

Włosy – nie tylko do czesania

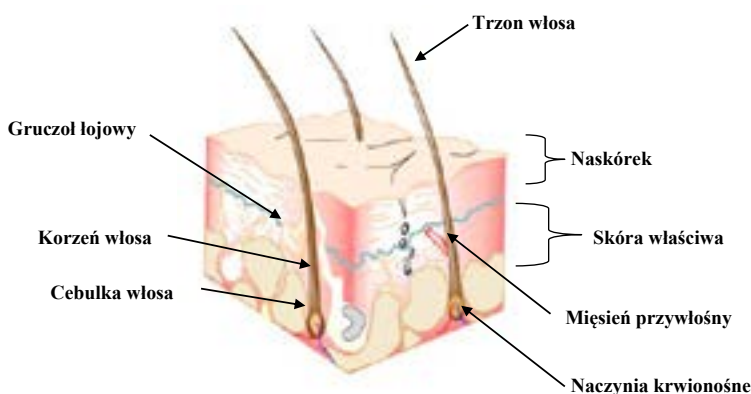
Zdrowe, piękne i lśniące włosy stanowią bez wątpienia wielki atut oraz nierzadko są powodem do dumy. Obecnie porady dotyczące ich pielęgnacji można znaleźć prawie wszędzie – w czasopismach, książkach, Internecie. Jednak czy włosy stanowią jedynie obiekt do podziwiania? Czy z naszych włosów da się uzyskać jakieś interesujące informacje?

Marta Gawęł, Justyna Piechocka

Analiza włosów w ostatnich latach zyskała znacząco na popularności, szczególnie w toksykologii. Stosowana jest również w medycynie sądowej, medycynie klinicznej, kontroli antydopingowej czy podczas leczenia uzależnień od alkoholu i narkotyków [1].

1. Budowa, właściwości i funkcje włosa

Włosy to zrogowaciałe wytwory naskórka, charakterystyczne dla ssaków, które pokrywają niemal całą powierzchnię ich skóry. Jedynie niewielkie partie ciała zostają nieowłosione – przykładem mogą być dłonie lub stopy człowieka.



Rysunek 1. Schemat budowy włosa.

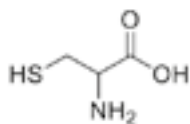
Z biologicznego punktu widzenia włos dzieli się na dwie zasadnicze części – korzeń, który znajduje się pod powierzchnią skóry oraz trzon (łodygę), czyli część, która wyrasta ponad skórę głowy. Łodygę włosa natomiast budują trzy powłoki, a mianowicie warstwa zewnętrzna (osłonka), warstwa wewnętrzna (korowa) oraz warstwa rdzenna [2]. Korzeń włosa jest połączony z mięśniem przywłosnym, nad którym znajdują się gruczoły łojowe. Ich wydzielina (sebum) wyprowadzana jest na powierzchnię skóry głowy oraz włosy poprzez mieszek włosowy [2]. Schemat budowy włosa przedstawiono na Rysunku 1.

Wzrost włosa zachodzi w trzech cyklach, które powtarzają się wielokrotnie w ciągu życia osobnika. Są nimi [2]:

- anagen – faza pierwsza, trwa od 4 do 6 lat,
- katagen – faza druga, trwa od kilku tygodni do kilku miesięcy, wzrost włosa zatrzymuje się i cebulka stopniowo obumiera,
- telogen – faza trzecia, trwa od 2 do 3 tygodni, cebulka obumiera całkowicie i włos wypada.

Długość poszczególnych faz wzrostu włosa może być jednak różna w zależności od miejsca jego wzrostu. Na szybkość wzrostu włosa mają również wpływ czynniki, takie jak wiek, temperatura środowiska, a nawet rodzaj/jakość spożywanego pokarmu.

