



## TRENDS IN DEVELOPING LATENT FINGERMARKS ON ADHESIVE TAPES: A REVIEW

PALAK<sup>1</sup>, Gurvinder Singh BUMBRAH<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Department of Chemistry, Biochemistry and Forensic Science, Amity University, Gurugram (Manesar), Haryana, India*

<sup>2</sup> *Department of Forensic Science, Punjabi University, Patiala, India*

### Abstract

In recent times, development of latent fingermarks on sticky side of adhesive tapes has gained a growing interest from different research groups all over the world. Development of latent fingermarks on sticky side of adhesive tapes is a difficult task due to the presence of adhesive material on the inner surface of these tapes. In the present work, an attempt has been made to summarize the various methods available till date for the development of latent fingermarks on sticky side of different kinds of adhesive tapes. Fresh and aged latent fingermarks present on the sticky side of different kinds of adhesive tapes can be successfully developed using nanoparticles based composition. Low toxicity, high sensitivity, lack of background interference and improved contrast are the major merits of nanoparticles based compositions. No single method can be considered as universal method for the development of latent fingermarks on sticky side of adhesive tapes. It is suggested that more studies should be conducted to develop a suitable standard and validated method to develop latent fingermarks on sticky side of adhesive tapes.

### Keywords

Latent fingermarks; Sticky surfaces; Adhesive tapes; Powder suspension method; Nanomaterials.

*Received 17 July 2020; accepted 7 September 2020*

### 1. Background

Fingermarks are the most important and useful feature of human body which can be used for identification purpose in civil and criminal investigations. It plays a significant role in the investigation of crimes due to their uniqueness and permanency. Fingermarks are formed by sweat residues released from pores present on friction ridge skin of fingers. The impressions formed are invisible and, therefore, termed as latent fingermarks (Champod, Lennard, Margot, Stoilovic, 2016; Ramotowski, 2012; Thomas, 1978). Eccrine, apocrine and sebaceous glands are responsible for natural secretions from fingers. Numerous eccrine glands are present on the palms. These glands produce colorless sweat. It contains approximately 99% water,

0.5% organic and 0.5% inorganic contents. Eccrine sweat consists of amino acids, choline, creatinine, lactic acid, proteins, sugars, urea, and uric acid while sebaceous sweat consists of fatty acids, glycerides, squalene, sterol esters and wax esters (Knowles, 1978; Kuno, 1934; Scruton, Robins, Blott, 1975).

Latent fingermarks can be found on various items recovered from the crime scenes. Development of latent fingermarks depends on number of factors including environmental conditions, time lapse between deposition and processing of evidence, color, condition and nature of surface on which it is present. However, nature of surface plays a key role in the selection of method used to develop latent fingermarks. Surfaces can be generally divided into three categories based on their capability to absorb water-soluble deposits:

porous, semiporous and non-porous surfaces (Chamod et al., 2016; Ramotowski, 2012).

Different kinds of methods such as optical, physical and/or chemical methods are frequently used (alone or in a defined sequence) to visualize latent fingermarks or enhance the quality of developed fingerprints on different kinds of surfaces. Selection of the method depends on color, condition, nature, and texture of surface on which the latent fingermark is deposited (Bumbrah, 2016; Bumbrah, Sharma, Jasuja, 2016; Bumbrah, 2017; Bumbrah, Rawat, 2019; Bumbrah, Sodhi, Kaur, 2019; International Fingerprint Research Group Guidelines, 2014).

Sometimes, challenging surfaces are recovered from scene of crime and has to process in order to develop latent fingermarks on them. Adhesive tapes are one such surface and considered as special surface. Adhesive tapes are frequently used in commission of various kinds of crimes including homicides, terrorist attacks, kidnapping, rape etc. These tapes are frequently used as ligatures to tie up the victim, to construct improvised explosive devices and in packaging of illicit drugs. Due to the adhesive nature of tapes, it carries different types of trace evidences during commission of crime. Therefore, adhesive tapes constitute as important physical evidence in such cases and collected for the detection of trace evidences (latent fingerprints, fibers, hairs, DNA) that adhere on them (Chamod et al., 2016; Ramotowski, 2012).

Adhesive tape consists of a uniform layer of an adhesive material on the inner surface of flexible backing. The tape backing material can be made up of paper, plastic film, cloth, polypropylene, low-density polyethylene, polyester and polyvinyl chloride (PVC). In addition to this, various kinds of colorants, inorganic fillers, stabilizers, plasticizers, and preservatives are added to the backing material. The adhesive materials that give stickiness to the tape vary from one manufacturer to another. It may contain natural rubber, ethyl or butyl acrylate, polybutadiene etc. These materials are solid at room temperature and provide free movement to polymer chains on blending with resins, thus decreasing the glass transition temperature and making these materials sticky at room temperature (Smith, 2013).

Pressure sensitive adhesive tapes are tacky at room temperature and adhere firmly to variety of surfaces and require only slight pressure. Duct tape, electrical tape and packaging tape are the type of pressure sensitive adhesive tapes. Heat activated adhesive tapes are mostly tack free until activated at elevated temperatures of 180°F or higher to achieve a bond. It allows for aggressive bonding to difficult surfaces such

as rubber and polyvinyl chloride (PVC) based plastic materials. Water activated adhesive tape, also known as gummed or gum paper tape, is a starch or an animal glue-based adhesive on a craft paper. It is frequently used for closing and sealing box. The chemical composition of adhesive tape and material varies between manufacturers and even within a given manufacturer (Smith, 2013).

In recent times, development of latent fingermarks on sticky side of adhesive tapes has gained a growing interest from different research groups all over the globe. Development of latent fingermarks on sticky side of adhesive tapes is a difficult task due to the presence of adhesive material on the inner surface of these items.

### **Problems in developing identifiable prints on adhesive tapes**

Adhesive surfaces such as adhesive tapes are difficult to process for development of latent fingermarks. These difficulties are due to their sticky nature and their physical attachment to other surfaces or to themselves. Before processing the sticky surface of adhesive tapes, it is essential to separate them from other surfaces or from themselves. Different methods have been reported to separate or disentangled adhesive tapes (Bailey, Crane, 2011; Bergeron, 2009; Choudhry, Whritenour, 1990; Campbell, 1991; Matthias, 2016; Stimac, 2000).

In addition to this, difficulty in development of latent fingermarks on sticky side of adhesive tapes is due to the presence of adhesive material on the inner surface of these tapes. The composition of this adhesive material varies with the type of tape and manufacturer and, therefore, it effects the composition of latent fingermark residue and effectiveness of the processing method. In addition to this, excessive background staining and poor contrast also makes it challenging surface to develop identifiable prints.

Many studies to develop latent fingermarks on sticky side of adhesive tapes have been performed. These methods can be used alone or in sequential steps to develop latent fingermarks on sticky side of adhesive tapes. The first method involves the fuming with iodine or cyanoacrylate followed by processing with either rhodamine 6G or basic yellow 40. The second method involves the application of finely divided powder to sticky surface of adhesive tapes. The third method involves the use of powder suspension to develop latent fingermarks on such surfaces. The fourth method includes the treatment with phase transfer catalyst. The fifth method involves the use of nanoma-

materials to develop latent fingerprints on sticky side of adhesive tapes. In the present review, an attempt has been made to summarize the problem posed to fingerprint development on adhesive tapes and the probable solutions attempted by different authors.

## 2. Development of latent fingerprints on adhesive tapes

In recent times, development of latent fingerprints on sticky side of adhesive tapes has gained a growing interest from different research groups all over the globe. Adhesive tapes are routinely used in commission of crimes. Therefore, adhesive tapes constitute potential physical evidence, bearing latent fingerprints, encountered at crime scenes. It is, therefore, essential to develop latent fingerprints present on such items of forensic importance. Following methods are commonly used for developing latent fingerprints on sticky side of different kinds of adhesive tapes. Figure 1. presents the types of methods used to develop latent fingerprints on sticky side of adhesive tapes.



Fig. 1. Different methods used to develop latent fingerprints on sticky side of adhesive tapes.

