, dobrej izolacyjności termicznej i akustycznej oraz niepalności, znajduje przeróżne zastosowania. Jest wykorzystywany jako materiał wszelkiego rodzaju paneli, tafli, powłok wykładzin i przekładek, lub też kompozytów, przede wszystkim w budownictwie, przemyśle środków transportu: lądowego, morskiego i lotniczego, a nawet w przemyśle kosmicznym.

UPRAWY

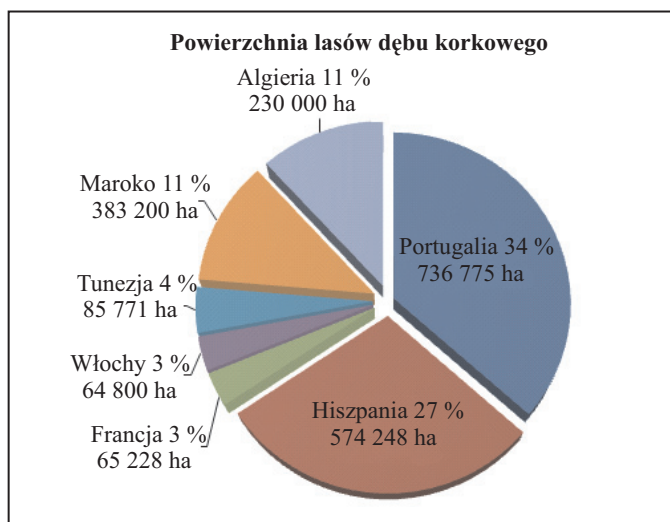
Dąb korkowy (*Quercus suber* L.) to drzewo wiecznie zielone, występujące naturalnie tylko na Półwyspie Iberyjskim oraz w krajach południowej i zachodniej części basenu Morza Śródziemnego o słonecznym i jednocześnie wilgotnym klimacie z małą ilością opadów: Portugalii, Hiszpanii, południowej Francji (Korsyki, Prowansji), południowych Włoch (Sardynii, Sycylii), Algierii, Maroka, Tunezji (rys. 1) [9–11]. Odmiana dębu korkowego *Quercus variabilis* Blume jest uprawiana w Chinach, rośnie także w Korei i Japonii [12, 13].



Rys. 1. Uprawy dębu korkowego wzdłuż zachodniej części Morza Śródziemnego i w Portugalii

Fig. 1. Cork oak forests cultivated across West Mediterranean Basin and Portugal

W Europie znajduje się ok. 60 % lasów korkowych świata, stąd także pochodzi ponad 80 % światowej produkcji korka [8, 9, 13]; głównym jego producentem jest Portugalia, przetwarzająca ok. 50 % światowego uzysku. Dla Portugalczyków dąb korkowy jest symbolem narodowym, kontynuują więc wieloletnią tradycję jego nasadzenia, szacowanego na ok. 10 tys. ha rocznie [2]. Dzięki takim zabiegom tereny leśne silnie wykorzystywane gospodarczo nie ulegają deforestacji. Z odmiany dębu korkowego uprawianego, w ograniczonej skali, w chińskich



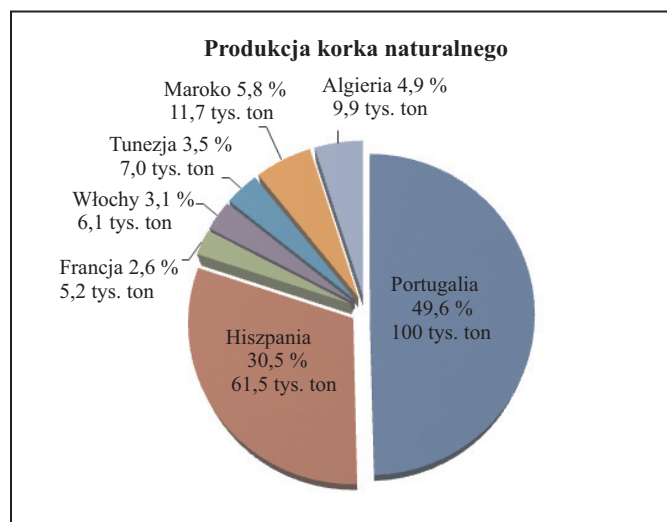
Rys. 2. Wielkość powierzchni lasów dębu korkowego w Portugalii i krajach basenu Morza Śródziemnego [2]

Fig. 2. Area of cork oak forests in countries across the Mediterranean Basin and Portugal [2]

provincjach Syczuan, Hubei i Saanczi, a także rosnącego tam w Górach Dabie, Quinling i Taihang pozyskuje się płyty kory – cieńsze i o drobniejszej strukturze niż płyty z dębów europejskich, uważanych za jakościowo lepsze. Korek chiński różni się nieco pod względem właściwości od portugalskiego, jednak znajduje rynki zbytu na Dalekim Wschodzie [12].

