

Tomasz Szczepański
Anna Chyczewska
Krzysztof Klemczak

Odpowiedź spektralna śladów linii papilarnych ujawnionych metodą cyjanoakrylową i skontrastowanych barwnikami Ardrex i Safranina O na wybranych podłożach

Wstęp

Pomimo szybkiego rozwoju nauki i techniki ślady daktyloskopijne nadal stanowią wartościowe dowody, po które chętnie sięgają organy dochodzeniowo-śledcze w procesie wykrywczym. Wynika to zarówno ze stosunkowo niskich kosztów badań daktyloskopijnych, w przeciwieństwie do innych badań identyfikacyjnych, jak i dobrze ugruntowanej w tym zakresie wiedzy funkcjonariuszy śledczych. Od przeszło 100 lat funkcjonowania daktyloskopii na ziemiach polskich wciąż istnieje potrzeba opracowywania nowych metod ujawniania śladów daktyloskopijnych, jak również doskonalenia już stosowanych. Daktyloskopia, i cała kryminalistyka, nie może opierać się na intuicji i przeczuciu. Zarówno ogólne założenia, jak i konkretne rozwiązania muszą bazować na naukowym, empirycznym podejściu do problemu. Badania kryminalistyczne, na podstawie których podejmuje się czynności procesowe, muszą opierać się na powszechnie akceptowanych, ugruntowanych i dobrze udokumentowanych podstawach naukowych. Zdarza się w procesie wykrywczym, że przeczucie funkcjonariusza organów dochodzeniowo-śledczych pomaga w przeprowadzeniu czynności, jednak konkretne i wiarygodne ustalenia lub dowody decydują o ich przebiegu, a w efekcie wpływają na końcowy rezultat prowadzonego postępowania.

Niniejsza praca ma na celu poszerzenie wiedzy dotyczącej stosowania metody cyjanoakrylowej (CA) oraz barwników kontrastujących Ardrex (A) i Safranina O (S).

Metoda cyjanoakrylowa jest stosowana w procesie wizualizacji śladów daktyloskopijnych już od kilkudziesięciu lat. W celu zwiększenia czułości stosowanej metody cyjanoakrylowej przez lata opracowano lub zaadaptowano z innych dziedzin nauki substancje (barwniki), które w postaci roztworów, zawiesin lub stosowanych bezpośrednio proszków, a nawet jako sublimaty, wykorzystywane są do kontrastowania polimeru cyjanoakrylowego¹. Na typowych podłożach niechłonnych w polskich policyjnych laboratoriach kryminalistycznych powszechnie stosowana jest sekwencja ujawniania śladów: metoda cyjanoakrylowa – barwnik Ardrex – barwnik Safranina O². Przeprowadzone badania pozwoliły na określenie w jakich zakresach widzialne promieniowanie elektromagnetyczne jest absorbowane, odbijane lub rozpraszane, a także

w przypadku fluorescencji emitowane przez powierzchnię, na której znajdują się ślady linii papilarnych. Powyższe zjawiska fizyczne można w skrócie określić jako odpowiedź spektralną badanych próbek – SR (*spectral response*). W badaniach określona została odpowiedź spektralna śladów daktyloskopijnych ujawnionych na typowych podłożach niechłonnych poddanych procesowi wizualizacji wymienionymi wyżej metodami. Wyniki tych badań, z uwagi na fakt, że w literaturze przedmiotu brak jest podobnych opracowań, z pewnością mogą przyczynić się do poszerzenia wiedzy. W rezultacie badania te zwiększą skuteczność badań wizualizacyjnych rozumianą jako działania podejmowane na podstawie właściwych decyzji i prowadzące do osiągnięcia założonych celów.

Opracowania na temat fluorescencyjnych metod ujawniania zawierają jedynie ogólne informacje dotyczące zakresów absorpcji oraz emisji fluorescencji, a wskazane pasma promieniowania są mało precyzyjne. W przypadku innych metod, opracowania nie zawierają jakichkolwiek informacji dotyczących właściwości spektralnych stosowanych środków, a podjęte działania ukierunkowane na skuteczne ujawnienie śladów (m.in. dobór oświetlenia) bazują na doświadczeniu opartym na percepcji wzrokowej.

Cel pracy

Celem głównym przeprowadzonych badań było pogłębienie wiedzy na temat wizualizacji śladów daktyloskopijnych z zastosowaniem metody cyjanoakrylowej oraz kontrastujących barwników na różnych podłożach.

Przeprowadzone badania praktyczne koncentrowały się na odpowiedzi spektralnej w zakresie widzialnym próbek w postaci odwzorowań linii papilarnych ujawnionych metodą cyjanoakrylową, a następnie skontrastowanych barwnikami Ardrex i Safranina O. Wybrane metody zostały przebadane, zarówno w sekwencji, jak i każda oddzielnie, na pięciu rodzajach typowych podłoży niechłonnych.

W pierwszym etapie badań uzyskane wyniki pozwoliły wskazać, na jakich podłożach zastosowanie wyłącznie metody cyjanoakrylowej jest nieskuteczne. Następnie zostały scharakteryzowane spektralnie (zarówno w trybie odbiciowym, jak i fluorescencyjnym) barwniki kontrastujące

cyjanoakrylan – Ardrex i Safranina O. Pozwoliło to na precyzyjne wybranie optymalnych zakresów promieniowania wzbudzającego dla badanych barwników cyjanoakrylanu oraz dobór odpowiednich filtrów odcinających, z uwzględnieniem odpowiedzi spektralnej podłoża.

Zweryfikowane zostało także założenie, czy powszechnie stosowana w policyjnych laboratoriach kryminalistycznych sekwencja barwników kontrastujących cyjanoakrylan Ardrex – Safranina O jest uzasadniona, czy też bardziej skuteczne jest stosowanie barwników pojedynczo.

Podstawy teoretyczne

Ślady linii papilarnych

Dobrze ugruntowane podstawy naukowe oraz wieloletnia praktyka potwierdzają przydatność daktyloskopii w indywidualnej identyfikacji człowieka. Ślady linii papilarnych powstają w wyniku kontaktu skóry człowieka z podłożem. Ze względu na mechanizm powstawania wyróżnia się dwa rodzaje śladów: odbitki (odwarstwione, nawarstwione) oraz odciski. Substancjami śladotwórczymi mogą być: wydzielina gruczołów wydzielniczych skóry (ekrynowych, apokrynowych, łojowych), krew, płyny ustrojowe, oleje, smary, farby, inne zanieczyszczenia³. Najczęściej występującymi śladami linii papilarnych są odbitki nawarstwione, powstałe w wyniku przeniesienia substancji potowo-tłuszczowej ze skóry na podłoże. Skład substancji śladotwórczej obok podłoża odgrywa dominującą rolę w planowaniu badań wizualizacyjnych.

Podłoża

Podłoża stanowiące nośniki śladów linii papilarnych ogólnie można podzielić na dwie podstawowe grupy – chłonne i niechłonne. Cechą charakterystyczną podłoży niechłonnych jest ich struktura, której zwartość i nieprzepuszczalność sprawia, że na powierzchni podłoża pozostaje substancja śladotwórcza. Ślady na podłożach niechłonnych są mniej trwałe od śladów pozostawionych na podłożach chłonnych, łatwiej mogą ulec zatarciu lub zniszczeniu. Do najczęściej spotykanych powierzchni niechłonnych należą: szkło, tworzywa sztuczne, metale, powierzchnie lakierowane i emaliowane. Podłoża chłonne, ponieważ nie są przedmiotem niniejszego opracowania, nie będą opisane.

Metody ujawniania śladów linii papilarnych na podłożach niechłonnych

Do wizualizacji śladów daktyloskopijnych i poprawy ich czytelności technika kryminalistyczna wykorzystuje różne zjawiska fizyczne, reakcje chemiczne, a nawet niektóre

procesy biologiczne. W celu ujawnienia śladów na podłożach niechłonnych stosuje się metody optyczne, metody adhezyjne (np. proszki daktyloskopijne), metody chemiczne (np. RTX), metody fizykochemiczne (np. polimeryzacja cyjanoakrylanów), metody fluorescencyjne (np. Ardrex, Safranina O).

Metody optyczne

Metody optyczne powinny być stosowane zawsze w pierwszej kolejności przed pozostałymi metodami⁴. Umożliwia to bezinwazyjne ujawnienie śladów i chroni ślad oraz podłoże przed jakąkolwiek zmianą lub zniszczeniem. Metoda ta umożliwia zastosowanie innych technik ujawniania. Niejednokrotnie uważa obserwacja badanych powierzchni pozwala na stwierdzenie czytelnych śladów linii papilarnych. Do metod optycznych zalicza się oświetlenie badanego przedmiotu światłem naturalnym lub sztucznym żarowym pod odpowiednim kątem, a także oświetlenie badanego przedmiotu światłem sztucznym zmiennym i uwidocznienie śladu dzięki wykorzystaniu zjawisk fluorescencji lub absorpcji. W tym celu podłoże oświetla się promieniowaniem o różnych zakresach długości fali, a ślady obserwuje się przez odpowiednio dobrane filtry.