### 2.1. Fuming method

Morris (1992) and Isaac (1993) suggested the sequential processing with cyanoacrylate fuming and basic yellow 40 (BY 40) or rhodamine 6G or MBD staining to develop latent fingerprints on sticky side of different kinds of self adhesive tapes. Olenik (2015) used sequential processing with cyanoacrylate fuming followed by staining with BY 40 to develop latent fingerprints on smooth and adhesive sides of duct tape, black electrical tape and other plastic tapes. The procedure involves the fuming of tape with cyanoacrylate vapors followed by processing with basic yellow 40. After staining, tape is rinsed under running tap water, followed by drying and visualized with orange or yellow goggles under blue light as well as under forensic light source in the range of 415 to 485 nm. In a similar study, Schiemer, Lennard, Maynard and Roux (2005) recommend the sequential processing with cyanoacrylate fuming, BY 40/Brilliant Red 28 (BR 28) fluorescent dye staining and white powder suspension for developing latent fingerprints on different kinds of black electrical tapes. Steele and Ball (2003) used

cianoacrylate fuming method to develop latent fingerprints on adhesive side of tapes. Post-treatment with sublimed disperse yellow 211 dye was suggested to enhance the quality of developed prints. Sampson (1997) suggested the pretreatment of latent fingerprints with cyanoacrylate fuming present on sticky and non-sticky sides of adhesive tapes before development with powder suspension method. Matthias (2016) used cyanoacrylate fuming method to develop latent fingerprints on both adhesive and non-adhesive sides of black electrical tape, packaging tape, grey duct tape, masking tape, which were previously treated with Un-du liquid. It was observed that use of Un-du liquid did not affect the quality of developed prints and also did not interfere in processing of items with cyanoacrylate fuming method.

Moret et al. (2018) suggested the use of sequential processing with cyanoacrylate fuming and rhodamine 6G over terbium-based metal organic frameworks for developing latent fingerprints on sticky side of silver duct tape. In contrast to this, de Jong and de Puit (2018) suggested the use of terbium and europium-based metal organic frameworks for developing latent fingerprints on sticky side of transparent tape. Due to their non-toxic, effective and long-lasting luminescence (at least 12 months), the use of these fluorescent metal organic frameworks to enhance the quality of fingerprints developed with cyanoacrylate fuming method was suggested.

In contrast to this, Scott (2009) suggested that cyanoacrylate fuming should not be used before powder suspension to develop latent fingerprints on sticky sides of duct, masking and scotch tapes as pre-processing with cyanoacrylate significantly inhibits the development of latent fingerprints with powder suspension method. However, it can be used as a pre-processing method, for developing latent fingerprints on non-sticky side of adhesive tape with powder suspension method. Midkiff and Codell (1995) observed that chemical composition, consistency and thickness of adhesive material on the surface of tape affect the quality of prints developed with cyanoacrylate fuming.

Smith (1977) used iodine fuming and osmic acid fuming methods to develop latent fingerprints on sticky side of tapes. Midkiff (1994) develops good quality prints on light-colored tapes using iodine fuming. Post-treatment with 7,8-benzoflavone improves the intensity and stability of prints developed with iodine fuming.

## 2.2. Powder method

Powder method is one of the oldest, simple, fast and effective techniques to develop latent fingerprints on dry, non-porous surfaces. It is a universal method of detecting latent fingerprints on non-porous surfaces. Powder technique for detecting latent fingerprints involves the application of a finely divided formulation to latent fingerprint residues and subsequent removal of excess powder by brushing and blowing (Champod et al., 2016; Faulds, 1912; Henry, 1934; Ramotowski, 2012; Sodhi, Kaur, 2001; Wilshire, 1996). It relies on the mechanical adherence of fingerprint powder to moisture and oily components of latent fingerprint residues. Adhering properties of powder formulation depends on the shape and size of particles of formulation. Small, fine particles adhere more effectively than large, coarse ones. No single powder formulation is ideal for detecting latent fingerprints on all kinds of surfaces (Champod et al., 2016; Ramotowski, 2012; Sodhi, Kaur, 2001).

It constitutes the largest number of fingerprint identifications in the world. In United Kingdom, fingerprint development with this method constitutes almost 50% of identifications per annum. Therefore, slightest improvements due to variation in selection of the optimum powder composition for a particular surface have the potential to provide significant operational benefits, and further studies in this area is required (Ramotowski, 2012).

In late 1960's, gentian violet was first time used by Italian police to develop latent fingerprints on sticky side of adhesive tapes (Kent, 1980). In early 1980's, Kent (1980) and Wilson and McCloud (1982) suggested the use of gentian violet to develop latent fingerprints on sticky side of dark colored tapes. It was observed that developed prints could be effectively lifted with photographic paper. Haylock (1979) used phenol-based gentian violet formulation to develop latent fingerprints on sticky side of adhesive tapes. In contrast to this, Tuthill (1997) used non-phenol based gentian violet formulation to develop fresh and aged latent fingerprints on duct tapes. However, it was observed that phenol based gentian violet gave better results in comparison to non-phenol based gentian violet formulation. Jumper (1996) developed fluorescent gentian violet formulation to develop latent fingerprints on sticky side of tapes. The formulation contains gentian violet and rhodamine 6G and produce fluorescent prints. When excited with light from blue-green region of electromagnetic spectrum (~400–600 nm), gentian violet exhibit fluorescence in near infra-



red region (Bramble, Cantu, Ramotowski, Brennan, 2000; Creer, Brennan, 1987).

Arima (1981) suggested the use of UV-excited, fluorescent brightening agent, Mikephor BS for developing latent fingerprints on sticky side of colored tapes. Menzel (1989) and Howard (1993) used basic fuchsin to develop fluorescent prints on adhesive side of tapes. Midkiff, Codell and Chapman (1997) used aqueous fabric dye stain solution to develop identifiable prints on sticky side of adhesive tapes. Wilson (2010) suggested the use of RAY (Rhodamine, Ardrox, Basic Yellow) dye stain over gentian violet and alternate black powder suspensions to develop latent fingerprints on sticky side of adhesive tape. It was observed that pre-processing of latent fingerprints with cyanoacrylate fuming enhances the quality of developed prints. Wilson and McCloud (1982) suggested the post-treatment with dilute hydrochloric acid solution (10%) to reduce background staining and over-development produced due to processing with gentian violet.

Frick, Buseti, Cross, and Lewis (2014) used aqueous Nile blue to develop latent fingerprints on adhesive side of white electrical tape. Barros and Stefani (2016) used simple, sensitive, selective, and cost-effective fluorescent dyes i.e. HB-7, HB-9 and HB-11 for developing fresh and aged (15 days old) latent fingerprints on sticky side of light and dark adhesive tapes of different types. The developed fingerprints gave fluorescence when excited with long ultraviolet (365 nm) radiations. No complex sophisticated instruments and pre or post-treatment of surface of adhesive tapes were required in order to develop latent fingerprints on them. The fingerprints developed with these fluorescent dyes remain stable for one year under normal laboratory conditions without any degradation of dyes. The use of HB-7 over crystal violet for developing latent fingerprints on adhesive tapes due to better contrast, stronger fluorescence and excellent quality of fingerprints developed with HB-7 was suggested.

### 2.3. Powder suspension method

Powder suspension is an effective and versatile method to develop latent fingerprints on different kinds of surfaces of forensic importance. It is an aqueous solution of resinous material in which a commercial detergent (as surfactant) is added to prepare suspension of required concentration. The potential utility of this powder suspension can be enhanced by adding a fluorescent dye in it. The fluorescent powder suspension can be used to develop faint and weak fingerprints on multicolored surfaces (Bumbrah, 2016).

Powder suspensions are frequently used to develop latent fingerprints on sticky side of adhesive tapes. Gray (1996) and Sneddon (1999) suggested the use of Sticky-side powder suspension over phenol based gentian violet formulation for developing latent fingerprints on sticky side of duct tapes due to its high efficiency and simplicity. Bratton and Gregus (1996) used black powder based Sticky-side powder suspension to develop latent fingerprints on adhesive tapes. This formulation produces best quality prints than gentian violet, ninhydrin, cyanoacrylate fuming and combined processing with cyanoacrylate fuming and fluorescent dye staining methods on sticky side of adhesive tapes (Bratton, Gregus, 1997).

Freeman (1991) used mixture of detergent and aqueous metallic powder solution to develop latent fingerprints on sticky side of adhesive tape. Post-treatment with detergent solution was required to significantly improve the quality of developed prints on adhesive surfaces. Kimble (1996) used regular, metallic and fluorescent powder suspensions to develop latent fingerprints on sticky side of clear tape. Martin (1999) used mixture of ash grey and white powders to develop latent fingerprints on adhesive side of black electrical tape.

Frank and Almog (1993) and Wade (2002) recommended the use of titanium dioxide based Sticky-side powder for developing latent fingerprints on sticky side of dark colored electrical tapes. Williams and Elliott (2005) used Kodak photo-flo 200 containing titanium dioxide based SPR formulation for developing latent fingerprints on both sticky and non-sticky sides of tape. In a similar study, Jones, Reynolds, Richardson, and Sears (2010) used titanium dioxide based SPR composition to develop latent fingerprints on sticky side of black insulating adhesive tapes. It was observed that aluminosilicate coated titanium dioxide based SPR composition performed better than conventional titanium dioxide based SPR composition to develop latent fingerprints on sticky sides of adhesive tapes. It was observed that variation in morphology and chemical composition of coating material affects the surface properties of particles and interaction of fingerprint formulation with components of latent fingerprint residues. The use of titanium dioxide based SPR composition over Wet Wop, Wet Powder white and adhesive side powder suspensions for developing latent fingerprints on sticky sides of adhesive tapes was suggested. Home Office (HOSDB, United Kingdom) recommended the use of titanium dioxide based wet powder suspension in place of Sticky-side powder to develop latent fingerprints on sticky side of black and dark adhesive tapes. Due to its intense black color,

the use of iron oxide ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) suspension was suggested to detect latent fingerprints on sticky side of white and light colored tapes (Home Office Scientific Development Branch, 2006).