Według raportu Portugalskiego Stowarzyszenia Korka (ang. *Portuguese Cork Association*) z 2013 r. całkowita powierzchnia upraw lasów korkowych na świecie osiągnęła ok. 2,1 mln ha, a produkcja korka ok. 201 tys. t/r. [14]. Portugalia posiada ok. 1/3 powierzchni tych upraw (rys. 2) i jest liderem wśród producentów korka – pokrywa ok. 50 % światowego zapotrzebowania, tj. ok. 100 tys. t/r. (rys. 3) [2, 14].

Naturalny korek stanowiący korę dębu korkowego jest obumarłą tkanką roślinną, składającą się zasadniczo z dwóch głównych warstw tkanek roślinnych, oddzielonych cienkimi warstwami tkanki twórczej zwanymi merystemami bocznymi. Stanowią je miazga łykodrzewna (kambium) i miazga korkotwórcza (fellogen) [7]. Pierwsza z nich to żywa tkanka roślinna, druga to kora zewnętrzna – obumarła tkanka roślinna, z której pozyskiwany jest korek. Regularne, okresowe okorowywanie dębów korkowych nie uszkadza drzew, które jako jedyne w świecie po każdym usunięciu kory całkowicie się regenerują. Kora jest zdejmowana cyklicznie, pierwszy raz gdy drzewo ma 20–25 lat, a średnica pnia przekracza minimum 25 cm. Następne okorowanie w większości regionów przeprowadza się co 9–10 lat, w Katalonii – co 12 lat [7, 9, 15]. Dąb korkowy jest długowieczny, rośnie zwykle 170–200 lat, a więc drzewa mogą być okorowywane co najmniej 15–18 razy. Dąb korkowy osiąga wysokość 20 m i ciężar nawet do 100 ton. Drzewo np. dwudziestoletnie na wysokości 1,3 m ma pień o średnicy 70 cm



Rys. 3. Wielkość produkcji korka naturalnego w Portugalii i krajach basenu Morza Śródziemnego [2]

Fig. 3. Production rate of natural cork in countries across the Mediterranean Basin and Portugal [2]

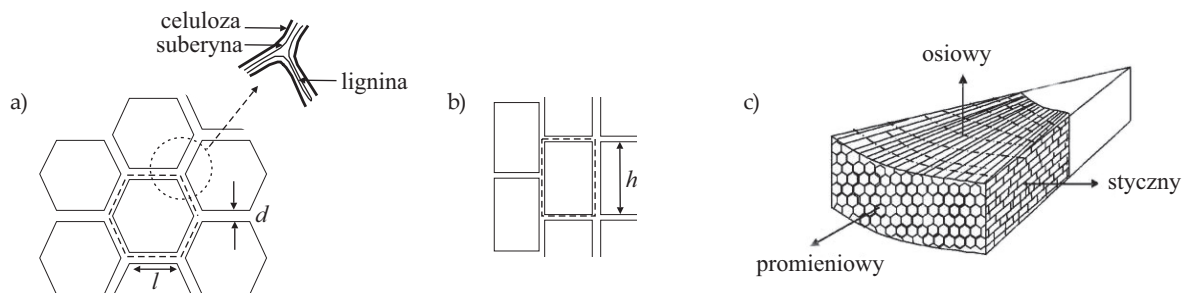
[2]. Kora z pierwszego okorowania znacznie się różni od kory z następnych okorowań.

Uzyskiwany w pierwszym zbiorze tzw. korek dziewiczy cechują nieregularna struktura oraz gęstość i grubość stanowiące o niskiej jakości surowca. Stosowany jest więc tylko na np. tablice korkowe, podeszwy i wkładki do butów itp. [7, 9, 16].