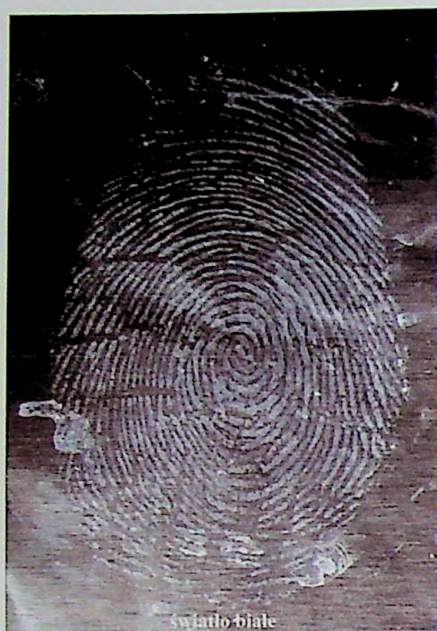
Metoda cyjanoakrylowa

Metoda cyjanoakrylowa jest stosowana głównie do ujawniania śladów linii papilarnych na podłożach niechłonnych, ale również na podłożach chłonnych o dużym stopniu gładkości. Wykorzystuje ona osadzenie się na powierzchni śladu par estrów kwasu cyjanoakrylowego, które pod wpływem wilgoci zawartej w substancji potowo-tłuszczowej utralają się, tworząc białoszary osad⁵ (ryc. 1). Polimer cyjanoakrylowy nie ma znaczących pasm absorpcji promieniowania w zakresie widzialnym, w większości je rozprasza, wobec czego wybór oświetlenia powinien być podyktowany barwą podłoża⁶. W celu poprawy kontrastu ujawnianych śladów nanosi się barwniki fluorescencyjne (np. Ardrex, Safranina O, Basic Red 28, Basic Yellow 40), traktując je jako dopełnienie metody cyjanoakrylowej.

Barwniki fluorescencyjne kontrastujące cyjanoakrylan

Ślady daktyloskopijne ujawnione metodą cyjanoakrylową często wykazują niewielki kontrast z podłożem. W celu poprawienia czytelności tych śladów stosuje się kontrastowanie z użyciem barwników w postaci proszków daktyloskopijnych lub roztworów. Wykorzystanie barwników fluorescencyjnych pozwala na zwiększenie czułości metody, a co za tym idzie obniżenie progu detekcji. W daktyloskopii wykorzystuje się różne barwniki, np.: Ardrex, Safranina O, Basic Red 28, Basic Yellow 40.

Ardrex (Ardrex P133D, Ardrex 970 – P-10) jest nazwą handlową wykorzystywanego w przemyśle barwnika wykazującego fluorescencję przy wzbudzaniu promieniowa-



Ryc. 1. Ślad linii papilarnych na folii aluminiowej ujawniony metodą cyjanoakrylową w świetle białym
Fig. 1. Latent fingerprint on aluminium foil developed with cyanoacrylate, in white light

Źródło (nrc. 1–13): autorzy



Ryc. 2. Ślad linii papilarnych na folii aluminiowej ujawniony metodą cyjanoakrylową i skonstrastowany barwnikiem fluorescencyjnym Ardrox w świetle białym oraz promieniowaniu UV

Fig. 2. Latent fingerprint on aluminium foil developed with cyanoacrylate and contrasted with Ardrex fluorescent dye, in white and UV light

niem ultrafioletowym, intensywnie adsorbowanego przez polimer cyjanoakrylanów, wobec czego stosowanego na podłożach niechłonnych (ryc. 2). Ardrox występuje w postaci żółtej oleistej cieczy. Nie wykazuje właściwości cancerogennych i jest stosunkowo bezpieczny, może jednak powodować podrażnienia skóry⁷. Roztwór Ardroku (barwnik + 2-propanol lub etanol) nanosi się przez natrysk, zanurzenie lub polanie. Po blisko minucie nadmiar odczynnika należy spłukać bieżącą wodą. Rezultaty obserwuje się w świetle UV przez okulary bezbarwne, chroniące przed UV. W niektórych przypadkach można rozszerzyć zakres oględzin do światła niebieskiego. Przed zastosowaniem kolejnej w sekwencji metody kontrastowania fluorescencyjnego należy spłukać barwnik, np. 2-propanolem lub etanolem. Ardrox może być również używany jako składnik roztworu przeznaczonego do ujawniania śladów daktyloskopijnych na taśmach klejących o ciemnym zabarwieniu⁸.

Safranina O (Safranina T, 3,7-diamino 2,8-dimetylofenylofenzynowy chlorek, Gossypimina, Basic Red 2) to nazwa handlowa barwnika wykazującego fluorescencję przy wzbudzaniu promieniowaniem elektromagnetycznym w zakresie światła niebieskozielonego o długości fali 505–530 nm, intensywnie adsorbowanego przez polimer cyanoakrylanów (ryc. 3). Safranina w postaci stałej stosowana jest do sporządzania roztworów roboczych opartych na bazie rozpuszczalników organicznych służących do kontrastowania śladów ujawnionych metodą cyanoakrylową na podłożach niechłonnych. Safraninę O nanosi się przez natrysk, zanurzenie lub polanie. W przeciwieństwie do Ardroksu nie należy spłukiwać jej nadmiaru.

Po przesuszeniu ślady obserwuje się w promieniowaniu w zakresie 505–530 nm, stosując filtry krawędziowe odcinające 550–590 nm. Przed zastosowaniem kolejnej metody kontrastowania fluorescencyjnego należy spłukać barwnik, np. 2-propanolem lub etanolem.

Obrazowanie hiperspektralne: *Chemical Imaging* (CI)

Obrazowanie hiperspektralne jest metodą, która łączy w sobie funkcję cyfrowej rejestracji obrazu oraz molekularnej spektroskopii. Otrzymany wynik to obraz badanej powierzchni zawierający dane przestrzenne badanej powierzchni (dwuwymiarowa płaszczyzna: x , y) oraz dane dotyczące odpowiedzi spektralnych powierzchni⁹. Koncepcję rejestracji obrazów hiperspektralnych przedstawia rycina 4.

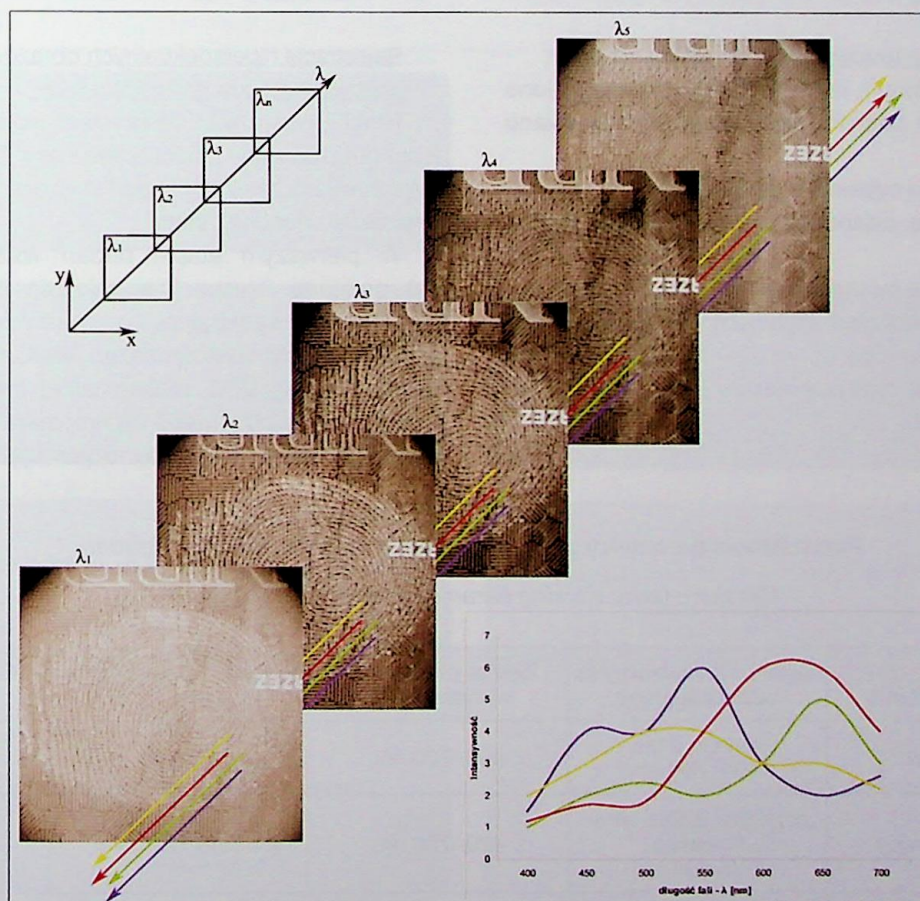
Badania własne

Ślady linii papilarnych pozostawione na wybranych podłożach oraz metody ujawniania wykorzystane w niniejszym opracowaniu dobrano na podstawie materiału badawczego spotykanego w codziennej praktyce polskich policyjnych laboratoriów kryminalistycznych. W celu dokonania pomiarów absorpcji lub fluorescencji próbek wykorzystano urządzenie do rejestracji hiperspektralnych obrazów wyposażone w kamerę CCD oraz dostrajalny ciekłokrystaliczny spektrometr (LCTF).