Hollars, Trozzi, and Barron (2000) suggested the use of Liqui-Drox to develop fluorescent fingerprints on adhesive side of dark colored tapes. Liqui-Drox is a solution containing Ardrox, Liqui-Nox and water. Developed prints were temporary in nature and faded with passage of time (within 12–24 h) or blend within the adhesive material of tape and losses its contrast. Therefore, they should be immediately photographed with 515 nm filter. It was observed that faded prints could stabilize or regenerated by additional processing with Liqui-Drox. The method did not work efficiently if prints are old or tape has been previously processed with heat or water. However, authors considered this fluorescent technique as an ideal method to develop latent fingerprints on dark colored adhesive surfaces. Parisi (1999) used fluorescent or white fingerprint powder and Liqui-Nox based powder suspension to develop latent fingerprints on sticky side of dark colored adhesive tapes.

Brzozowski, Białek and Subik (2005) recommend the use of Wetwop suspension over Sticky-side powder suspension and gentian violet (ethanol and phenol based formulations) for developing fresh and aged (16 weeks old) latent fingerprints on sticky sides of brown and transparent adhesive tapes due to its simplicity, effectiveness and universality in operation and application. The use of Sticky-side powder suspension was suggested for developing latent fingerprints on rubber glue based adhesive tapes. It was observed that Wetwop suspension was most effective while gentian violet was least effective in developing latent fingerprints on synthetic and natural rubber glue based brown and transparent adhesive tapes. It was also observed that Wetwop suspension was most effective while Sticky-side powder suspension was least effective in developing latent fingerprints on acrylate glue based brown and transparent adhesive tapes. Molina (2007) suggested the use of Wetwop powder suspension over Sticky-side powder and gentian violet for developing latent fingerprints on sticky side of adhesive tapes. Gracia and Gokool (2020) recommended the use of Wetwop over gentian violet, alternate black powder, Liqui-Drox, powder suspension, Sticky-side powder, TapeGlo and sequential processing with cyanoacrylate fuming and basic yellow 40 or rhodamine 6G for developing fresh and aged latent fingerprints on sticky side of electrical tape, duct tape and cellophane tapes.

Effectiveness of developing method varies with the chemical makeup of adhesive material of tapes. It was observed that powder suspensions produce better quality prints on rubber-based adhesives than acrylic-based adhesives because, in latter case, powder adheres to both prints and background adhesive material and thereby lacks contrast (Hart, Sears, Bowman, Wheeler, 2006). HOSDB recommends the use of ethanol based gentian violet solution and physical developer to develop latent fingermarks on sticky side of acrylic-based adhesive tapes. HOSDB recommends the use of black powder suspensions for developing latent fingermarks on sticky side of rubber-based adhesive tapes (Champod et al., 2016; Ramotowski, 2012).

#### 2.4. Phase transfer catalyst (PTC) method

In 2005, phase transfer catalyst (PTC) method was first time used to develop latent fingerprints on sticky side of fabric and brown packaging tapes. PTC formulation contains Rose Bengal (as dye) and a quaternary ammonium salt such as tetrabutylammonium iodide (as catalyst). This formulation develops purple fluorescent prints when excited with short-wave ultraviolet radiations (Sodhi, 2005). In a similar study, Jasuja, Singh and Sodhi (2007) also used non-toxic, cost-effective PTC based formulation to develop fresh and aged (11 days old) latent fingerprints on the sticky side of adhesive tapes of different colors. This formulation develops pink colored fingerprints on adhesive side of all tapes except black electrical tape. High quality fingerprints, showing third level details, were developed on these surfaces. The shelf life of this formulation was found to be five months. In a recent study, Sodhi and Kaur (2019) used PTC formulation to develop latent fingerprints on sticky side of duct tape, cellophane, electrical tape, doctor's tape, and brown packaging tapes (Fig. 2).

#### 2.5. Nanomaterials

Nanomaterials are the materials having morphological characteristics smaller than 100 nm, in at least one of their dimensions. Nanoparticles are types of nanomaterials having nanoscale in three dimensions. Nanoparticles can be categorized into six basic groups: metal, metal oxide, quantum dots (QDs), carbon dots (C-dots), silica ( $\text{SiO}_2$ ), and upconverters nanoparticles (UCNPs) (Kanodarwala, Moret, Spindler, Lennard, Roux, 2019; Ramotowski, 2012).

Li, Guo, Liu and Li (2016) synthesized and used starch based carbon dots to develop latent fingerprints on sticky side of adhesive tapes. The composition is

capable of developing fresh and aged (1 day to 1 year old) latent fingerprints on adhesive tapes. These carbon dots exhibit color-tunability and are non-toxic in nature. The developed fingerprints gave green fluorescence when viewed under 365nm ultraviolet light source. Li, Li and Cui (2017) used fluorescent silica based carbon dots for the detection of fresh and aged (3 months old) latent fingerprints on sticky side of transparent tape. These materials are capable of emitting tunable photoluminescence and could be successfully used for detecting latent fingerprints on multi-colored surfaces. Tang et al. (2019) used orange emitting carbon dots for developing fresh and aged (120 days old) latent fingerprints on sticky side of adhesive tape. In this method, item bearing latent fingerprints was immersed in carbon dot solution for 10 s. Thereafter, item was removed, air dried and examined under UV light source. The developed fingerprints show excellent fluorescence and second level details could be viewed.

Wang, Yang, Wang, Shi and Liu (2009) and Wang et al. (2014) used mercaptoacetic acid stabilized fluorescent cadmium selenide (CdSe) nanoparticles based powder suspension for developing latent fingerprints on the sticky side of black, blue and yellow electrical tapes, and yellow sealing tape. It was observed that CdSe nanoparticles based powder suspension produced significant less background noise (more

contrast) and better quality prints than conventional gentian violet. Na Ayudhaya, Viwattana, Thamaphat, and Lomthaisong (2014) used starch coated CdSe quantum dots in a water based solution to develop fresh, sebaceous-rich latent fingerprints on sticky side of adhesive tape. Liu, Shi, Yu, Yang and Zuo (2010) used water soluble multicolored fluorescent cadmium telluride (CdTe) quantum dots to develop latent fingerprints on sticky side of adhesive tapes. Yang, Wang, Xia, Wang and Liu (2011) used fluorescent CdTe quantum dots for developing fresh and aged (30 days old) latent fingerprints on the sticky side of black electrical tape, cellulose tape and yellow sealing tape (Fig. 3). The procedure involves the immersion of surface, bearing latent fingerprints, in solution of quantum dots followed by rinsing with distilled water followed by visualization of developed prints with forensic light source at UV excitation wavelength of 365 nm. It was observed that CdTe quantum dots produced significant weaker background interference and better contrast than conventional gentian violet and rhodamine 6G solutions. It is recommended that CdTe QDs can be a promising reagent for developing latent fingerprints on sticky side of adhesive surfaces. In a similar study, Cai, Yang, Wang, Yu and Liu (2013) used water soluble, fluorescent CdTe quantum dots for developing fresh latent fingerprints on the sticky side of transparent and adhesive tapes. It was observed