Spoglądając na włos okiem chemika należy scharakteryzować substancje, które się na niego składają. Włos w przeważającej części zbudowany jest z białka (65-95%) – konkretnie z keratyny wytwarzanej przez keratynocyty (komórki występujące w naskórku oraz mieszk włosy-)



Rysunek 2. Wzór strukturalny cząsteczki cysteiny

wym). W skład keratyny wchodzi natomiast aminokwasy siarkowe – głównie cysteina. Strukturę cząsteczki cysteiny przedstawiono na Rysunku 2.

To właśnie dzięki keratynie włosy są wytrzymałe i odporne na niekorzystne działanie wielu czynników mechanicznych (szarpanie, intensywne czesanie i mycie, związanie). Wskazując keratynę jako białko budulcowe włosa należy także przyjrzeć się wiązaniom chemicznym występującym w jej obrębie oraz między sąsiednimi łańcuchami.

Wspomniane wiązania chemiczne warunkują właściwości jakie posiadają włosy. W strukturze włosa można wyróżnić wiązania peptydowe, wiązania wodorowe, wiązania jonowe oraz wiązania disiarczkowe [3]. Te ostatnie powstają pomiędzy grupami tiolowymi (-SH), które w swojej strukturze zawiera cysteina.

Wiązania disiarczkowe, a dokładnie ich ilość oraz wzajemne ułożenie decydują o tym, czy nasze włosy są kręcone, falowane czy też może zupełnie proste [3]. Pogładowy schemat przedstawiający rodzaje wiązań występujących w strukturze włosa przedstawiono na Rysunku 3.

Kolejnymi istotnymi składnikami budulcowymi włosów są tłuszcze (1-9%), woda (3-5%), a także pigmenty – melanina [4]. Wyróżnia się dwa rodzaje melaniny, a mianowicie eumelaninę oraz feomelaninę. Ich zawartość determinuje kolor włosów – feomelanina odpowiada za odcień włosów, natomiast eumelanina za ich ton [3]. Im ciemniejszy kolor włosów, tym więcej zawierają one eumelaniny [5].

Poza substancjami budulcowymi włosów, zaliczanych do związków organicznych, w ich skład wchodzi także liczne związki nieorganiczne, w tym związki pierwiastków chemicznych, takich jak azot, wapń, magnez, żelazo, miedź, mangan i cynk [6].

Włosy jako wytwory naskórki pełnią w głównej mierze funkcje ochronne. Zatrzymują różne pyły z powietrza (włosy w nosie, uszach, rzęsy), chronią oczy przed sphywającym potem (brwi), a także przed promieniowaniem UV (włosy głowy). Odpowiadają także za termoregulację oraz

zapobiegają otarciom. Poza funkcjami ochronnymi włosy mają także dużą wartość diagnostyczną, co znajduje zastosowanie między innymi w badaniach klinicznych.

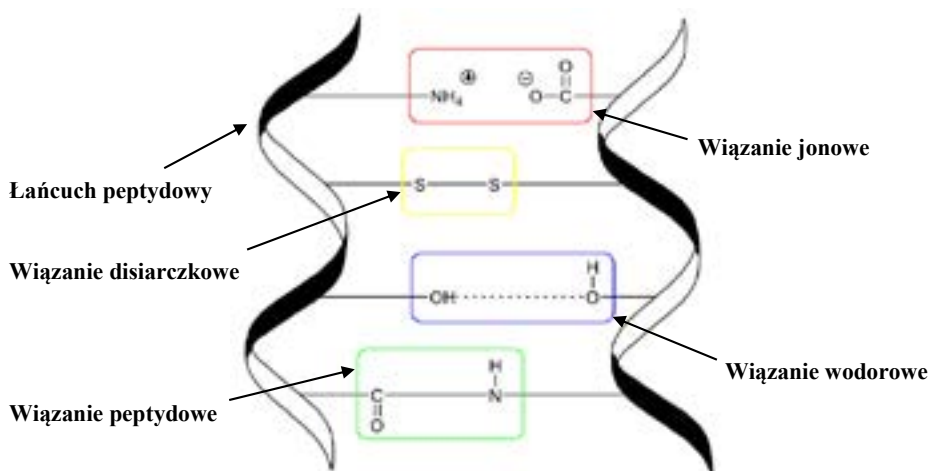
2. Wykorzystanie włosów jako matrycy do badań klinicznych