Kora z drugiego zbioru, zwana *secundeira* (gdy dąb ma ok. 34 lata), jest bardziej regularna, nadal jednak nie nadaje się do produkcji korków do butelek. Dopiero trzeci i kolejny zbiór, określany mianem *amadia* (gdy dąb ma ok. 43 lata), gwarantują wysoką jakość surowca wymaganą w produkcji korków butelkowych. Z każdego zbioru, stanowiącego kilkaset kilogramów, można wyprodukować ok. 10 tys. sztuk korków. Do produkcji aglomeratów wykorzystuje się wszystkie kolejne zbiory [2, 9, 16, 17].

Okorowywanie polega na zdejmowaniu płatów tylko zewnętrznej, obumarłej warstwy kory. Jest to zabieg całkowicie nieszkodliwy dla drzewa, a zarazem proekologiczny, ponieważ po usunięciu obumarłej kory gwałtownie zwiększa się zapotrzebowanie dębu korkowego na ditlenek węgla [2, 7, 18]. Liczne badania dowodzą, że lasy korkowe pochłaniają w ciągu roku aż 5,7 tony CO_2/ha . Oznacza to, że ok. 2,3 mln ha lasów dębu korkowego na całym świecie pochłania w ciągu roku ok. 14,4 mln ton CO_2 . Natomiast emisyjność CO_2 w produkcji korków naturalnych jest prawie dziesięciokrotnie mniejsza niż w produkcji korków syntetycznych [4, 7, 19].

O zaletach dębu korkowego mówi się z podziwem i uznaniem, a nawet, zwłaszcza w krajach iberyjskich, z najwyższym szacunkiem. W 2007 r. z okazji portugalskiej prezydencji Unii Europejskiej sylwetkę tego rozłożystego drzewa wybito na monetach o nominale 1 €, a w następnym roku wydrukowano z nią portugalskie znaczki pocztowe na samoprzylepnym korkowym papierze



Rys. 4. Schematyczny obraz komórek korka: a) przekrój promieniowy: l – krawędź pryzmy, d – grubość ścianki, b) przekrój styczny – osiowy: h – wysokość pryzmy, c) kierunki narastania komórek korka

Fig. 4. Schematic representation of cork cells: a) radial section: l – prism edge, d – wall thickness, b) tangential – axial section: h – prism height, detail is showing main components of cells, c) cellular disposition in cork

rze. W 2011 r. parlament Portugalii przyznał jednogłośnie dębowi korkowemu jedyne w swoim rodzaju, niespotykane w żadnym innym europejskim kraju, miano Drzewa Narodowego [2] chronionego specjalną ustawą.

STRUKTURA

Właściwości korka wynikają ze struktury komórkowej i składu chemicznego ścianek jego komórek [9, 20–22]. Schemat budowy komórek korka przedstawia rys. 4. Komórki korka o pentagonalnym lub heksagonalnym kształcie tworzą strukturę podobną do plastra miodu w kierunku promieniowym i podobną do prostokątnej, ceglanej ściany – w kierunku stycznym. Ilość komórek, o złożonym składzie chemicznym, szacuje się na ok. 42 mln w każdym cm^3 objętości, ich długość wynosi średnio 45 μm , sześciokątny przekrój 15–20 μm , a grubość ich wielowarstwowych ścianek 1–2 μm [2, 9, 10, 20, 23]. W ściankach można wyróżnić cienkie warstewki bogate w ligninę, warstewki zbudowane z suberyny i wo-

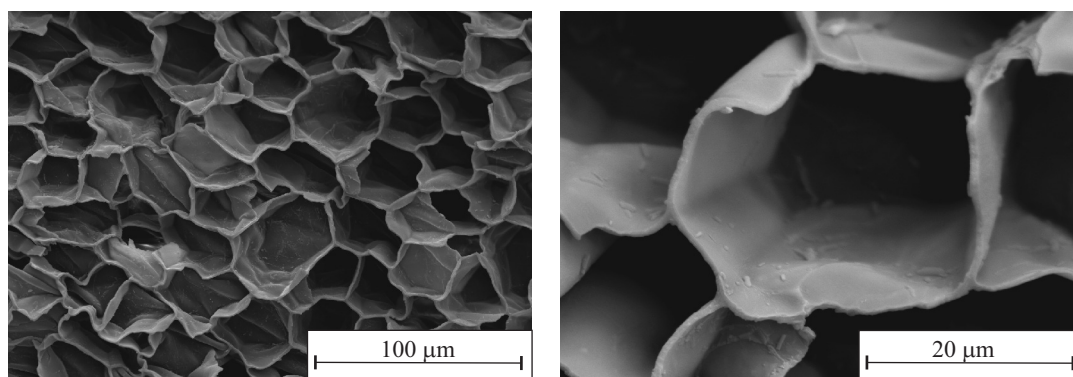
sku oraz warstewki zbudowane z polisacharydów (celulozy i hemicelulozy) [7, 9].