Ryc. 3. Ślad linii papilarnych na folii aluminiowej ujawniony metodą cyanoakrylową i skontrastowany barwnikiem fluorescencyjnym Safranina O, w świetle białym oraz promieniowaniu o długości fali 505 nm z filtrem pomarańczowym

Fig. 3. Latent fingerprint on aluminium foil developed with cyanoacrylate and contrasted with Safranin O fluorescent dye, in white light and 505 nm radiation with use of orange filter



Ryc. 4. Koncepcja rejestracji obrazów hiperspektralnych

Fig. 4. Concept for acquisition of CI images

Metodyka prowadzonych badań

Materiał badawczy – ślady linii papilarnych

Ślady linii papilarnych na wszystkich próbkach pozostawiano w jednakowy sposób. Wielki palec prawej ręki jednej osoby przecierano płatkami kosmetycznym nasączonym 96% alkoholem etylowym i pozostawiano do wyschnięcia (około 10 sekund). Następnie palec umieszczano na poduszce daktyloskopijnej nasączonej tzw. sztuczną substancją potową (Latent Print Reference Pad – Amino Acid Based, Lighting Powder Co.), przykładano otometr do palca i dociskano skierowaną pionowo pod kątem 90° w stosunku do palca siłą 10 N przez 2 sekundy. Palec umieszczano na próbkach i ponownie przykładano do niego otometr i dociskano z siłą 10 N przez 2 sekundy. Przed nanoszeniem śladów na kolejne podłoża przecierano opuszkę palca płatkami kosmetycznym nasączonym 96% alkoholem etylowym.

Badane podłoża

Wybrano pięć typowych podłoży o powierzchniach niechłonnych, o różnej strukturze oraz barwie: plastik koloru białego, bezbarwną torebkę z zapięciem strunowym, brązową taśmę klejącą typu pakowego, bezbarwne szkło, folię aluminiową.

Metody ujawniania testowych śladów linii papilarnych

Na każdym badanym rodzaju podłoża pozostawiono po cztery ślady linii papilarnych, a następnie ujawniano metodami:

- polimeryzacja cyjanoakrylanów (CA),
- polimeryzacja cyjanoakrylanów – barwnik Ardrex (CA – A),
- polimeryzacja cyjanoakrylanów – barwnik Ardrex – płukanie alkoholem etylowym – barwnik Safranina O (CA – A – S),
- polimeryzacja cyjanoakrylanów – barwnik Safranina O (CA – S).

Skróty literowe występujące w niniejszym opracowaniu oznaczają odpowiednio: CA – metoda cyjanoakrylowa, A – barwnik Ardrex, S – barwnik Safranina O, a ich łączne występowanie oznacza zastosowaną sekwencję ujawniania.

Próbki po 24 godzinach poddano procesowi polimeryzacji cyjanoakrylanów w dedykowanej dla tej metody komorze (producent: Mason Vactron), ustawiając parametry pracy: wilgotność 80%, temperatura płytki grzewczej 100°C.

Na dwie serie próbek naniesiono etanolowy roztwór Ardrexu. Następnie z jednej z tych dwóch serii próbek spłukano barwnik Ardrex alkoholem etylowym i na nie oraz serię uzyskaną bezpośrednio po metodzie cyjanoakrylowej naniesiono etanolowy roztwór barwnika Safraniny O. Receptury roztworów barwników dobrano na podstawie standardowo stosowanych procedur w polskich policyjnych laboratoriach kryminalistycznych.

W celu ustalenia, czy barwnik cyjanoakrylanu Ardrex ma istotny wpływ na kolejno stosowany w sekwencji barwnik Safraninę O porównano próbki w sekwencji metod:

- polimeryzacja cyjanoakrylanów – barwnik Ardrex – płukanie alkoholem etylowym – barwnik Safranina O (CA – A – S),
- polimeryzacja cyjanoakrylanów – barwnik Safranina O (CA – S).

Rejestracja hiperspektralnych obrazów ujawnionych testowych śladów linii papilarnych

Próbki rejestrowano z użyciem hiperspektralnego systemu obrazowania Condor (producent: ChemImage Corp.). Rejestracji obrazów dokonano w trzech trybach pracy, które przedstawiono w tabeli 1.

W pierwszym etapie badań wszystkie serie próbek poddano rejestracji w zakresie 400–720 nm, przy rozdzielczości spektralnej 7 nm, z użyciem białego światła oświetlacza kryminalistycznego MiniCrimescope ustawionego na około 25% maksymalnej intensywności światła. W efekcie otrzymano hiperspektralne obrazy próbek składające się z 47 pojedynczych ujęć każdy (wariant I,

Tabela 1

Podstawowe parametry pracy urządzenia Condor w trakcie badań

Condor – basic working parameters during examination

	Tryb pracy urządzenia	Zakres promieniowania wzbudzającego	Zakres pracy spektrometru LCTF	Krok pracy spektrometru LCTF	Czas naświetlania kamery CCD
1.	odbiciowy	światło białe 400–700 nm	400–720 nm	7 nm	1 s
2.	fluorescencyjny	promieniowanie ultrafioletowe 300–400 nm	420–720 nm	7 nm	10 s
3.	fluorescencyjny	światło zielone 515 nm	550–720 nm	7 nm	10 s

Źródło (tab. 1–3): opracowanie własne

III, V, VII – ryc. 5). W celu wyeliminowania różnic w intensywności oświetlenia powierzchni próbek zarejestrowano powierzchnię certyfikowanego wzorca odbicia, ustawiając takie same parametry i warunki oświetlenia. W badaniach wykorzystano wzorzec charakteryzujący się zdolnością do obicia 99% padającego promieniowania (numer seryjny OC91C-4071, producent: Labsphere). Następnie wszystkie zarejestrowane hiperspektralne obrazy próbek poddano funkcji dzielenia przez hiperspektralny obraz wzorca odbicia, wykorzystując matematyczną funkcję oprogramowania sprzętu – *DIVIDE*.

W drugim etapie badań próbki wszystkich badanych podłoży po zastosowaniu sekwencji metod: polimeryzacja cyjanoakrylanów – barwnik Ardrex, zarejestrowano w zakresie 420–720 nm, przy rozdzielczości spektralnej 7 nm, z użyciem promieniowania w zakresie 300–400 nm oświetlacza kryminalistycznego MiniCrimescope ustawionego na około 25% maksymalnej intensywności światła. W efekcie otrzymano hiperspektralne obrazy próbek składające się z 44 pojedynczych ujęć każdy (wariant II – ryc. 5).

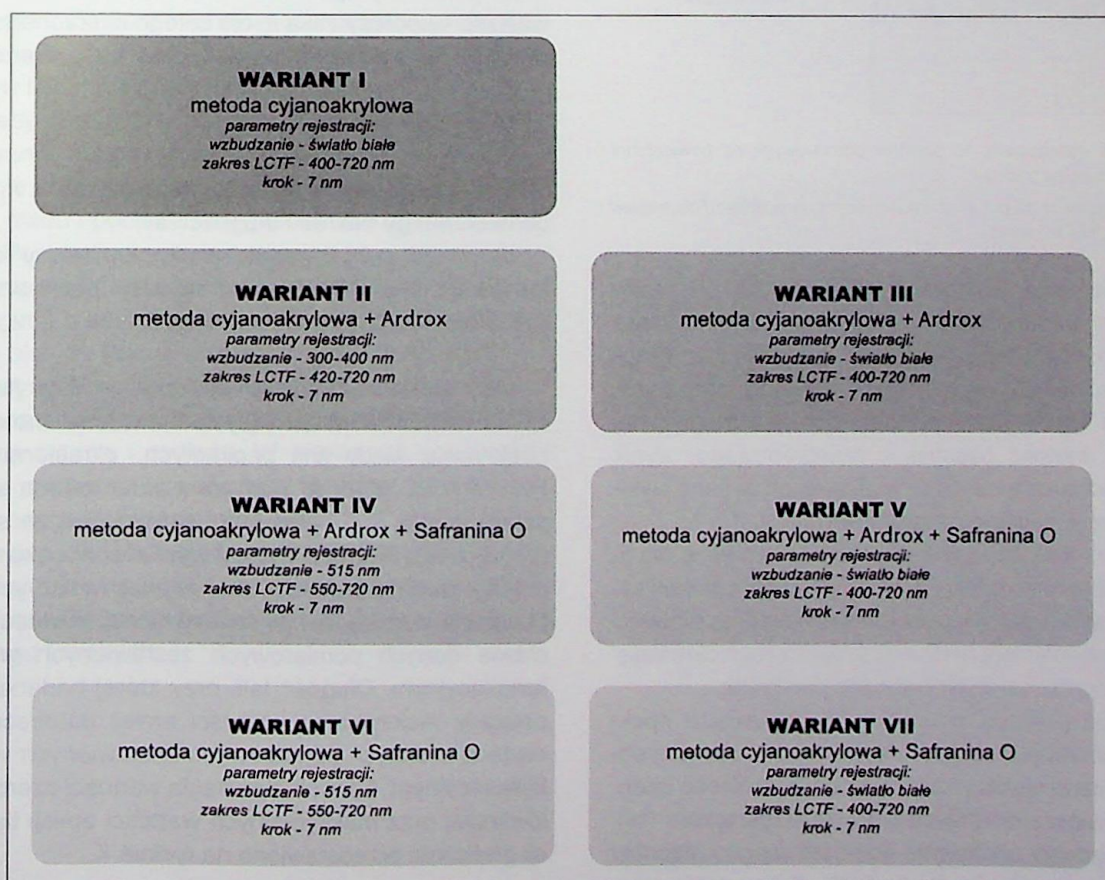
W trzecim etapie badań próbki wszystkich badanych podłoży po zastosowaniu sekwencji metod: polimeryzacja cyjanoakrylanów – barwnik Ardrex – płukanie alkoholem etylowym – barwnik Safranina O oraz polimeryzacja cyjanoakrylanów – barwnik Safranina O, zarejestrowano w za-

kresie 550–720 nm, przy rozdzielczości spektralnej 7 nm, z użyciem promieniowania w zakresie 515 nm oświetlacza kryminalistycznego MiniCrimescope ustawionego na około 25% maksymalnej intensywności światła. W efekcie otrzymano hiperspektralne obrazy próbek składające się z 26 pojedynczych ujęć każdy (wariant IV, VI – ryc. 5).