Myśląc o badaniach klinicznych i próbkach, które do takich badań się pobiera, z pewnością najpierw rozważa się możliwość wykorzystania powszechnie znanych płynów biologicznych, a mianowicie krwi (osocze, surowica) czy moczu. Jednak w ostatnich latach coraz większą uwagę przykładają się do możliwości pozyskiwania informacji o stanie zdrowia człowieka na drodze analizy mniej konwencjonalnych próbek biologicznych. Zalicza się do nich między innymi łzy, płyn mózgowo - rdzeniowy, ślinę, ale także włosy.

Niekonwencjonalność wymienionych matryc wynika z faktu, że nie są one pierwszym, oczywistym wyborem podczas prowadzenia badań rutynowych. Niemniej nie należy marginalizować ich potencjału, gdyż wyniki ich analizy w wielu przypadkach okazują się równie cennym źródłem informacji nt. obiektu badań - pacjenta. Najlepszym przykładem tego, jak szerokie zastosowanie może mieć analiza włosów są substancje, które można w nich oznaczać. Są to między innymi:

- Narkotyki: kokaina, amfetamina, metamfetamina, kannabinoidy,
- Nikotyna,
- Etanol,
- Leki: ketamina, diazepam,
- Pierwiastki śladowe: rtęć, arsen etc.

Przewagą włosów jako próbek do badań, nad rutynowo wykorzystywanymi płynami (krew czy mocz), jest stabilność (niezmienność) ich składu w dłuższym interwale czasowym. Dzięki temu istnieje możliwość określenia, z pewnym przybliżeniem, kiedy dokładnie dany ksenobiotyk (lek, narkotyk) został wprowadzony do organizmu, oraz jak długo i w jakiej dawce był zażywany. Jest to tzw. analiza retrospektywna włosów [5]. Ponadto samo



Rysunek 3. Schematyczne przedstawienie rodzajów wiązań chemicznych występujących w strukturze włosa.

pobranie materiału do badań jest bezbolesne, nieinwazyjne i nie sprawia pacjentowi dyskomfortu [1]. Włosy to także rodzaj próbki, którą można analizować pośmiertnie – nie ulegają one rozkładowi w przeciwieństwie do tkanek.

Rozważając analizę chemiczną włosa, należy jednak zadać sobie pytanie, czy skład chemiczny włosa oraz jego struktura mogą ulegać zmianie? Jeżeli tak, to w jakich warunkach? Pod wpływem agresywnych zabiegów, takich jak prostowanie, suszenie, farbowanie czy rozjaśnianie może dojść do zmian w budowie chemicznej włosa.

Weźmy pod uwagę, np. zabieg rozjaśniania. Podczas jego wykonywania zniszczone zostają wiązania disiarczkowe, ponieważ środki używane w tego rodzaju zabiegach zawierają substancje o właściwościach utleniających (woda utleniona, amoniak), które powodują utlenienie cysteiny do kwasu cysteinowego. Ponadto rozjaśnianie doprowadza też do zniszczenia pigmentu włosów, a co za tym idzie do uszkodzenia bariery chroniącej włosy przed szkodliwym promieniowaniem UV.

Analiza włosów jest cennym źródłem informacji o jakości oraz ilości spożywanego pokarmu. Przykładem jest tutaj analiza izotopowa, w której to bada się stosunek izotopów ciężkich do lekkich i na jego podstawie można monitorować nawet niewielkie zmiany w żywieniu oraz wykryć niedożywienie, jako np. potencjalny powód śmierci danej osoby [5]. Również standardowa analiza pierwiastkowa pozwala, poprzez badanie zawartości poszczególnych składników, dopasować odpowiednią, optymalną i zdrową dietę w celu polepszenia kondycji i zdrowia organizmu [5].