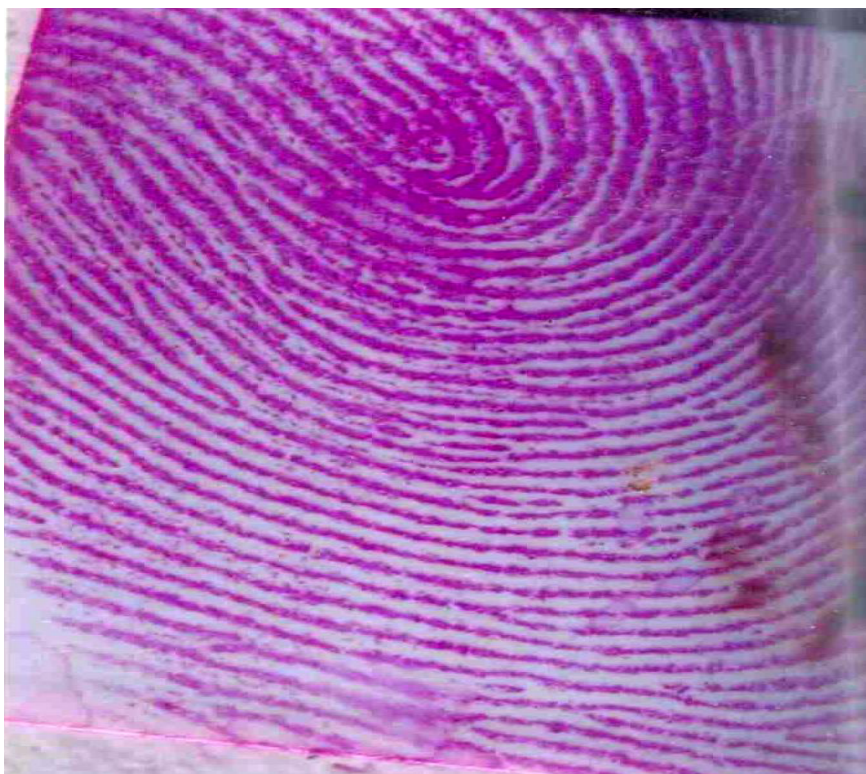


Fig. 2. Development of latent fingerprint on packaging tape using phase transfer catalyst (PTC) method (reproduced from Sodhi and Kaur, 2019 with permission).



that CdTe quantum dots produced significant weaker background interference and better contrast than conventional methyl violet and rhodamine 6G solutions in less than 5 s. Shahbazi et al. (2020) used luminescent Cu-In-S/ZnS core-shell quantum dots for the detection of latent fingerprints on the sticky side of transparent, blue and black insulating adhesive tapes. A biocompatible surfactant such as N-acetylcysteine was used to coat quantum dots. This coating allows dispersion of the quantum dots in aqueous solution and also improves the affinity of quantum dots towards latent fingerprint residues. Yang and Wang (2011) used CdSe mercaptoacetic acid to develop latent fingerprints on wet yellow sealing tape. It was observed that carboxyl encapsulated nanomaterials improves the interaction between CdSe and residues of latent fingerprints. Jin, Luo, Li and Zhang (2012) developed sharp, fluorescent fingerprints on sticky side of adhesive tapes using eco-friendly poly(amido amine) (PAMAM) dendrimers solution. It was observed that quality and fluorescence of developed fingerprints depends on the pH of working solution of PAMAM dendrimers. Yang, Zhou, Wang and Jin (2008) developed good quality, fluorescent fingerprints on sticky side of transparent and black electrical tapes using CdS/PAMAM G5.0. The use of CdS/PAMAM G5.0 over conventional rhodamine 6G was suggested to develop fresh and aged latent fingerprints on sticky side of such tapes due to its intense fluorescence, selective adsorption and less background staining. Xia, Wang and Yang (2010) suggested the use of CdSe/TGA over CdS/

PAMAM quantum dots to develop fresh latent fingerprints on sticky side of adhesive tapes due to intense fluorescence produce by fingerprints developed with CdSe/TGA quantum dots. It was observed that CdS/PAMAM quantum dots were more effective in developing aged latent fingerprints on sticky side of adhesive tapes. Wang, Yang, Xia, and Xiong (2011) developed fluorescent fingerprints on sticky side of dry and moist adhesive tapes using mercaptopropionic acid (MPA) based  $Zn_xCd_{(1-x)}Se$  quantum dots.

Yu et al. (2013) used color tunable (blue to orange), water-soluble  $Zn_{0.77}Cd_{0.23}Se$  QDs to develop latent and blood fingerprints on sticky side of scotch tape. It was observed that complex formation through electrostatic attraction between  $Zn_{0.77}Cd_{0.23}Se$  QDs and haemoglobin or other components in residues of blood fingerprint is responsible for detection of blood fingerprints on sticky side of scotch tape. The developed fingerprints give fluorescence when exposed with 365 nm ultraviolet light. Yu, Yan and Xia (2017) developed latent fingerprints on sticky side of transparent tape using Au nanoclusters@montmorillonite nanocomposites powder. The developed fingerprints give red fluorescence without any background noise when exposed with 365 nm ultraviolet radiation and, therefore, this formulation can also be used to develop latent fingerprints on multicolored surfaces. Due to their non-toxicity, good sensitivity and strong resistance to background interference, these fluorescent nanocomposites can be used as an alternative to conventional powders to develop latent fingerprints on various

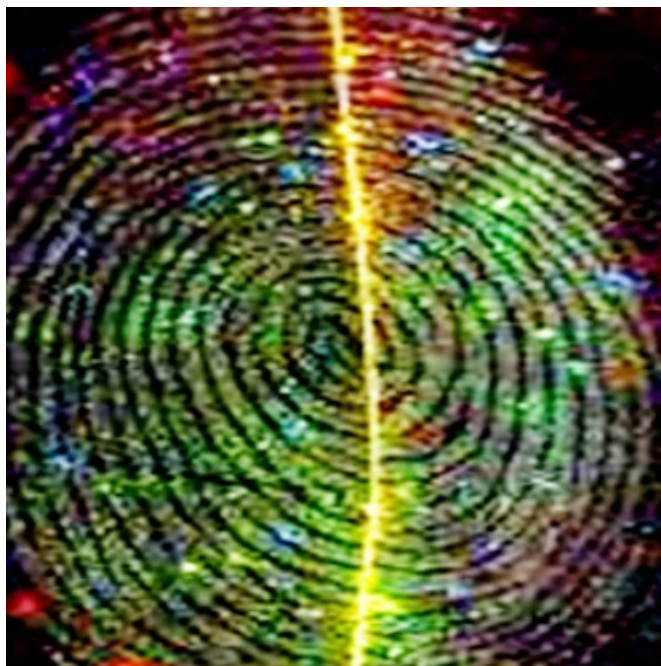


Fig. 3. Development of latent fingerprint on adhesive side of cellulose tape using cadmium telluride (CdTe) quantum dots (reproduced from Yang et al., 2011 with permission).



kinds of porous and semi-porous surfaces including sticky side of adhesive tapes.

Song et al. (2015) successfully developed latent fingerprints on sticky side of adhesive tapes using poly(styrene-alt-maleic anhydride)-b-polystyrene functionalized gold nanoparticles. The fingerprints were developed after 30–45 min of processing. Cui et al. (2015) used photothermal imaging with 808 nm laser to visualize fingerprints developed on sticky side of adhesive tape using allyl mercaptan polymerized  $\text{Cu}_7\text{S}_4$  nanoparticles. Sharp, good quality prints were developed within 3 min of processing the item with solution. Chen, Ma, Chen and Fan (2017) develop latent fingerprints on sticky side of adhesive transparent tape using poly(p-phenylenevinylene) (PPV) nanoparticles in aqueous colloidal solution. It was observed that either pre- or post-treatment of fingerprints with ethanol and chloroform and adhesive removal procedure did not affect the quality of developed prints.

## 2.6. Miscellaneous methods

Maceo and Wertheim (2000) used ninhydrin method to develop latent fingerprints on adhesive surfaces. It was observed that different kinds of adhesive surfaces require different processing techniques to maximize latent print recovery. Boudreault and Beaudoin (2017) used sequential treatment with IND-Zn followed by ninhydrin to develop fresh and aged (11 weeks old) latent fingerprints on different kinds of porous, semi-porous or non-porous surfaces including thermal paper and sticky side of duct tape. It was observed that variation in quality of developed fingerprints over time depends upon nature of surface (porous, semi-porous

or non-porous) and applied processing method. Malik, Kalita, and Iyer (2017) developed high quality, fluorescent fingerprints on sticky side of adhesive tape using conjugated polyelectrolytes. The developed fingerprints shows third level details when viewed with 365 nm UV light source. Liu, Zhang, Meng, Li, and Xu (2018) and Zhang et al. (2018) used optical coherence tomography (OCT) to detect latent fingerprints hidden below the sticky side of adhesive tape. This technique is capable of capturing high quality images of latent fingerprints hidden below the sticky side of adhesive tape without altering the original state of evidence and thereby preserves the integrity and chain of custody of evidence. Technique is capable of imaging of fingerprints lying beneath opaque tapes due to its cross-section imaging facility.