Powstające w miążdze korkotwórczej (fellogen) zamknięte komórki tworzą naturalną piankę, w której aż 85–90 % objętości struktury zajmują puste przestrzenie. Komórki nabudowują się i rozrastają (wydłużają) w kierunku promieniowym pnia drzewa równoległymi rzędami, układającymi się w pryzmatyczne kolumny. Wielowarstwowe ścianki tych pryzm o wielokątnym, pierścieniowym przekroju są dość sprężyste, co pozwala na, spowodowane naprężeniami, ich pofalowanie i powstanie karbów [7]. Symetryczna osiowo (w kierunku wzrostu) struktura korka jest formowana przez pierścienie rozrastające się w wyniku regularnego osadzania się cienkich warstewek na ściankach komórek, budowanych w ciągu całego cyklu rozwoju tkanki korka. W strukturze tej występują też soczewkowate kanaliki przechodzące promieniowo przez tkankę korka. Zarówno obecność kanalików, jak i porowatość w strukturze wprowadzają czynnik zmienności i przypadkowości oraz zwiększają

T a b e l a 1. Charakterystyka struktury komórkowej korka naturalnego w zależności od okresu wzrostu dębu korkowego

T a b l e 1. Characteristics of natural cork cells during different growing periods

Parametry komórek korka	Jednostka	Korek młody	Korek stary	Literatura
Typ komórek	–	zamknięta		[7]
Ilość krawędzi przekroju komórki	–	$n = 6$		[7]
Ilość ścian komórki	–	$f = 14$		[7]
Symetria struktury	–	pięcio- lub sześciokątna pryzma		[7]
Symetryczność komórki	–	asymetryczna		[7]
Wysokość pryzmy (h)	μm	30–40	~10	[7, 31]
Krawędź pryzmy (l)	μm	13–15	13–15	[7, 31]
Średni przekrój powierzchni	cm^2	$4-6 \cdot 10^{-6}$	$4-6 \cdot 10^{-6}$	[7, 31]
Grubość ścianki komórki	μm	1,0–1,5	2–3	[7, 31]
Upakowanie komórek	$1/\text{cm}^3$	$4-7 \cdot 10^7$	$10-20 \cdot 10^7$	[7, 31]
Udział pustej przestrzeni w objętości komórek	%	90		[7]
Stosunek maks./min. wymiaru komórki	–	$R_{12} = 1,0-1,1$	$R_{13} = 1,5-1,7$	[7]
Inne specyficzne cechy	–	rozrost pierścieni, soczewkowate kanaliki		[7]



Rys. 5. Komórkowa struktura korka naturalnego, zdjęcie SEM w różnym powiększeniu
 Fig. 5. SEM micrograph of cellular structure of natural cork at different magnifications

anizotropię korka [7]. Charakterystyczne wymiary komórek korka przedstawiono w tabeli 1, zaś zdjęcie SEM (mikroskop Hitachi SU-70) struktury korka typu NL20 (o gęstości 200 kg/m³) pokazano na rys. 5.

Głównym składnikiem strukturalnym ścianek komórek korka naturalnego jest suberyna – makrocząsteczka złożona z długołańcuchowych kwasów tłuszczowych oraz ich estrów z alkoholami alifatycznymi. Zawiera także kwas hydrocynamonowy i jego fenolowe pochodne [7, 24–26].