Analiza pierwiastkowa, a w szczególności badanie zawartości pierwiastków ciężkich jest wykorzystywane w wykrywaniu chorób. Potwierdzono między innymi niedobór żelaza u pacjentów cierpiących na chorobę Parkinsona, a podwyższony poziom takich pierwiastków jak glin, chrom, molibden, kadm, kobalt, czy nikiel wykryto u dzieci z autyzmem. Podwyższoną ilość antymonu powiązano z kolei z rozwojem nowotworów.

Niejednokrotnie badania włosów wykonuje się w przypadku pacjentów szpitali psychiatrycznych, od których trudno uzyskać jest wiarygodne informacje co do zażywanych substancji. Badania te często przeprowadza się przed przyjęciem osoby do szpitala, aby potwierdzić czy dane objawy wywołane są przyjmowaniem, np. preparatów psychotropowych czy rozwojem choroby psychicznej [5].

W badaniach zdrowia publicznego analiza włosów pozwala ocenić narażenie osób niepalących, przebywających w towarzystwie palaczy na tzw. „biernie palenie”. Oznaczenie nikotyny we włosach jest więc wykorzystywane w celu określenia stopnia narażenia pacjenta na zawarte w dymie tytoniowym szkodliwe substancje, w tym formaldehyd, cyjanowodor czy aceton, przyczyniające się do rozwoju schorzeń takich jak rak płuc, nadciśnienie, choroba niedokrwienna serca [5].

Włosy to także materiał do badań mających na celu ocenę skażenia środowiska i związanego z tym narażenia pracowników w miejscu pracy, np. na pestycydy [5]. Ponadto analizę włosów wykorzystuje się w monitorowaniu leczenia osób uzależnionych zarówno od substancji narkotycznych jak i alkoholu. W takim przypadku bada się poszczególne segmenty włosa i analizuje zawartość ksenobiotyków w każdym z nich. Jeżeli stwierdza się zmniejszenie zawartości szkodliwych substancji w coraz to nowszych segmentach włosów, można potwierdzić, że pacjent pomyślnie przebywa leczenie [1].