W celu zminimalizowania wpływu zakłóceń wynikających z pracy sprzętu, tzw. odpowiedzi sprzętowej, mogących powodować zniekształcenia otrzymanych danych pomiarowych (np. tzw. złe piksele, szum termiczny itp.), wszystkie otrzymane hiperspektralne obrazy poddano wstępnemu procesowi obróbki z użyciem narzędzi oprogramowania ChemImage Xpert: *NORMALISATION* oraz *ZERO OFFSET*^o.

Zbieranie, weryfikacja danych i opracowanie statystyczne

Z każdego zarejestrowanego i wstępnie przetworzonego obrazu losowo wytypowano obszary do pomiaru intensywności wyrażanej w cyfrowej skali szarości – 10 obszarów znajdujących się w obrębie listewek skórnych oraz 10 obszarów znajdujących się w obrębie bruzd. Przykładowy wybór obszarów pomiarowych przedstawiono na rycinie 6.



Ryc. 5. Schemat przedstawiający wykorzystane w badaniach warianty rejestracji obrazów wraz z parametrami

Fig. 5. Image acquisition options used during examination



Ryc. 6. Sposób wyznaczania 10 punktów pomiarowych na powierzchni ujawnionego śladu oraz podłoża

Fig. 6. Determination of 10 points of measurement on surface of developed latent fingerprint and the exhibit

Następnie dane liczbowe z otrzymanych obszarów pomiarowych przeniesiono do arkusza kalkulacyjnego programu Microsoft Excel i poddano wstępnej weryfikacji danych. Założono, że w przypadku, gdy otrzymany wynik danej próbki będzie różnił się od średniej arytmetycznej bardziej niż wartość odchylenia standardowego, wynik taki będzie odrzucany. Jednak wszystkie otrzymane wyniki mieściły się w założonych granicach.

W arkuszu kalkulacyjnym wyliczono, oddzielnie dla listewek oraz bruzd i podłoża, wartości średniej arytmetycznej dla wszystkich próbek przy każdej mierzonej długości fali, a także wartości odchylenia standardowego określające precyzję pomiarów wytypowanych obszarów.

Typowanie punktów pomiarowych odpowiedzi spektralnej analizowanych obrazów, z których wyliczono średnie arytmetyczne wykazywało dużą powtarzalność intensywności (w większości przypadków nie przekraczała 1%). Obliczone wartości odchylenia standardowego osiągnęły maksymalne wartości dla śladu: 3,4% (folia – safranina, światło białe) i dla podłoża: 3,6% (plastik – safranina, promieniowanie 515 nm).

W celu określenia różnicy w odpowiedzi spektralnej – SR, pomiędzy ujawnionym śladem w miejscach występowania listewek skórných a podłożem w miejscach występowania bruzd obliczono współczynnik R_λ oznaczający różnicę bezwzględnych wartości intensywności wyrażoną w cyfrowej skali szarości przy określonej długości fali, według równania (1):

$$R_\lambda = |I_s - I_p| \quad (1)$$

R_λ – współczynnik określający różnicę intensywności w cyfrowej skali szarości pomiędzy śladem a podłożem, przy określonej długości fali – λ ,

I_s – zmierzona i uśredniona wartość intensywności w cyfrowej skali szarości powierzchni próbki w miejscu występowania odbitek listewek skórných (ślad), przy określonej długości fali – λ ,

I_p – zmierzona i uśredniona wartość intensywności w cyfrowej skali szarości powierzchni próbki w miejscu występowania bruzd (podłoże), przy określonej długości fali – λ .

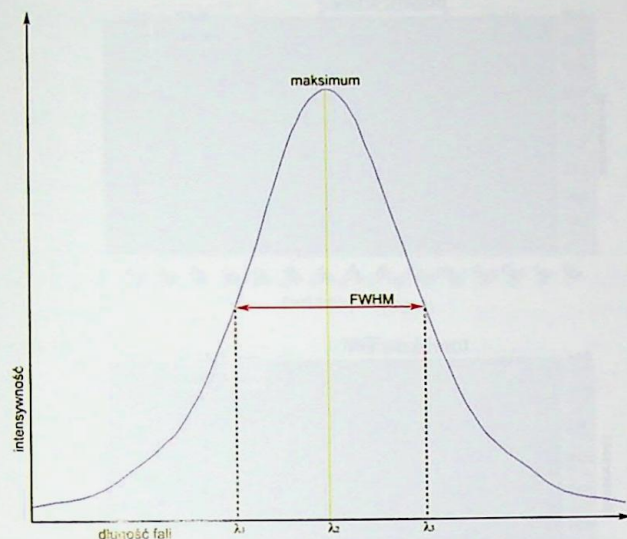
W celu liczbowego wyrażenia różnicy w spektralnych właściwościach badanych próbek pomiędzy śladem w miejscach odbicia listewek skórných a podłożem w miejscach występowania bruzd zsumowano wyliczone wartości współczynnika R_λ dla całego mierzonego zakresu długości fali wszystkich próbek, otrzymując wartość ΣR .

$$\Sigma R = R_{\lambda_1} + R_{\lambda_2} + R_{\lambda_3} + \dots + R_{\lambda_n} \quad (2)$$

ΣR – zsumowane wartości współczynnika R_λ dla całego mierzonego zakresu długości fali,

$R_{\lambda_1}, R_{\lambda_2}, R_{\lambda_3}, R_{\lambda_n}$ – współczynnik określający różnicę intensywności w cyfrowej skali szarości pomiędzy śladem a podłożem, przy określonej długości fali – $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_n$.

Aby scharakteryzować widmową emisję fluorescencji barwników kontrastujących ujawnione metodą cyjanoakrylową ślady linii papilarnych, określono wartości FWHM (*Full Width at Half Max*) oznaczające szerokość pasma emisji w połowie jego wysokości (tzw. szerokość półówkowa). Wartości FWHM wyznaczono jako odległość między dwoma punktami na krzywej, w których funkcja przyjmuje połowę swojej maksymalnej wartości na podstawie danych pomiarowych zestawionych w arkuszu kalkulacyjnym. Długość fali, przy której badane barwniki osiągały maksymalne wartości emisji fluorescencji, odczytano z danych pomiarowych zestawionych w arkuszu kalkulacyjnym. Sposób określania wartości szerokości półówkowej oraz maksymalnych wartości emisji fluorescencji graficznie przedstawiono na rycinie 7.



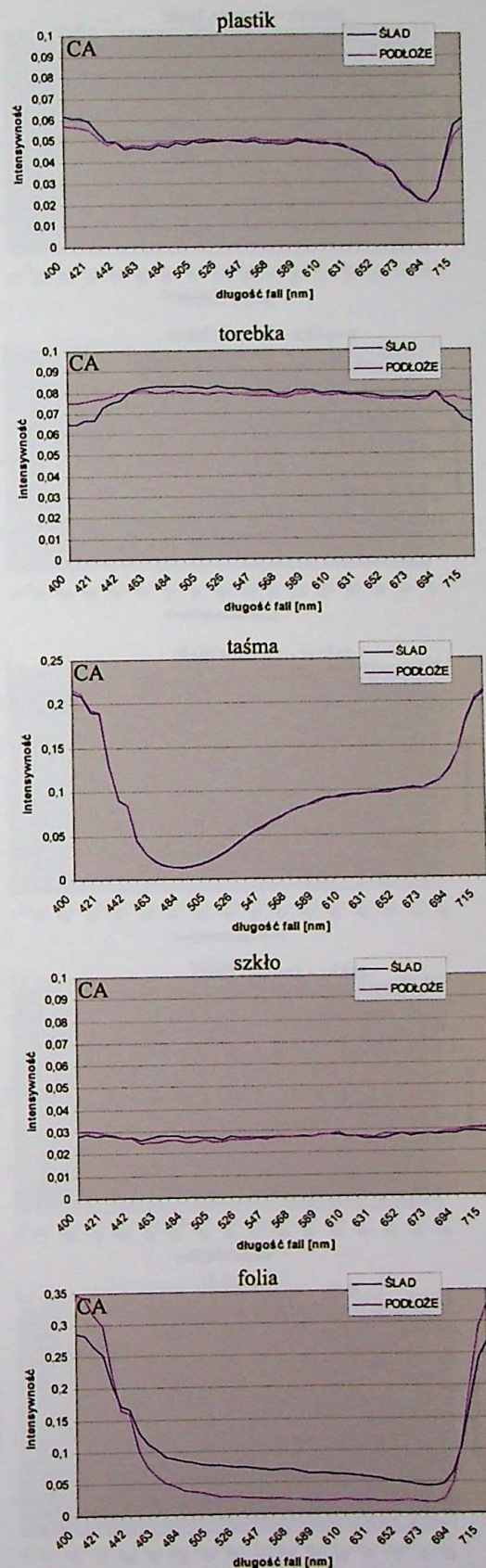
Ryc. 7. Graficzne przedstawienie sposobu wyznaczania wartości szerokości pasma w połowie wysokości – FWHM – oraz maksymalnej wartości emisji fluorescencji