The potential significance of adhesive tapes, as forensic evidence, has been recognized since more than four decades. Various methods have been reported to develop latent fingerprints on sticky side of different kinds of adhesive tapes. These methods include fuming, powdering, powder suspension, phase transfer catalyst and use of nanomaterials. The percentage distribution of these methods to develop latent fingerprints on sticky side of variety of adhesive tapes is presented in Figure 4. It is evident from Figure 4 that majority of the studies reported the use of nanomaterials (26%) and powder suspension (25%) technique for developing latent fingerprints on sticky side of variety of adhesive tapes. Powder suspension method is frequently used due to its easy availability, cost-effectiveness and development of good quality prints on sticky side of adhesive tapes. However, the current trend of developing latent fingerprints on such surfaces is to-

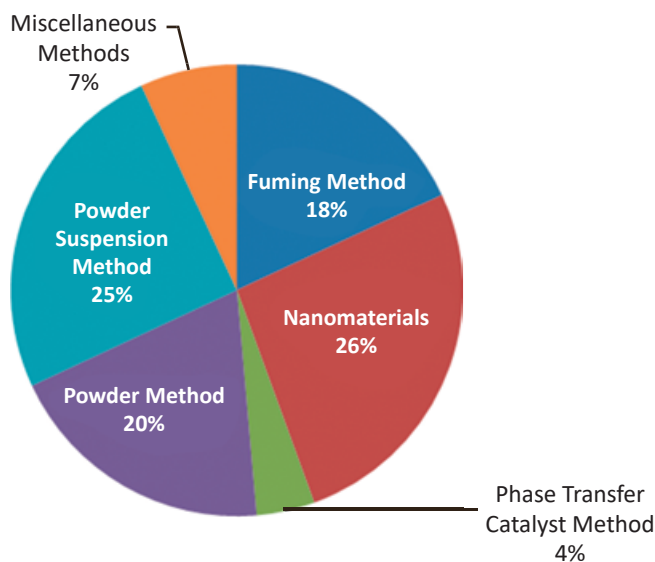


Fig. 4. Percentage distribution of different methods to develop latent fingerprints on sticky side of different kinds of adhesive tapes.

ward the use of nanoparticles based compositions. The reasons behind the extensive use of nanoparticles to develop latent fingermarks on sticky side of adhesive tapes are their high sensitivity, specificity, low toxicity, low background noise and better contrast than conventional latent fingermarks development techniques.

### 3. Conclusion

Development of latent fingermarks on sticky side of adhesive tapes is challenging task. The selection and effectiveness of a developing method depends on the type, condition and color of adhesive tape. In addition to this, chemical composition and thickness of adhesive material also plays a key role in the effectiveness of developing method to detect latent fingermarks on sticky side of adhesive tapes. No single method can be considered as universal method for the development of latent fingermarks on sticky side of adhesive tapes. However, nanoparticles based compositions can be successfully used to develop fresh and aged latent fingermarks on such surfaces. Low toxicity, high sensitivity, lack of background interference and improved contrast are the major merits of nanoparticles based powder suspensions. It is suggested that more studies should be conducted to develop a suitable standard and validated method to develop latent fingermarks on sticky side of adhesive tapes.

### List of abbreviations

|       |  |
|-------|--|
| BR 28 | – brilliant red 28                                     |
| BY 40 | – basic yellow 40                                      |
| CdS   | – cadmium sulfide                                      |
| CdSe  | – cadmium selenide                                     |
| CdTe  | – cadmium telluride                                    |
| MBD   | – 7-p-methoxybenzylamino-4-nitrobenz-2-oxa-1-3-diazole |
| MPA   | – mercaptopropionic acid                               |
| OCT   | – optical coherence tomography                         |
| PAMAM | – poly(amido amine)                                    |
| PTC   | – phase transfer catalyst                              |
| TGA   | – thioglycolic acid                                    |

### References

1. Arima, T. (1981). Development of latent fingerprints on sticky surfaces by dye staining of fluorescent brightening. *Identification News*, 31(2), 9–10.
2. Bailey, J. A., Crane, J. S. (2011). Use of nitrogen cryogun for separating duct tape and recovery of latent fingerprints with a powder suspension method. *Forensic Science International*, 210, 170–173.
3. Barros, H. L., Stefani, V. (2016). A new methodology for the visualization of latent Fingerprints on the sticky side of adhesive tapes using novel fluorescent dyes. *Forensic Science International*, 263, 83–91.
4. Bergeron, J. (2009). Use of liquid nitrogen to separate adhesive tapes. *Journal of Forensic Identification*, 59(1), 7–25.
5. Boudreault, A., Beaudoin, A. (2017). Pseudo-operational study on the efficiency of various fingermark development techniques during the aging process. *Journal of Forensic Identification*, 67(1), 85–117.
6. Bramble, S. K., Cantu, A. A., Ramotowski, R. S., Brennan, J. S. (2000). Deep red to near infrared (NIR) fluorescence of gentian violet-treated latent prints. *Journal of Forensic Identification*, 50(1), 33–49.
7. Bratton, R., Gregus, J. (1996). A black powder method to process adhesive tapes. (In) J. Almog, E. Springer (Eds.), *Proceedings of the International Symposium on Fingerprint Detection and Identification* (pp. 143–147). Jerusalem: Hemed Press.
8. Bratton, R., Gregus, J. (1997). Development of a black powder method to process adhesive tapes. *Fingerprint World*, 23(87), 21–23.
9. Brzozowski, J., Białek, I., Subik, P. (2005). Visualisation of fingerprints on sticky side of adhesive tapes. *Problems of Forensic Sciences*, 64, 333–338.
10. Bumrah, G. S. (2016). Small particle reagent (SPR) method for detection of latent fingermarks: A review. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 6(4), 328–332.
11. Bumrah, G. S. (2017). Cyanoacrylate fuming method for detection of latent fingermarks: A review. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 7(1), 4–11.
12. Bumrah, G. S., Rawat, B. (2019). 1,8-Diazafluoren-9-one (DFO): A method for latent fingermarks detection. *Journal of Forensic Medicine and Toxicology*, 36(1), 63–67.
13. Bumrah, G. S., Sharma, R. M., Jasuja, O. P. (2016). Emerging latent fingerprint technologies: A review. *Research and Reports in Forensic Medical Science*, 6, 39–50.
14. Bumrah, G. S., Sodhi, G. S., Kaur, J. (2019). Oil red O (ORO) reagent for detection of latent fingermarks: A review. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 9(1), 4–11.
15. Cai, K., Yang, R., Wang, Y., Yu, X., Liu, J. (2013). Super fast detection of latent fingerprints with water soluble CdTe quantum dots. *Forensic Science International*, 226(1–3), 240–243.
16. Campbell, B. M. (1991). Separation of adhesive tapes. *Journal of Forensic Identification*, 41, 102–106.
17. Champod, C., Lennard, C., Margot, P., Stoilovic, M. (2016). *Fingerprints and other ridge skin impressions*, 2<sup>nd</sup> ed. Florida: CRC Press.