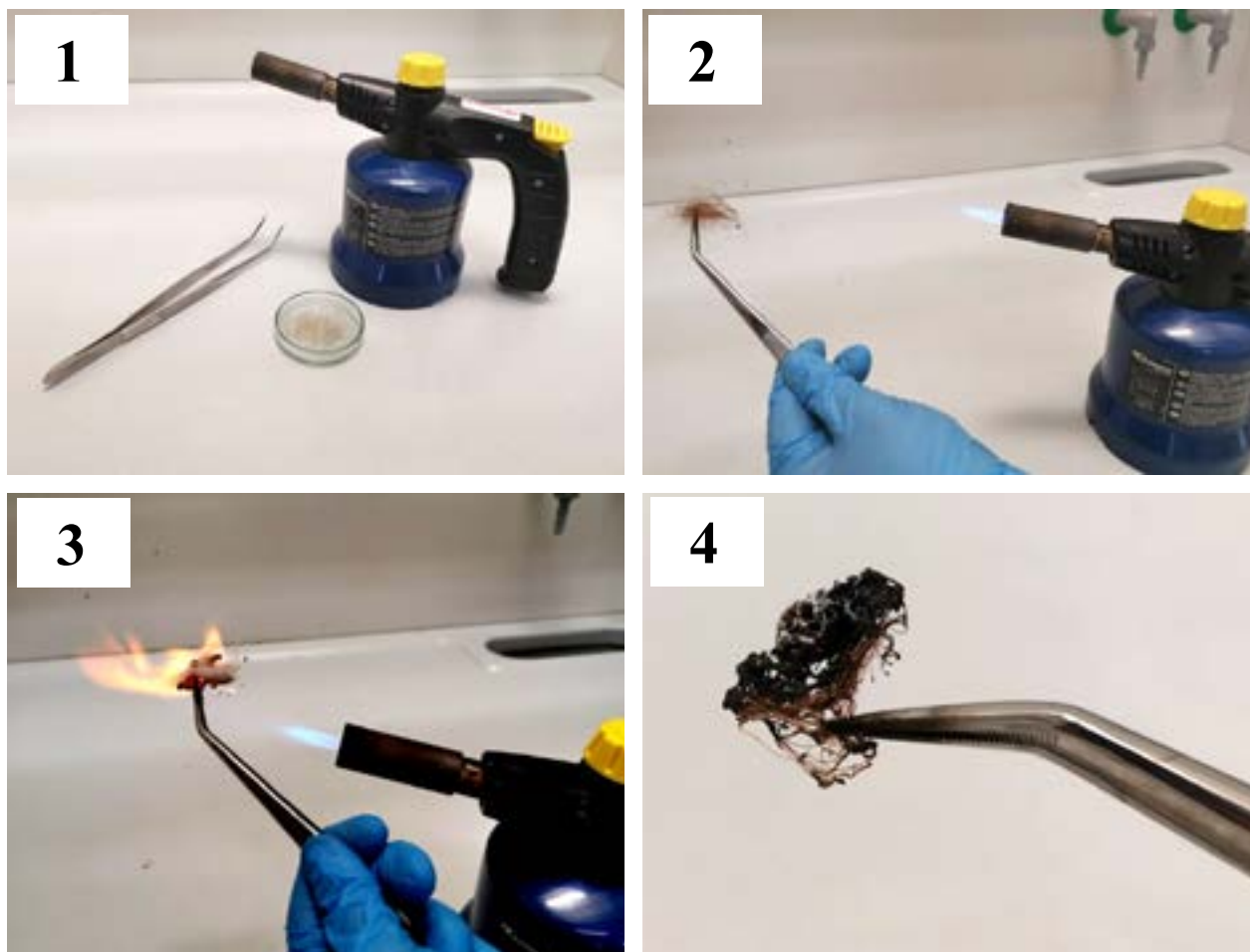
Analiza włosów jest także powszechnie stosowana w procesach karnych. Pozwala na określenie czy przestępca podczas popełniania zbrodni/czynu zabronionego był pod wpływem działania substancji odurzających. Niejednokrotnie włosy analizuje się w przypadku podejrzenia prowadzenia pojazdu pod wpływem narkotyków. Również w przypadku domniemania śmierci poprzez przedawkowanie substancji psychotropowych można posłużyć się badaniem włosów, aby taką hipotezę jednoznacznie potwierdzić lub ją wykluczyć.

Analiza włosów znalazła też zastosowanie w przypadku podejrzenia podania popularnej „tabletki gwałtu”. W tych przypadkach ofiary tracą bowiem świadomość i nie mogą jednoznacznie potwierdzić zażycia tej substancji [1], a sam fakt jej zażycia jest często odkrywany i zgłaszany organom ścigania z opóźnieniem, co wyklucza możliwość oznaczenia jego składników czy metabolitów w moczu czy krwi ofiary.

Nie ulega zatem wątpliwości, że wykorzystanie włosów do celów diagnostycznych pod wieloma względami stanowi przydatne narzędzie diagnostyczne. Niemniej jednak należy pamiętać, że istnieją również pewne ograniczenia związane z ich wykorzystaniem w analizie klinicznej. Kilka przykładów zalet oraz ograniczeń wykorzystania włosów w analizie klinicznej zebrano w Tabeli 1.

Tabela 1. Zalety oraz ograniczenia wykorzystania włosów w analizie klinicznej.