Fig. 7. Graphical representation of determination of Full Width at Half Max (FWHM) and maximum value fluorescence

Analiza wyników

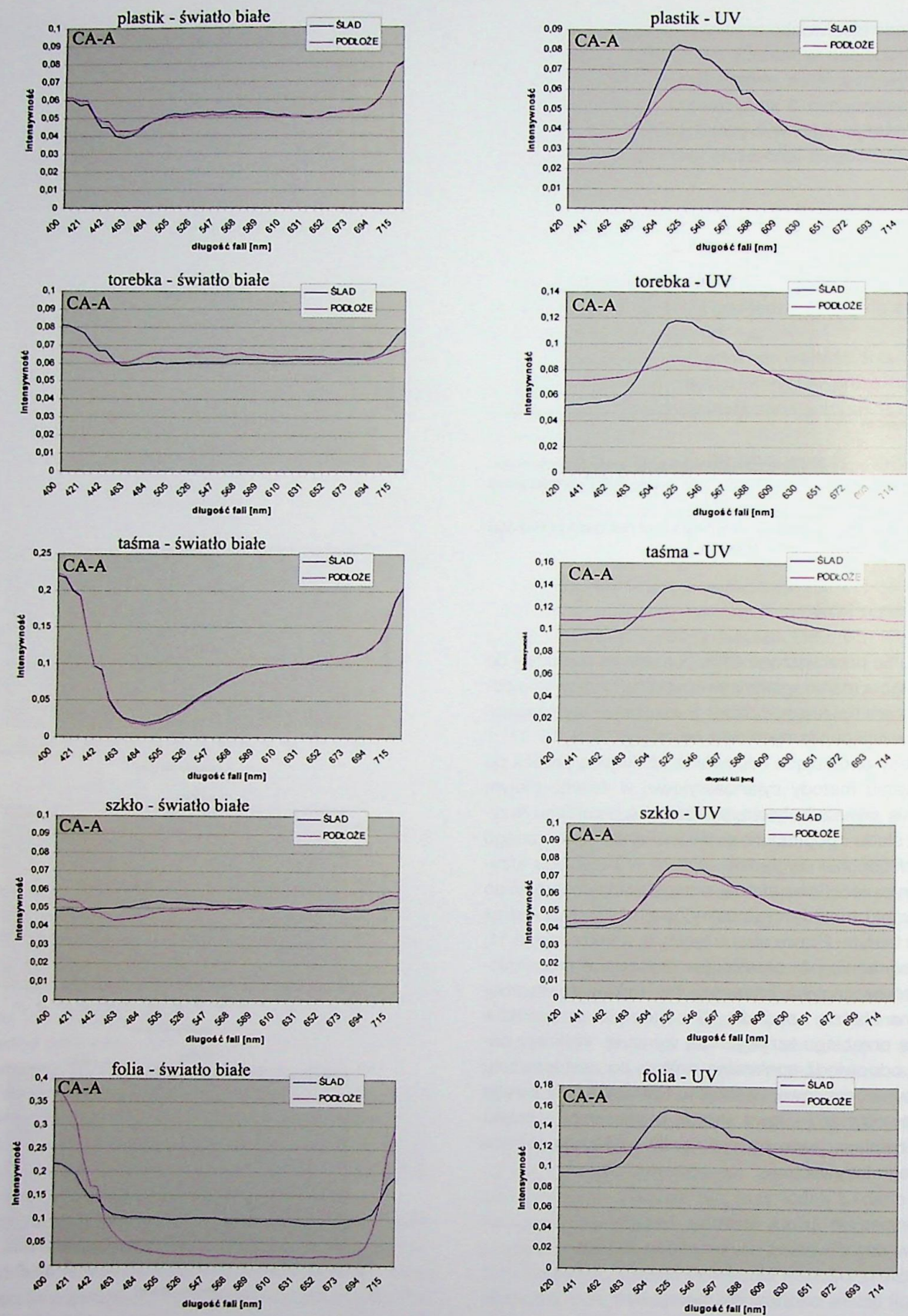
Wstępnie przetworzone dane pomiarowe posłużyły do zobrazowania różnic w intensywności promieniowania odbitego lub emitowanego próbek w miejscach występowania śladów linii papilarnych oraz bruzd (ryc. 8, 9, 10, 11).

Wykresy obrazujące odpowiedź spektralną próbek po zastosowaniu metody cyjanoakrylowej w świetle białym (ryc. 8) nie wykazują istotnych różnic w przebiegu krzywych dla śladu i podłoża (z wyjątkiem śladu ujawnionego na folii). Podobnie wyglądają różnice w przebiegu krzywych na rycinie 9 (lewa strona) przedstawiającej próbki po zastosowaniu metody cyjanoakrylowej i barwnika Ardrex w świetle białym. Prawa strona ryciny 9, a także rycina 11, ukazują wyraźnie piki określające emitowane promieniowanie fluorescencyjne badanych barwników zaadsorbowanych na śladzie i podłożu. W większości przypadków różnice w przebiegu krzywych są wyraźne. Wykresy obrazujące odpowiedź spektralną próbek po zastosowaniu metody cyjanoakrylowej i barwnika Safranina O w świetle białym (pojedynczo – lewa strona, w sekwencji – prawa strona), zamieszczone na rycinie 10, wykazują różnice w przebiegu krzywych.



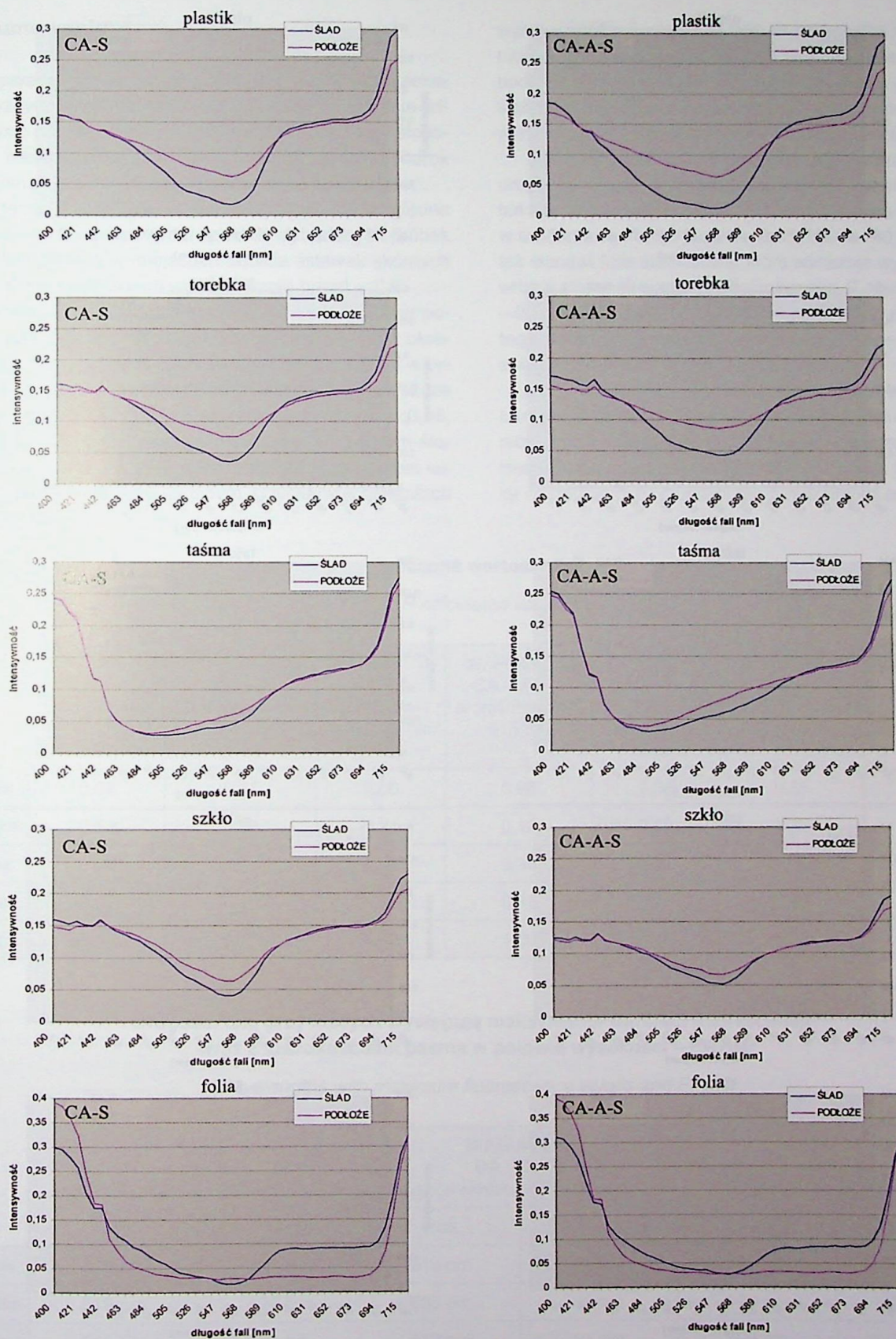
Ryc. 8. Wykresy przedstawiające różnice w odpowiedzi spektralnej próbek po zastosowaniu metody cyjanoakrylowej – światło białe