18. Chen, H., Ma, R. I., Chen, Y., Fan, L. J. (2017). Fluorescence development of latent fingerprint with conjugated polymer nanoparticles in aqueous colloidal solution. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 9(5), 4908–4915.
19. Choudhry, M. Y., Whritenour, R. D. (1990). A new approach to unraveling tangled adhesive tape for potential detection of latent prints and recovery of trace evidence. *Journal of Forensic Sciences*, 35, 1373–1383.
20. Creer, K. E., Brennan, J. S. (1987). The work of the serious crimes unit. (In) *Proceedings of the International Forensic Symposium on Latent Prints*, Laboratory & Identification Divisions, Federal Bureau of Investigation, FSRTC FBI Academy, Quantico, VA (pp. 91–99). Washington: U.S. Government Printing Office.
21. Cui, J., Xu, S., Guo, C., Jiang, R., James, T. D., Wang, L. (2015). Highly efficient photothermal semiconductor nanocomposites for photothermal imaging of latent fingerprints. *Analytical Chemistry*, 87(22), 11592–11598.
22. de Jong, R., de Puit, M. (2018). Fluorescent metal organic frameworks for the visual enhancement of latent fingermarks. *Forensic Science International*, 291, 12–16.
23. Faulds, H. (1912). *Dactylography, or the study of fingerprints*. Halifax: Milner and Company.
24. Frank, A., Almog, J. (1993). Modified SPR for latent fingerprint development on wet, dark objects. *Journal of Forensic Identification*, 43(3), 240–244.
25. Freeman, H. N. (1991). The use of fingerprint powders to develop latent prints on electrical or plastic tapes. *Journal of Forensic Identification*, 41(6), 417–420.
26. Frick, A. A., Busetti, F., Cross, A., Lewis, S. W. (2014). Aqueous Nile Blue: A simple, versatile and safe reagent for the detection of latent fingermarks. *Chemical Communications*, 50(25), 3341–3343.
27. Gracia, M., Gokool, V. (2020). Latent print development on the adhesive side of tape. *Journal of Forensic Identification*, 70(1), 103.
28. Gray, M. L. (1996). Sticky-side powder versus gentian violet: the search for the superior method for processing the sticky side of adhesive tape. *Journal of Forensic Identification*, 46(3), 268–272.
29. Hart, A., Sears, V., Bowman, V., Wheeler, E. (2006). Additional fingerprint development techniques for adhesive tapes. Home Office Scientific Development Branch Publication No. 23/06.
30. Haylock, S. E. (1979). Carbohic gentian violet solution. *Fingerprint Whorl*, 4(15), 82–83.
31. Henry, E. A. (1934). *Classification and uses of fingerprints*. 7<sup>th</sup> ed. London: HMSO.
32. Hollars, M. L., Trozzi, T. A., Barron, B. L. (2000). Development of latent fingerprints on dark colored sticky surfaces using liquid-drox. *Journal of Forensic Identification*, 50(4), 357–362.
33. Home Office Scientific Development Branch (2006). Additional fingerprint development techniques for adhesive tapes. *Fingerprint Development Imaging Newsletter*, 23, 1–12.
34. Howard, S. (1993). Basic fuchsin – A guide to a one-step processing technique for black electrical tape. *Journal of Forensic Sciences*, 38(6), 1391–1403.
35. International Fingerprint Research Group (IFRG) (2014). Guidelines for the assessment of fingermark detection techniques. *Journal of Forensic Identification*, 64(2), 174–200.
36. Isaac, K. L. (1993). A review on detection of latent prints on self-adhesive tapes. *Fingerprint Whorl*, 19, 89–96.
37. Jasuja, O. P., Singh, G., Sodhi, G. S. (2007). Development of latent fingerprints on the sticky side of adhesive tapes: Phase transfer catalyst based formulation. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, 40(1), 1–13.
38. Jin, Y. J., Luo, Y. J., Li, G. P., Zhang, W. I. (2012). Application of PAMAM dendrimers for detecting latent fingerprints on adhesive tapes. *Imaging Science Photochemistry* (abstract).
39. Jones, B. J., Reynolds, A. J., Richardson, M., Sears, V. G. (2010). Nano-scale composition of commercial white powders for development of latent fingerprints on adhesives. *Science and Justice*, 50, 150–155.
40. Jumper, A. J. (1996). Fluorescent gentian violet. *The Print*, 12(4), 10.
41. Kanodarwala, F. K., Moret, S., Spindler, X., Lennard, C., Roux, C. (2019). Nanoparticles used for fingermark detection – A comprehensive review. *Wires Forensic Science*, 1, 1341.
42. Kent, T. (1980). A modified gentian violet development technique for fingerprints on black adhesive tape. PSDB Technical Memorandum No 1/80.
43. Kimble, G. W. (1996). Powder suspension processing. *Journal of Forensic Identification*, 46(3), 273–280.
44. Knowles, A. M. (1978). Aspects of physicochemical methods for the detection of fingerprints. *Journal of Physics E: Scientific Instruments*, 11(8), 713–721.
45. Kuno, Y. (1934). *The physiology of human perspiration*. London: J. & A. Churchill Ltd.
46. Li, F., Li, H., Cui, T. (2017). One-step synthesis of solid state luminescent carbon-based silica nanohybrids for imaging of latent fingerprints. *Optical Materials*, 73, 459–465.
47. Li, H., Guo, X., Liu, J., Li, F. (2016). A synthesis of fluorescent starch based on carbon nanoparticles for fingerprints detection. *Optical Materials*, 60, 404–410.
48. Liu, J., Shi, Z., Yu, Y., Yang, R., Zuo, S. (2010). Water-soluble multicolored fluorescent CdTe quantum dots: Synthesis and application for fingerprint developing. *Journal of Colloid and Interface Science*, 342(2), 278–282.
49. Liu, K., Zhang, N., Meng, L., Li, Z., Xu, X. (2018). Visualization of latent fingerprints beneath opaque electrical Tapes by optical coherence tomography. (In) Tenth International Symposium on Multispectral Image Processing and Pattern Recognition (MIPPR2017) (p. 6). Xiangyang, China.

50. Maceo, A. V., Wertheim, K. (2000). Use of ninhydrin in the recovery of latent prints on evidence involving adhesive surfaces attached to porous surfaces. *Journal of Forensic Identification*, 50(6), 581–594.
51. Malik, A. H., Kalita, A., Iyer, P. K. (2017). Development of well preserved, substrate-versatile latent fingerprints by aggregation induced enhanced emission active conjugated polyelectrolyte. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 9, 37501.
52. Martin, B. L. (1999). Developing latent prints on the adhesive surface of black electrical tape. *Journal of Forensic Identification*, 49(2), 127–129.
53. Matthias, G. (2016). Cyanoacrylate processing of tape following the use of Un-du. *Journal of Forensic Identification*, 66(5), 388–394.
54. Menzel, E. R. (1989). Pretreatment of latent prints for laser development. *Forensic Science Review*, 1(1), 43–66.
55. Midkiff, C. R. (1994). Development of prints on tape. *Fingerprint Whorld*, 20(75), 5–7.
56. Midkiff, C. R., Codell, D., Chapman, J. (1997). Development of latent prints on tape-part III. *Fingerprint Whorld*, 23(89), 83–86.
57. Midkiff, C. R., Codell, D. E. (1995). Development of latent prints on tape-part II. *Fingerprint Whorld*, 21(79), 21–26.
58. Molina, D. (2007). The use of Un-du to separate adhesive materials. *Journal of Forensic Identification*, 57(5), 688–696.
59. Moret, S., Scott, E., Barone, A., Liang, K., Lennard, C., Roux, C., Spindler, X. (2018). Metal-organic frameworks for fingerprint detection – a feasibility study. *Forensic Science International*, 291, 83–93.
60. Morris, A. D. (1992). Superglue as an option to gentian violet on adhesive side of tape. *Fingerprint Whorld*, 18, 101–102.
61. Na Ayudhaya, T. P., Viwattana, P., Thamaphat, K., Lomthaisong, K. (2014). Room temperature synthesis of water-soluble starch-stabilized CdSe quantum dots for latent fingerprints detection. *Advances in Environmental Biology*, 8(14), 44–49.
62. Olenik, J. (2015). Dye staining of duct tape: an overlooked procedure. *Journal of Forensic Identification*, 65(3), 219–221.
63. Parisi, K. M. (1999). Getting the most from fingerprint powders. *Journal of Forensic Identification*, 49, 494–498.
64. Ramotowski, R. (2012). *Lee and Gaensslen's advances in fingerprint technology*. 3<sup>rd</sup> ed. Florida: CRC Press.
65. Sampson, W. C. (1997). Letter to the editor. *Journal of Forensic Identification*, 47(2), 252–253.
66. Schiemer, C., Lennard, C., Maynard, P., Roux, C. (2005). Evaluation of techniques for the detection and enhancement of latent fingerprints on black electrical tape. *Journal of Forensic Identification*, 55(2), 214–238.
67. Scott, M. (2009). Does CA fuming interfere with powder suspension processing? *Journal of Forensic Identification*, 59(2), 144–151.
68. Scruton, B., Robins, B. W., Blott, B. M. (1975). The deposition of fingerprint films. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 8(6), 714–723.
69. Shahbazi, S., Boseley, R., Grant, B., Chen, D., Becker, T., Adegoke, O., Daeid, N. N., Jia, G., Lewis, S. W. (2020). Luminescence detection of latent fingerprints on non-porous surfaces with heavy-metal-free quantum dots. *Forensic Chemistry*, 18, 100222.
70. Smith, D. W. (1977). A practical method for the recovery of latent impressions on adhesive surfaces. *Identification News*, 27(10), 3–4.
71. Smith, J. M. (2013). *Adhesive Tapes*. (In) J. A. Siegel, P. Saukko, M. M. Houck (Eds.), *Encyclopedia of forensic sciences*, 2<sup>nd</sup> ed. New York: Academic Press.
72. Sneddon, N. (1999). Black powder method to process duct tape. *Journal of Forensic Identification*, 49(4), 347–356.
73. Sodhi, G. S. (2005). Detection of latent fingerprints on adhesive tapes. Presented at the International Fingerprint Research Group Meeting, Netherlands, Hague.
74. Sodhi, G. S., Kaur, J. (2001). Powder method for detecting latent fingerprints: A review. *Forensic Science International*, 120, 172–176.
75. Sodhi, G. S., Kaur, J. (2019). Phase transfer catalysis in the aid of fingerprint development. *Arab Journal of Forensic Science and Forensic Medicine*, 1(9), 1185–1188.
76. Song, K., Huang, P., Yi, C., Ning, B., Hu, S., Nie, L., Chen, X., Nie, Z. (2015). Photoacoustic and colorimetric visualization of latent fingerprints. *ACS Nano*, 9(12), 12344–12348.
77. Steele, C. A., Ball, M. S. (2003). Enhancing contrast of fingerprints on plastic tape. *Journal of Forensic Sciences*, 48(6), 1314–1317.
78. Stimac, J. T. (2000). Adhesive tape separation with Un-du. *Fingerprint Whorld*, 26, 153–157.
79. Tang, M., Ren, G., Zhu, B., Yu, L., Liu, X., Chai, F., Wu, H., Wang, C. (2019). Facile synthesis of orange emissive carbon dots and their application for mercury ion detection and fast fingerprint development. *Analytical Methods*, 11(15), 2072–2081.
80. Thomas, G. L. (1978). The physics of fingerprints and their detection. *Journal of Physics E: Scientific Instruments*, 11(8), 722–731.
81. Tuthill, H. (1997). Sticky-side powder versus gentian violet: the search for the superior method for processing the sticky-side of adhesive tape (letter to the editor). *Journal of Forensic Identification*, 47(1), 4–10.
82. Wade, D. C. (2002). Development of latent prints with titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>). *Journal of Forensic Identification*, 52(5), 551–559.