Wśród składników ścianek komórek korka śródziemnomorskiego, oprócz suberyny (ok. 45 %) występują także: lignina (ok. 22 %), polisacharydy (ok. 18 %) oraz składniki nieprzyłączone do głównej struktury komórek, tj. wyekstrahowane woski, garbniki (ok. 13 %) i inne [7, 27–29]. Natomiast w składzie korka chińskiego znajduje się mniej suberyny (ok. 35 %) i ligniny (ok. 19 %) oraz ekstraktów (ok. 10 %), a w grupie sacharydów dominuje glukoza [12].

Wymiary i skład chemiczny komórek korka zależą w istotnym stopniu od okresu ich formowania – budowane wiosną są dłuższe i cieńsze niż budowane jesienią [9], decydujący wpływ na ich właściwości ma także rejon geograficzny uprawy [11, 12, 30], wiek (okorowanie dziewicze czy kolejne) [7, 31] i warunki wzrostu (klimat, gleba) [32–35] oraz gatunek dębu korkowego [7, 11, 12, 31].

PODSUMOWANIE

Korek naturalny wykazuje strukturę piankową wypełnioną w 85–90 % powietrzem, składającą się z zamkniętych pięcio- bądź sześciobocznych komórek tworzących kształt plastra miodu. Taka budowa i polimerowy skład korka sprawiają, że jest on cennym surowcem naturalnym dla wielu różnych, w tym także specjalistycznych, zastosowań. Ekosystemy lasów dębu korkowego stanowią bogactwo narodowe w krajach ich uprawy. Stare portugalskie porzekadło mówi: „jeśli zamierzasz coś cennego zostawić swoim wnukom – zasadź dąb korkowy” [16]. Wiara w to nakazuje stwierdzić, że dla pożytku przyszłych pokoleń konieczny jest rozwój zrównoważonych technologii, wykorzystujących w najwyższym stopniu materiały naturalne, takie jak korek, o synergicznie kumulujących się właściwościach.

LITERATURA

- [1] Mourão P.A.M., Carrott P.J.M., Ribeiro Carrott M.M.L.: *Ciência & Tecnologia dos Materiais* **2011**, 23, 26.
- [2] Amorim, *The art of cork*, 2014. http://www.amorim.com/xms/files/Documentacao/Brochura_Arte_Cortica_Small_EN.pdf (data dostępu 27.07.2016).
- [3] Gibson L.J., Easterling K.E., Ashby M.F.: *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* **1981**, 377, 99. <http://dx.doi.org/10.1098/rspa.1981.0117>
- [4] Gil L.: „Produção, tecnologia e Aplicação”, INETI, Lisboa 1998.
- [5] Borges M., Cunha C.: *Boletim da Junta Nacional de Cortica* **1985**, 565, 678.
- [6] Rosa M.E., Fortes M.A., Nunez R.V.: *Key Engineering Materials* **2002**, 230–232, 295. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.230-232.295>
- [7] Pereira H.: „Cork: biology, production and uses”, Elsevier, Amsterdam 2007.
- [8] Gil L.: *Materials* **2009**, 2, 776. <http://dx.doi.org/10.3390/ma2030776>
- [9] Silva S.P., Sabino M.A., Fernandes E.M. i in.: *International Materials Reviews* **2005**, 50, 345. <http://dx.doi.org/10.1179/174328005X41168>
- [10] Gil L.: *Materials* **2015**, 8, 625. <http://dx.doi.org/10.3390/ma8020625>
- [11] Jove P., Olivera M.A., Cano L.: *BioResources* **2011**, 6, 1806.
- [12] Miranda I., Gominho J., Pereira H.: *Journal of Wood Science* **2013**, 59, 1. <http://dx.doi.org/10.1007/s10086-012-1300-8>
- [13] Barberis A., Dettori S., Filigheddu M.R.: *Journal of Arid Environments* **2003**, 54, 565. <http://dx.doi.org/10.1006/jare.2002.1079>
- [14] Portuguese Cork Association (APCOR), Cork 2013, APCOR, Santa Maria de Lamas, Portugal 2013.
- [15] Costa A., Pereira H., Olivera A.: *Forest Ecology and Management* **2013**, 171, 231.
- [16] Mestre A., Gil L.: *Ciência & Tecnologia dos Materiais* **2011**, 23, 3.