Fig. 8. Plots demonstrating differences in spectral response of samples following cyanoacrylate treatment; white light



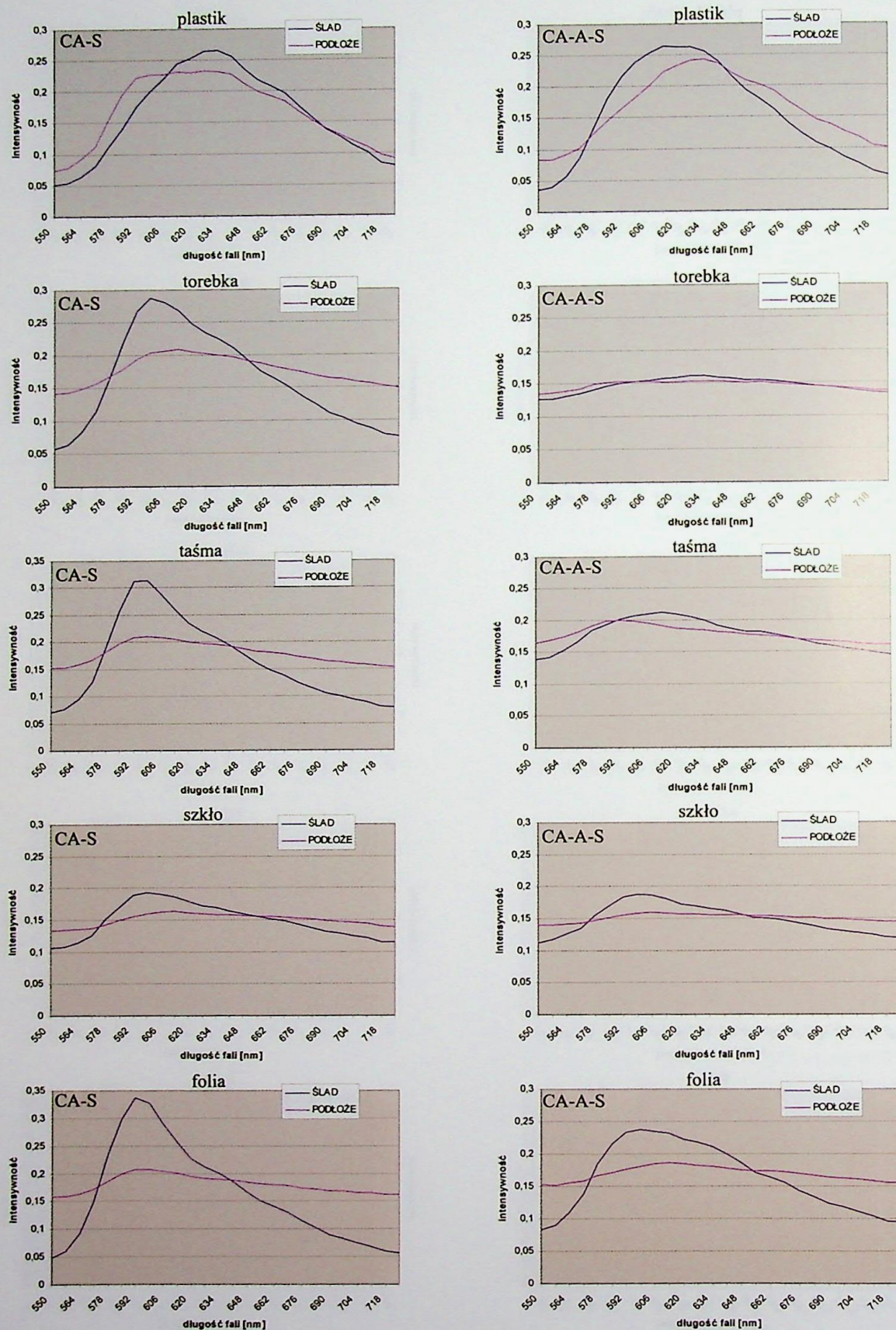
Ryc. 9. Wykresy przedstawiające różnice w odpowiedzi spektralnej próbek po zastosowaniu metody cyjanoakrylowej i barwnika Ardorx; światło białe – lewa strona, promieniowanie UV – prawa strona

Fig. 9. Plots demonstrating differences in spectral response of samples following cyanoacrylate and Ardorx treatment; white light (left) and UV light (right)



Ryc. 10. Wykresy przedstawiające różnice w odpowiedzi spektralnej próbek po zastosowaniu metody cyjanoakrylowej i barwnika Safranina O (lewa strona) oraz sekwencji metod: cyjanoakrylowa – Ardrex – Safranina O (prawa strona) – światło białe

Fig. 10. Plots demonstrating differences in spectral response of samples following cyanoacrylate – Safranin O treatment (left) and cyanoacrylate – Ardrex – Safranin O treatment (right); white light



Ryc. 11. Wykresy przedstawiające różnice w odpowiedzi spektralnej próbek po zastosowaniu metody cyjanoakrylowej i barwnika Safranina O (lewa strona) oraz sekwencji metod: cyjanoakrylowa – Ardrex – Safranina O (prawa strona) – promieniowanie 515 nm

Fig. 11. Plots demonstrating differences in spectral response of samples following cyanoacrylate and Safranin O treatment (left) and cyanoacrylate – Ardrex – Safranin O (right); 515 nm radiation

Podsumowanie

Uzyskane wyniki badań pozwalają na dokładne scharakteryzowanie właściwości spektralnych w zakresie widzialnym promieniowania elektromagnetycznego stosowanej metody cyjanoakrylowej oraz barwników Ardrex i Safranina O, zarówno w sekwencji, jak i pojedynczo.

W tabeli 2 przedstawiono zsumowane bezwzględne wartości różnicy odpowiedzi spektralnej badanych próbek pomiędzy śladem w miejscach odbicia listewek skórných a podłożem w miejscach występowania bruzd – ΣR .

Zastosowanie wyłącznie metody cyjanoakrylowej powoduje uzyskanie niskich wartości współczynnika R określającego różnicę wartości intensywności wyrażonej w cyfrowej skali szarości. Otrzymane wyniki osiągają najniższe wartości dla szkła, taśmy i plastiku (odpowiednio: 0,05, 0,06, 0,07), co przejawia się niewielkim kontrastem śladów ujawnianych na tych podłożach. Ślady są dopiero widoczne przy oświetleniu ukośnym. Uzyskany w badaniach

wynik współczynnika $R = 1,80$ w przypadku folii aluminiowej może być spowodowany wysoką refleksyjnością podłoża. Zjawisko to jest obserwowane także przy pozostałych zastosowanych metodach kontrastowania śladów w świetle białym, w szczególności po sekwencji CA – A.

Odwzorowania linii papilarnych skonstrastowane Ardrexem osiągają wyższe wartości współczynnika R w trybie fluorescencyjnym (np. plastik – 0,41, taśma – 0,51) niż w świetle białym (np. plastik – 0,05, taśma – 0,06). Wyjątek stanowi folia aluminiowa, która wykazuje wyraźnie odwrotny stosunek wartości współczynnika R , (fluorescencja – 0,73, światło białe – 3,42), co może wynikać ze specyfiki tego podłoża. W przypadku szkła otrzymane wyniki są zbliżone do siebie w obydwu trybach.