83. Wang, K., Yang, R. Q., Xia, B. B., Xiong, H. (2011). The development of latent fingerprints on adhesive tape by water-soluble fluorescent ZnSe/MPA with Cd quantum dots. *Chinese Journal of Forensic Sciences* (abstract).
84. Wang, Y. F., Yang, R. Q., Shi, Z. X., Liu, J. J., Zhao, K., Wang, Y. J. (2014). The effectiveness of CdSe nanoparticle suspension for developing latent fingerprints. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18(1), 13–18.
85. Wang, Y. F., Yang, R. Q., Wang, Y. J., Shi, Z. X., Liu, J. J. (2009). Application of CdSe nanoparticle suspension for developing latent fingerprints on the sticky side of adhesives. *Forensic Science International*, 185, 96–99.
86. Williams, N. H., Elliott, K. T. (2005). Development of latent prints using titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) in small particle reagent, white (SPR-W) on adhesives. *Journal of Forensic Identification*, 55(3), 292–305.
87. Wilshire, B. (1996). Advances in fingerprint detection. *Endeavour*, 20, 12–15.
88. Wilson, B. L., McCloud, V. D. (1982). Development of latent prints on black plastic tape using crystal violet dye and photographic paper. *Identification News*, 32(3), 3–4.
89. Wilson, H. D. (2010). RAY dye stain versus gentian violet and alternate powder for development of latent prints on the adhesive side of tape. *Journal of Forensic Identification*, 60(5), 510–523.
90. Xia, B. B., Wang, Y. G., Yang, R. Q. (2010). The comparison of CdSe/TGA and CdS/PAMAM quantum dots solutions for developments latent fingerprints on adhesive tapes. *Chinese Journal of Forensic Sciences* (abstract).
91. Yang, R., Wang, Y., Xia, B., Wang, Y., Liu, J. (2011). Application of CdTe quantum dots to development fingerprints on adhesive surfaces. *Material Science Forum*, 694, 874–880.
92. Yang, R. Q., Wang, C. (2011). Developing latent fingerprints on wet surfaces by CdSe mercaptoacetic acid. *Chinese Journal of Forensic Sciences* (abstract).
93. Yang, R. Q., Zhou, Q. Y., Wang, Y. F., Jin, Y. J. (2008). Nano meter CdS/PAMAM G5.0 for developing oil latent fingerprints on adhesive side of common tapes. *Chinese Journal of Inorganic Chemistry* (abstract).
94. Yu, X., Zuo, S., Xiong, H., Yu, Y., Liu, J., Yang, R. (2013). Synthesis of water-soluble, multicolored fluorescent Zn<sub>x</sub>Cd<sub>1-x</sub>Se quantum dots for developing latent fingerprints. *Chem Plus Chem*, 78, 244–249.
95. Yu, Y. L., Yan, L., Xia, Z. N. (2017). Non-toxic luminescent Au Nanoclusters@Montmorillonite nanocomposites powders for latent fingerprint development. *RSC Advances*, 7, 50106–50112.
96. Zhang, N., Wang, C., Sun, Z., Li, Z., Xie, L., Yan, Y., Xu, L., Guo, J., Huang, W., Li, Z., Xue, J., Liu, H., Xu, X. (2018). Detection of latent fingerprint hidden beneath adhesive tape by optical coherence tomography. *Forensic Science International*, 287, 81–87.

---

**Corresponding author**

Gurvinder Singh Bumrah, M.Sc., PGDAC  
Assistant Professor  
Department of Chemistry, Biochemistry and Forensic  
Science  
Amity School of Applied Sciences  
Amity Education Valley, Amity University  
Gurugram (Manesar)  
Haryana-122413, India  
E-mail: bumrah85@gmail.com

---

## TENDENCJE I KIERUNKI W UJAWNIANIU ŚLADÓW LINII PAPILARNYCH NA TAŚMACH SAMOPRZYLEPNYCH: PRZEGLĄD

### 1. Tło

Linie papilarne są najważniejszą i najbardziej przydatną cechą ludzkiego ciała, umożliwiającą identyfikację osób w postępowaniach cywilnych i karnych. Ze względu na swój unikatowy charakter i trwałość odgrywają istotną rolę w pracy dochodzeniowej. Ślady linii papilarnych powstają za sprawą drobinek potu wydzielanych z porów znajdujących się na skórze palców. Ponieważ odciski linii papilarnych są niewidoczne gołym okiem, nazywane są śladami (Champod, Lennard, Margot, Stoilovic, 2016; Ramotowski, 2012; Thomas, 1978). Za naturalne wydzieliny z palców odpowiadają gruczoły ekrynowe, apokrynowe oraz łojowe. Na wewnętrznej części dłoni znajdują się liczne gruczoły ekrynowe wydzielające bezbarwny pot składający się z ok. 99% wody, 0,5% substancji organicznych i 0,5% substancji nieorganicznych. Pot wydzielany przez gruczoły ekrynowe zawiera aminokwasy, cholinę, kreatyninę, kwas mlekowy, białko, cukry, mocznik oraz kwas moczowy, natomiast pot wydzielany przez gruczoły łojowe zawiera kwasy tłuszczowe, glicerydy, skwalen, estry steroli i woski (Knowles, 1978; Kuno, 1934; Scruton, Robins, Blott, 1975).

Ślady linii papilarnych występują na różnych przedmiotach znajdujących się w miejscach przestępstw. Możliwość ich ujawnienia jest uzależniona od szeregu czynników, w tym warunków środowiskowych, czasu, jaki upływa od odcisnięcia śladu do zbadania zebranych dowodów, a także od koloru, stanu i właściwości powierzchni, na której ślady te się znajdują. Specyfika powierzchni ma kluczowe znaczenie dla wyboru metody ujawniania śladów linii papilarnych. Rodzaje powierzchni można z grubsza podzielić na trzy kategorie w zależności od zdolności wchłaniania osadów rozpuszczalnych w wodzie: porowate, częściowo porowate i nieporowate (Champod i in., 2016; Ramotowski, 2012).

Do ujawnienia śladów linii papilarnych lub poprawy jakości śladów ujawnionych na różnych rodzajach powierzchni wykorzystuje się metody optyczne, fizyczne i/lub chemiczne (samodzielnie lub w kombinacji). Dobór metody jest uzależniony od koloru, stanu, właściwości i faktury powierzchni, na której znajduje się ślad linii papilarnych (Bumrah, 2016; Bumrah, Sharma, Jasuja, 2016; Bumrah, 2017; Bumrah, Rawat, 2019; Bumrah, Sodhi, Kaur, 2019; International Fingerprint Research Group Guidelines, 2014).

Czasami na miejscu przestępstwa znajdują się obiekty o sprawiających trudności powierzchniach, które wymagają specjalistycznej obróbki w celu ujawnienia śladów linii papilarnych. Jedną z takich powierzchni

jest taśma samoprzylepna. Taśmy samoprzylepne są często wykorzystywane w różnych przestępstwach, w tym w morderstwach, atakach terrorystycznych, porwaniach, gwałtach itp. Przesłane niejednokrotnie posługują się nimi do wiązania ofiar, budowy improwizowanych ładunków wybuchowych oraz pakowania nielegalnych narkotyków. W trakcie przestępstwa sprawcy pozostawiają na samoprzylepnej powierzchni taśm różne rodzaje śladów, takie jak ślady linii papilarnych, włókna, włosy, materiał DNA), dlatego też stanowią one istotne dowody w prowadzonych śledztwach (Champod i in., 2016; Ramotowski, 2012).

Taśma samoprzylepna składa się z jednolitej warstwy materiału klejącego, umieszczonej po wewnętrznej stronie elastycznej powłoki. Powłoka taśmy samoprzylepnej może być wykonana z papieru, folii plastikowej, tkaniny, polipropylenu, polietylenu o niskiej gęstości oraz polichlorku winylu (PCW). Ponadto do powłoki dodawane są różne rodzaje barwników, wypełniaczy nieorganicznych, stabilizatorów, plastyfikatorów i konserwantów. Różni producenci taśm stosują różne materiały klejące do warstwy samoprzylepnej, m.in. gumę naturalną, akrylan etylu lub butylu, polibutadien itp. Materiały te mają postać stałą w temperaturze pokojowej i zapewniają swobodne wiązanie łańcuchów polimerowych z żywicami, obniżając w ten sposób temperaturę przejścia szklistego i nadając im lepkość w temperaturze pokojowej (Smith, 2013).