- [17] Amorim, Technical guide: Cork stoppers, 2011.
http://www.amorim.com/xms/files/Documentacao/Manual_Rolhas_EN.pdf (data dostępu 27.07.2016).
- [18] Informacja techniczna firmy Amorim, CORECORK, Railway Interiors International SHOW ISSUE 2012.
- [19] Gil L.: *Frontiers in Chemistry* **2014**, 2, 16.
<http://dx.doi.org/10.3389/fchem.2014.00016>
- [20] Gil L., Moiteiro C.: "Cork" w "Ullmann's Encyclopedia of Chemical Technology", 6th ed., Wiley-VCH Verlag, Germany 2003.
- [21] Anjos O., Pereira H., Rosa M.E.: *European Journal of Wood and Wood Products* **2011**, 69, 85.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00107-009-0407-0>
- [22] Gibson L.J.: *Journal of Biomechanics* **2005**, 38, 377.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.09.027>
- [23] Pereira H., Ferreira E.: *Materials Science and Engineering: A* **1989**, 111, 217.
[http://dx.doi.org/10.1016/0921-5093\(89\)90215-3](http://dx.doi.org/10.1016/0921-5093(89)90215-3)
- [24] Bento M.F., Pereira H., Cunha M.A. i in.: *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* **2001**, 57, 45.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0165-2370\(00\)00093-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-2370(00)00093-0)
- [25] Graca J., Pereira H.: *Journal of Wood Chemistry and Technology* **1998**, 18, 207.
<http://dx.doi.org/10.1080/02773819809349577>
- [26] Graca J., Pereira H.: *Holzforschung* **1997**, 51, 225.
<http://dx.doi.org/10.1515/hfsg.1997.51.3.225>
- [27] Cumbre F., Lopes F., Pereira H.: *Wood and Fiber Science* **2000**, 32, 125.
- [28] Nierop K.G.J.: *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* **2001**, 61, 111.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0165-2370\(01\)00132-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-2370(01)00132-2)
- [29] Pantoja M., Martinez M.A., Abenojar J. i in.: *Journal of Adhesion Science and Technology* **2010**, 24, 1885.
<http://dx.doi.org/10.1163/016942410X507632>
- [30] Pereira H.: *BioResources* **2013**, 8, 2246.
- [31] Pereira H., Rosa M.E., Fortes M.A.: *IAWA Bulletin* **1987**, 8, 213.
- [32] Costa A., Pereira H., Olivera A.: *Annals of Forest Science* **2002**, 59, 429.
<http://dx.doi.org/10.1051/forest:2002017>
- [33] Caritat A., Molinas M., Gutiérrez E.: *Forest Ecology and Management* **1996**, 86, 113.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03787-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03787-5)
- [34] Caritat A., Gutiérrez E., Molinas M.: *Tree Physiology* **2000**, 20, 893.
<http://dx.doi.org/10.1093/treephys/20.13.893>
- [35] Costa A., Barbosa I., Roussado C. i in.: *Dendrochronologia* **2016**, 38, 72.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.dendro.2016.03.007>

Otrzymano 10 VIII 2016 r.

W kolejnym zeszycie ukaza się m.in. następujące artykuły:

A. Amelian, K. Winnicka – Polimery stosowane w technologiach farmaceutycznych do maskowania smaku substancji czynnych (j. ang.)

E. Jamróz – Charakterystyka folii otrzymanych z biopolimerów z dodatkiem olejków eterycznych

A. Rudawska, P. Jakubowska, A. Kloziński – Energia powierzchniowa kompozytów o wysokim stopniu napełnienia węglanem wapnia (j. ang.)

K.J. Wilczyński – Wyznaczanie krzywych lepkości na podstawie ograniczonej liczby pomiarów reometrycznych

P. Palutkiewicz, T. Garbacz – Ocena efektywności wybranych środków porujących w procesie wtryskiwania wyprasek z tworzyw termoplastycznych

K. Moraczewski – Wpływ metody przygotowania powierzchni polilaktydu do procesu metalizowania na strukturę osadzonej warstwy miedzi

D. Kuśmierczyk, M. Czarnecki, M. Tykarska, K. Małkiewicz – Ocena stopnia konwersji ortodontycznych żywic adhezyjnych na bazie polimerów (j. ang.)

M. Urbaniak, R. Gołuch-Góreczna, A. K. Błędzki, S. Gajdziński – Korek naturalny. cz. II. Właściwości i zastosowania