Zalety	Ograniczenia
<ul style="list-style-type: none"> ● Możliwość oznaczenia substancji spożytych kilka lat wcześniej ● Oznaczane substancje są bardziej stabilne niż np. w płynach biologicznych, takich jak mocz i krew ● Możliwość wielokrotnego pozyskania świeżych próbek ● Możliwość analizy pośmiertnej ● Mało inwazyjne sposoby pobrania próbki do analizy 	<ul style="list-style-type: none"> ● Możliwość zanieczyszczenia próbek przez substancje pochodzące z zewnątrz, np. pyły, kurz, składniki zawarte w kosmetykach do pielęgnacji włosów. ● Możliwość zafałszowania wyników np. poprzez przeprowadzenie zabiegów na włosach ● Różnice w składzie włosa w zależności od wieku, płci, pochodzenia ● Brak możliwości wykrycia ksenobiotyku, który był zażyty w niedalekiej przeszłości



Rysunek 4. Schemat wykonania ćwiczenia: 1) potrzebne przyrządy, 2) skierowanie płomienia palnika na włosy, 3) spalanie włosów, 4) pukiel włosów po spalaniu.

3. Część eksperymentalna

Podczas wykonania ćwiczenia należy zachować szczególną ostrożność. W szczególności nie należy przeprowadzać go w pobliżu przedmiotów oraz substancji łatwopalnych.

Potrzebne będą:

- Palnik gazowy,
- Szkiełko zegarkowe / szalka Petriego,
- Pukiel włosów,
- Pęseta,
- Wzorzec – próbka siarki (opcjonalnie).

Wykonanie ćwiczenia: Pukiel włosów umieścić na szalce Petriego/szkiełku zegarkowym. Płomień palnika skierować na próbkę włosów. Spalić włosy w płomieniu palnika. Schemat wykonania ćwiczenia przedstawiono na Rysunku 4.

Obserwacje: Podczas spalania włosów należy skupić się na wydzielającym się zapachu i spróbować go opisać (opcjonalnie porównać go z zapachem spalanej siarki). Opisać wygląd próbki po spalaniu.

Wnioski: Włos to próbka biologiczna, która w przeważającej części zbudowana jest ze związków organicznych. W wyniku spalania próbki ulega ona zwęgleniu – czego efektem jest widoczny czarny kolor próbki po spalaniu. Charakterystyczny zapach wydzielający się podczas spalania włosów można utożsamiać z zapachem spalanych związków siarki, w tym cysteiny, która jest jednym z aminokwasów siarkowych wchodzących w skład białek.

Marta Gaweł, dr Justyna Piechocka*

Katedra Chemii Środowiska, Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki

*justyna.piechocka@chemia.uni.lodz.pl

Literatura:

- [1] J. Barbosa, J. Faria, F. Carvalho, M. Pedro, O. Queirós, R. Moreira, R. J. Dinis-Oliveira, Hair as an alternative matrix in bioanalysis, *Bioanalysis*. 5 (2013) 895–914.
- [2] Adam Bochenek, Michał Reicher, *Anatomia Człowieka*, tom V, PZWL, Warszawa 1998, s.349,350,352.
- [3] K. Makuch, K. Opasińska, Wpływ wybranych surowców kosmetycznych na właściwości kosmetyków stosowanych w kondycjonowaniu włosów, *Wyższa Szkoła Inżynierii i Zdrowia w Warszawie*, Warszawa 2016, s.72-77.
- [4] I.M. Kempson, E. Lombi, Hair analysis as a biomonitor for toxicology, disease and health status, *Chem. Soc. Rev.* 40 (2011) 3915–3940.
- [5] I. Łuczak-Zielkiewicz, M. M. Szutowski, Wartość diagnostyczna włosów, *Biul. Wydz. Farm. WUM*. 8 (2013).
- [6] M. Dobosz, B. K. Szostko, Wpływ czynników chemicznych na strukturę i budowę włosów ludzkich, *Wiadomości Chem.* 74 (2020) 7–8.