Zgodnie z regułą Stokes'a emisja fluorescencji obu barwników następuje przy większej długości fali niż promieniowanie wzbudzające. Dla Ardrexu wzbudzonego promieniowaniem w zakresie 300–400 nm emisja fluorescencji następuje przy długości fali z maksimum oscylującym

Tabela 2

Obliczone wartości ΣR

ΣR calculated values

	WARIANT I CA światło białe 400–700 nm (VIS)	WARIANT II CA – A promieniowanie 300–400 nm (UV)	WARIANT III CA – A światło białe 400–700 nm (VIS)	WARIANT IV CA – A – S promieniowanie 515 nm	WARIANT V CA – A – S światło białe 400–700 nm (VIS)	WARIANT VI CA – S promieniowanie 515 nm	WARIANT VII CA – S światło białe 400–700 nm (VIS)
plastik	0,07	0,41	0,05	0,85	1,36	0,55	0,85
torebka	0,14	0,69	0,21	0,12	0,89	1,25	0,71
taśma	0,06	0,51	0,06	0,30	0,45	1,36	0,23
szkło	0,05	0,10	0,17	0,41	0,26	0,45	0,45
folia	1,80	0,73	3,42	1,00	1,73	1,73	1,74

Tabela 3

Długości fali, przy których występują maksymalne wartości fluorescencji wraz z szerokościami pasma w połowie wysokości – FWHM

Wavelengths with maximum fluorescence values and FWHM

	WARIANT II CA – A promieniowanie 300–400 nm		WARIANT IV CA – A – S promieniowanie 515 nm		WARIANT VI CA – S promieniowanie 515 nm	
	max	FWHM	max	FWHM	max	FWHM
plastik	518 nm	126 nm	613 nm	98 nm	637 nm	91 nm
torebka	518 nm	126 nm	630 nm	98 nm	599 nm	84 nm
taśma	525 nm	126 nm	613 nm	91 nm	599 nm	77 nm
szkło	525 nm	126 nm	599 nm	91 nm	599 nm	91 nm
folia	518 nm	126 nm	599 nm	84 nm	592 nm	84 nm

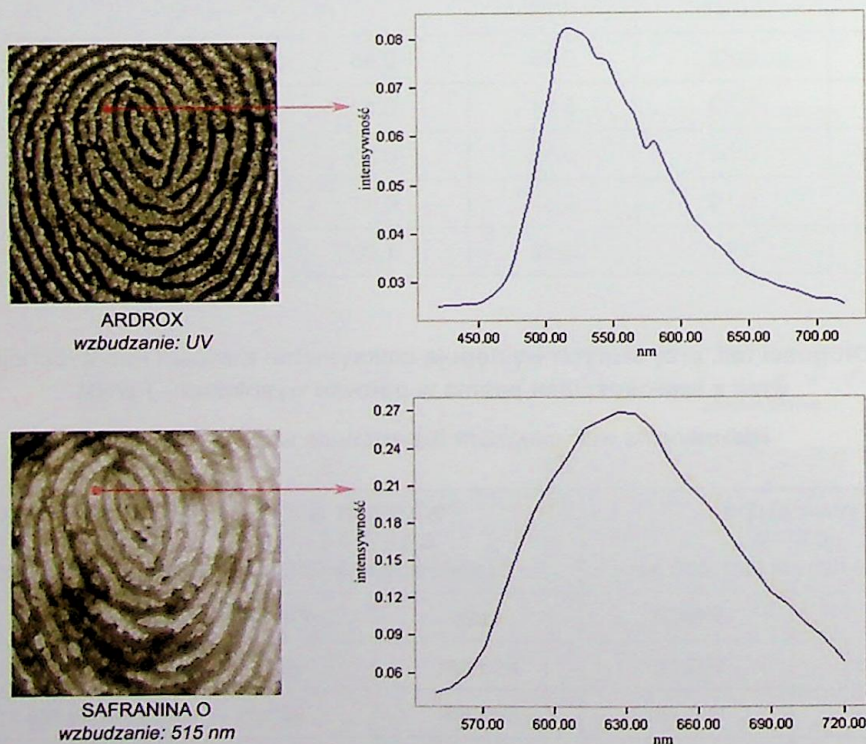
w przedziale 518–525 nm (zależnie od rodzaju podłoża), przy szerokości pasma w połowie jego wysokości – FWHM – 126 nm. Przykładowy wykres przedstawiający fluorescencję barwnika Ardrex kontrastującego ślad ujawniony na plastiku metodą cyjanoakrylową, ze wskazaniem miejsca pomiaru, przedstawiono na rycinie 12.

W przeciwieństwie do barwnika Ardrex Safranina O charakteryzuje się intensywną barwą. W efekcie odwzorowania linii papilarnych skonstruowane tym barwnikiem osiągają zbliżone wartości współczynnika R zarówno w trybie fluorescencyjnym, jak i w świetle białym w przypadku dwóch podłoży, a mianowicie szkła (0,45–0,45) i folii aluminiowej (1,73–1,74). Natomiast odwzorowania linii papilarnych pozostawione na torebce foliowej i taśmie wykazują wyższe wartości współczynnika R w trybie fluorescencyjnym (1,25 i 1,36) niż w świetle białym (0,71 i 0,23). Z uwagi na jasną barwę plastiku, jak można było oczekiwać, otrzymano wyższą wartość współczynnika R w świetle białym (0,85), niż we fluorescencji (0,55).

Barwnik Safranina O wzbudzony promieniowaniem w zakresie 515 nm, wykazuje emisję fluorescencji (λ_{em}) z maksimum oscylującym w przedziale 599–630 nm przy FWHM 84–98 nm – dla sekwencji metod CA – A – S oraz maksimum oscylującym w przedziale 592–637 nm przy FWHM 77–91 nm – dla sekwencji metod CA – S. Przykładowy wykres przedstawiający fluorescencję barwnika Safranina O kontrastującego ślad ujawniony na plastiku

metodą cyjanoakrylową, ze wskazaniem miejsca pomiaru przedstawiono na rycinie 12. Badania wskazują na tendencję do zwiększenia szerokości pasma emisji fluorescencji Safraniny O, stosując sekwencję ujawniania CA – A – S, co może być spowodowane wpływem pozostałości barwnika Ardrex. Stwierdzono także przesunięcia maksimum pików emisji fluorescencji, te jednak nie wykazują zależności, którą można by w prosty sposób zinterpretować.

Różnica odpowiedzi spektralnej (SR) odwzorowań linii papilarnych poddanych sekwencji CA – A – S jest wyższa dla podłoży (plastik – 1,36, torebka – 0,89, taśma – 0,45, folia – 1,73) obserwowanych w świetle białym aniżeli w promieniowaniu o długości fali 515 nm (plastik – 0,85, torebka – 0,12, taśma – 0,30, folia – 1,00). Wyjątek stanowi podłoże w postaci szkła, które wykazuje odwrotną zależność (fluorescencja – 0,41, światło białe – 0,26), co może być spowodowane właściwościami podłoża, np. barwa, refleksyjność, transparentność. Bardziej zróżnicowane wyniki dotyczą wartości współczynnika R odwzorowań linii papilarnych, gdzie cyjanoakrylan został skonstruowany wyłącznie Safraniną O. Różnica ta jest wyższa we fluorescencji dla odwzorowań pozostawionych na torebkach – 1,25 i taśmach – 1,36, natomiast w świetle białym odpowiednio 0,71 i 0,23. Natomiast w przypadku plastiku w świetle białym osiągnięto 0,85, a we fluorescencji 0,55. W przypadku powierzchni szklanych i folii aluminiowej różnice nie są istotne (szkło – 0,45 i 0,45, folia – 1,73 i 1,74).



Ryc. 12. Wykresy przedstawiające fluorescencję barwników Ardrex oraz Safranina O kontrastujących ślady ujawnione metodą cyjanoakrylową na plastiku, ze wskazaniem miejsca pomiaru

Fig. 12. Plots demonstrating fluorescence of Ardrex and Safranin O used for contrasting latent fingerprints developed with cyanoacrylate on plastic; indication of point of measurement

Porównanie obliczonych wartości współczynnika R dla fluorescencji wzbudzonej promieniowaniem o długości fali 515 nm badanych próbek, dla sekwencji: CA – S i CA – A – S, wykazuje znaczną różnicę w odpowiedzi spektralnej, z pominięciem w sekwencji barwnika Ardrex, dla odwzorowań pozostawionych na torebkach (CA – S – 1,25 i CA – A – S – 0,12), taśmach (CA – S – 1,36 i CA – A – S – 0,30) i folii aluminiowej (CA – S – 1,73 i CA – A – S – 1,00). Wyniki te wskazują na negatywny wpływ barwnika Ardrex na uzyskiwany poziom emisji fluorescencji stosowanej jako ostatniej w sekwencji Safraniny O. Odwrotnie sytuacja przedstawia się w przypadku odwzorowań pozostawionych na plastikowym podłożu, gdzie wyższa różnica w odpowiedzi spektralnej występuje przy zastosowaniu sekwencji CA – A – S – 0,85 i CA – S – 0,55. Różnice dotyczące odwzorowania na szklanej powierzchni są minimalne (CA – S – 0,45 i CA – A – S – 0,41). Proces ten można tłumaczyć dwójako, po pierwsze oddziaływaniem rozpuszczalnika (w tym przypadku etanolu) na spolimeryzowany cyjanakrylan, po drugie znacznym powinowactwem barwnika Ardrex do ww. powierzchni – przez to wymywanie rozpuszczalnikiem może nie być do końca skuteczne i w efekcie odpowiedź spektralna Ardrexu może wpływać na fluorescencję Safraniny O.

Odpowiedź spektralna próbek potraktowanych ww. barwnikami w świetle białym wskazuje na wyższe wyniki wartości współczynnika R po zastosowaniu w sekwencji barwnika Ardrex na odwzorowania pozostawione na podłożach plastikowych (CA – A – S – 1,36 i CA – S – 0,85), torebce (CA – A – S – 0,89 i CA – S – 0,71) i taśmie (CA – A – S – 0,45 i CA – S – 0,23). W przypadku odwzorowań pozostawionych na szkłe wyższa różnica w odpowiedzi spektralnej występuje przy zastosowaniu sekwencji CA – S – 0,45 i CA – A – S – 0,26. W przypadku folii aluminiowej wyniki są zbliżone (1,74 i 1,73).

Wnioski

Odpowiedź spektralna uzyskana podczas badań dostarcza dużo informacji o właściwościach próbek (charakterystyka absorpcji, odbicia, rozproszenia i fluorescencji), które znacznie rozszerzają obszar wiedzy z zakresu wizualizacji śladów. Człowiek prowadzący bezpośrednie obserwacje powierzchni, z uwagi na ograniczenia wynikające z budowy anatomicznej oka, nie jest w stanie wychwycić tylu informacji.

Badania, zgodnie z obserwacjami w praktyce, potwierdzają istotny wpływ podłoża o niechłonnej charakterystyce na czytelność ujawnianych śladów daktyloskopijnych. Dotyczy to zarówno barwy podłoża, jak i jego powinowactwa z polimerem cyjanokrylowym oraz adsorpcji barwników Ardrex i Safranina O.

Metoda cyjanokrylowa stosowana pojedynczo jest mało skuteczna, w szczególności na podłożach o jasnym zabarwieniu, np. plastik $R = 0,07$.

Barwnik Ardrex kontrastujący ślady daktyloskopijne ujawnione metodą cyjanokrylową wykazuje większą skuteczność w przypadku wzbudzania promieniowaniem UV w porównaniu do światła białego na podłożach takich jak plastik, torebki i taśmy. Otrzymane wyniki na folii aluminiowej wykazały odwrotną zależność, natomiast na szkłe wartości były zbliżone do siebie, co może wynikać ze specyfiki tych podłoży, a mianowicie refleksyjności folii aluminiowej oraz transparentności szkła.

Barwnik Safranina O kontrastujący ślady daktyloskopijne ujawnione metodą cyjanokrylową na torebce i taśmie wykazuje większą skuteczność w przypadku wzbudzania promieniowaniem w paśmie 515 nm w porównaniu do światła białego. Otrzymane wyniki na plastiku wykazały odwrotną zależność, co jest skutkiem znacznego kontrastu pomiędzy barwą podłoża a Safraniną O. Na szkłe i folii aluminiowej wartości były zbliżone do siebie, co może wynikać ze specyfiki tych podłoży.

Zmierzone maksymalne wartości emisji fluorescencji dla barwnika Ardrex występują przy około 520 nm, natomiast dla barwnika Safranina O około 615 nm. Znajomość tych wartości umożliwia uzyskanie optymalnych warunków rejestracji śladów przez skuteczny dobór filtrów optycznych.

Badania wpływu barwnika Ardrex na sekwencję ujawniania CA – A – S, w przypadku plastiku oraz szkła nie wykazały znaczącej zależności. Podłoża w postaci torebki foliowej, taśmy oraz folii aluminiowej wykazały znaczne różnice w charakterystyce spektralnej fluorescencji. Biorąc jednak pod uwagę praktykę, korzystniejsze wydaje się zastosowanie całej badanej sekwencji ujawniania, ze względu na możliwość oddziaływania zewnętrznych czynników oraz podłoża na powstały polimer cyjanakrylanu, a co za tym idzie podatność na kontrastowanie. Zastosowanie ww. barwników pojedynczo należy rozważyć wtedy, gdy dysponuje się dużą ilością materiału badawczego, co może przełożyć się na znaczne obniżenie kosztów i nakładów pracy (po konsultacji ze zlecającym badania). Przy wyborze konkretnego barwnika należy wziąć pod uwagę przede wszystkim barwę oraz właściwości fluorescencyjne podłoża.

Przeprowadzone badania stanowią początek prac mających na celu uzyskanie charakterystyki spektralnej w zakresie widzialnym w trybie odbiciowym oraz fluorescencyjnym dla wszystkich barwników cyjanokrylanu, z uwzględnieniem odpowiedzi spektralnej podłoża.

W przyszłych pracach badawczych planowane jest zweryfikowanie skuteczności innych sekwencji barwników kontrastujących cyjanokrylan, jak też stosowania ich pojedynczo.

PRZYPISY

¹ C. Champod, C. Lennard, P. Margot, M. Stoilovic: *Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions*, CRC Press, 2004; S. Morimoto, A. Kaminogo, T. Hirano: A new method to enhance visualization of latent fingerprints by sublimating dyes, and its practical use with a combination of cyanoacrylate fuming, „Forensic Science International” 1998, vol. 97, 2, 101–108.

² Przewodnik po metodach wizualizacji śladów daktyloskopijnych, pod red. M. Pękały i M. Rybczyńskiej-Królik, Wydawnictwo CLK KGP, Warszawa 2006.

³ Ibidem.

⁴ T. Kent [Ed.]: *Manual of Fingerprints Development Techniques*, 2nd ed., Police Scientific Development Branch (PSDB), Home Office, UK, 1998.

⁵ J. Moszczyński: *Daktyloskopia*, Wydawnictwo CLK KGP, Warszawa 1997.

⁶ C. Champod, C. Lennard, P. Margot, M. Stoilovic: *Fingerprints...*, op.cit.

⁷ H.C. Lee, R.E. Gaensslen [Ed.]: *Advanced in fingerprint technology*, Second Edition, CRC Press, 2001.

⁸ M.L. Hollars, T.A. Trozzi, B.L. Barron: Development of latent fingerprints on dark colored sticky surfaces using Liqui-Drox, „Journal of Forensic Identification” 2000, 50, 4, 357–362.

⁹ T. Szczepański: *Chemical Imaging* jako nowa zaawansowana technika rejestracji śladów daktyloskopijnych, „Problemy Kryminalistyki” 2008, 262, 51–58.

¹⁰ ChemImage Xpert Version 2.5 User Manual, ChemImage Corporation, Pittsburgh, 2010.

BIBLIOGRAFIA

1. Champod C., Lennard C., Margot P., Stoilovic M.: *Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions*, CRC Press, 2004.

2. ChemImage Xpert Version 2.5 User Manual, ChemImage Corporation, Pittsburgh 2010.

3. Hollars M.L., Trozzi T.A., Barron B.L.: Development of latent fingerprints on dark colored sticky surfaces using Liqui-Drox, „Journal of Forensic Identification” 2000, 50, 4.

4. Kent T., [Ed.]: *Manual of Fingerprints Development Techniques*, 2nd ed., Police Scientific Development Branch (PSDB), Home Office, UK 1998.

5. Lee H.C., Gaensslen R.E., [Ed.]: *Advanced in fingerprint technology*, Second Edition, CRC Press, 2001.

6. Morimoto S., Kaminogo A., Hirano T.: A new method to enhance visualization of latent fingerprints by sublimating dyes, and its practical use with a combination of cyanoacrylate fuming, „Forensic Science International” 1998, 97, 2.

7. Moszczyński J.: *Daktyloskopia*, Wydawnictwo CLK KGP, Warszawa 1997.

8. Przewodnik po metodach wizualizacji śladów daktyloskopijnych, pod red. M. Pękały i M. Rybczyńskiej-Królik, Wydawnictwo CLK KGP, Warszawa, 2006.

9. Szczepański T.: *Chemical Imaging* jako nowa zaawansowana technika rejestracji śladów daktyloskopijnych, „Problemy Kryminalistyki” 2008, 262.

Streszczenie

Popyt na badania kryminalistyczne z zakresu wizualizacji śladów daktyloskopijnych rodzi potrzebę opracowywania nowych metod ujawniania śladów daktyloskopijnych i doskonalenia już stosowanych. Przeprowadzone badania poszerzają wiedzę o odpowiedzi spektralnej próbek w zakresie widzialnym w postaci odwzorowań linii papilarnych ujawnionych metodą cyjanoakrylową i następnie skontrastowanych barwnikami Ardrex, Safranina O. W miejscu odbitych listewek skórnych oraz występowania bruzd dokonano pomiarów absorpcji i fluorescencji z użyciem spektrometru sprzężonego z kamerą. Wybrane metody zostały przebadane, zarówno w sekwencji, jak i każda oddzielnie, na pięciu rodzajach typowych podłoży niechlonych. Badania potwierdzają wpływ podłoży o niechlonej charakterystyce na czytelność ujawnianych śladów daktyloskopijnych. Dotyczy to zarówno barwy podłoża, jak i jego powinowactwa do polimeru cyjanoakrylowego oraz adsorpcji barwników Ardrex i Safranina O. Przeprowadzone pomiary posłużyły do określenia optymalnych warunków obserwacji śladów ujawnionych metodą cyjanoakrylową skontrastowanych badanymi barwnikami fluorescencyjnymi.

Słowa kluczowe: ślady linii papilarnych, metoda cyjanoakrylowa, Ardrex, Safranina O, obrazowanie hiperspektralne

Summary

A demand for forensic examination in the area of enhancement of latent fingerprints creates the need to develop new or improve already existing detection methods. The study expands the knowledge on visible range spectral response of latent fingerprints developed by means of cyanoacrylate and contrasted with Ardrex and Safranine O dyes. The locations of reflected skin ridges and grooves were subject to measurement of absorption and fluorescence with use of spectrometer coupled with camera. Selected methods have been tested both in sequence and each separately, on five types of typical non-absorbent substrates. The study confirms the influence of non-absorbent substrates on legibility of latent fingerprints. This applies to substrate colour, substrate's affinity to cyanoacrylate polymer and the adsorption of Ardrex and Safranine O. The measurements were used to determine the optimal conditions for observation of latent prints developed with cyanoacrylate and contrasted with fluorescent dyes.

Keywords: latent fingerprints, cyanoacrylate method, Ardrex, Safranine O, chemical imaging