Taśmy samoprzylepne wykazują lepkość w temperaturze pokojowej i są w stanie przytwierdzić się do różnych powierzchni pod wpływem niewielkiego nacisku. Taśmami samoprzylepnymi są taśmy klejące, taśmy elektroizolacyjne i taśmy pakowe. Taśmy termiczne uzyskują lepkość dopiero po podgrzaniu do temperatury 180°F (ok. 82°C) lub wyższej. Umożliwiają wówczas przytwierdzenie do trudnych powierzchni, takich jak guma lub tworzywa sztuczne oparte na polichlorku winylu (PWC). Taśmy wodne, nazywane także taśmami gumowymi, zawierają lepiszcze skrobiowe lub oparte na kleju zwierzęcym, umieszczone na powłoce papierowej. Często stosuje się je do zamykania i uszczelniania skrzyń i pudeł. Skład chemiczny taśmy samoprzylepnej różni się w zależności od producenta, a także w ramach oferty jednego producenta (Smith, 2013).

W ostatnim czasie nastąpił wzrost zainteresowania ujawnianiem śladów linii papilarnych na warstwach klejących taśm samoprzylepnych ze strony środowisk naukowych z całego świata. Ujawnianie śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśmy samoprzylepnej jest

trudnym zadaniem ze względu na obecność materiału klejącego.

### **Problemy związane z ujawnianiem śladów identyfikowalnych na taśmach samoprzylepnych**

Ujawnienie śladów linii papilarnych na powierzchniach lepkich, takich jak taśmy samoprzylepne, stanowi często dużą trudność. Jest to spowodowane lepkością materiału oraz jego przytwierdzeniem do innych powierzchni lub do samego siebie. Przed poddaniem warstwy klejącej taśmy samoprzylepnej obróbce należy oddzielić ją od innych powierzchni lub od powierzchni samej taśmy. W literaturze opisano różne metody oddzielania i rozklejania taśm samoprzylepnych (Bailey, Crane, 2011; Bergeron, 2009; Choudhry, Whrittenour, 1990; Campbell, 1991; Matthias, 2016; Stimac, 2000).

Trudność w ujawnianiu śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśmy samoprzylepnej wynika także z obecności materiału klejącego po wewnętrznej stronie taśmy. Skład materiału klejącego różni się w zależności od rodzaju taśmy i producenta, co wpływa na skład śladu linii papilarnych oraz skuteczność metody ujawniania. Ponadto nadmierne zaplamienie powierzchni oraz słaby kontrast dodatkowo utrudniają ujawnienie identyfikowalnych śladów linii papilarnych.

Przeprowadzono liczne badania dotyczące ujawniania śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych. Istnieje szereg metod ich ujawniania na taśmach samoprzylepnych, które można stosować samodzielnie lub w kombinacji. Metoda pierwsza opiera się na poddaniu materiału działaniu par jodu lub cyjanoakrylanu, a następnie wybarwieniu rodaminą 6G lub żółcią podstawową 40. Metoda druga polega na naniesieniu proszku daktyloskopijnego na warstwę klejącą taśmy samoprzylepnej. W metodzie trzeciej wykorzystuje się zawiesinę proszku do ujawnienia śladów linii papilarnych na powierzchni. Metoda czwarta polega na obróbce materiału za pomocą katalizatora przeniesienia fazowego. W metodzie piątej ślady linii papilarnych na warstwie klejącej taśmy samoprzylepnej ujawnia się za pomocą nanomateriałów. W niniejszym przeglądzie podjęto próbę streszczenia problematyki ujawniania śladów daktyloskopijnych na taśmach samoprzylepnych oraz możliwych rozwiązań proponowanych przez różnych autorów.

## **2. Ujawnianie śladów linii papilarnych na taśmach samoprzylepnych**

W ostatnim czasie nastąpił wzrost zainteresowania ujawnianiem śladów linii papilarnych na warstwach klejących taśm samoprzylepnych ze strony środowisk na-

ukowych z całego świata. Ponieważ taśmy samoprzylepne są często wykorzystywane przez przestępców, stanowią dla śledczych potencjalne dowody zawierające ślady linii papilarnych sprawców, dlatego też ujawnianie ich na tego typu materiałach ma kluczowe znaczenie dla przebiegu śledztwa. Opisane poniżej metody są powszechnie wykorzystywane do ujawniania śladów linii papilarnych na warstwie klejącej różnych rodzajów taśm samoprzylepnych. Rys. 1 przedstawia metody wykorzystywane do ich ujawniania na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych.

### **2.1. Metoda par**

Morris (1992) i Isaac (1993) zaproponowali metodę ujawniania śladów linii papilarnych na warstwie klejącej różnych rodzajów taśm samoprzylepnych, polegającą na poddaniu materiału klejącego działaniu par cyjanoakrylanu, a następnie wybarwieniu za pomocą żółci podstawowej 40 (BY 40), rodaminy 6G lub MBD. Olenik (2015) wykorzystał proces poddania materiału klejącego działaniu par cyjanoakrylanu oraz wybarwienia go za pomocą BY 40 do ujawnienia śladów linii papilarnych na gładkich i klejących powierzchniach taśmy klejącej, czarnej taśmy elektroizolacyjnej oraz innych taśm z tworzyw sztucznych. Po wybarwieniu taśma została wypłukana pod wodą bieżącą, wysuszona i zbadana za pomocą okularów o pomarańczowych lub żółtych szklach w świetle niebieskim, a także w świetle o długości fali od 415 do 485 nm. W podobnym badaniu Schiemer, Lenard, Maynard i Roux (2005) zarekomendowali proces polegający na poddaniu materiału działaniu par cyjanoakrylanu, wybarwienie barwnikiem fluorescencyjnym BY 40/jaskrawą czerwień 28 (BR 28) oraz zastosowaniu zawiesiny proszku białego do ujawnienia śladów linii papilarnych na różnych rodzajach czarnych taśm elektroizolacyjnych. Steele i Ball (2003) wykorzystali pary cyjanoakrylanu do ujawnienia śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych. Do zwiększenia kontrastu ujawnionych śladów zaproponowano zastosowanie żółci dyspersyjnej 211. Sampson (1997) zaproponował wstępną obróbkę śladów linii papilarnych znajdujących się na warstwie klejącej i gładkiej taśmy samoprzylepnej za pomocą par cyjanoakrylanu, a następnie ich ujawnienie za pomocą zawiesiny proszku. Matthias (2016) wykorzystał metodę par cyjanoakrylanu do ujawnienia śladów linii papilarnych zarówno na warstwie klejącej, jak i gładkiej czarnej taśmy elektroizolacyjnej, taśmy pakowej, szarej taśmy klejącej oraz taśmy maskującej, na które wcześniej naniesiono zmywacz Undu. Zaobserwowano, że zastosowanie zmywacza Undu nie wpłynęło negatywnie na jakość ujawnionych śladów daktyloskopijnych oraz nie zakłóciło obróbki materiału za pomocą par cyjanoakrylanu.

Moret i in. (2018) wskazali proces, w którym do ujawnienia śladów linii papilarnych na warstwie klejącej srebrnej taśmy samoprzylepnej zastosowano pary cyjanoakrylanu i wybarwienie rodaminą 6G jako skuteczniejszy od struktury metaliczno-organiczej. Z kolei de Jong i de Puit (2018) opisali zastosowanie struktury metaliczno-organiczej opartej na terbie i europie do ujawnienia śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśmy przezroczystej. Ze względu na ich nietoksyczną, skuteczną i długotrwałą luminescencję (co najmniej 12 miesięcy) zaproponowano wykorzystanie fluorescencyjnych struktur metaliczno-organiczych do wzmocnienia kontrastu śladów daktyloskopijnych ujawnionych metodą par cyjanoakrylanu.

Scott (2009) stwierdził, że w procesie ujawniania śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśm maskujących i klejących należy zastosować najpierw zawiesiny proszku, a dopiero potem pary cyjanoakrylanu, ponieważ jego działanie istotnie utrudnia ujawnienie śladów daktyloskopijnych metodą zawiesiny proszku. Na potrzeby ujawniania śladów linii papilarnych może on być jednak stosowany do obróbki wstępnej na warstwie gładkiej taśmy klejącej za pomocą metody zawiesiny proszku. Midkiff i Codell (1995) zauważyli, że na jakość śladów daktyloskopijnych ujawnianych metodą par cyjanoakrylanu wpływ ma skład chemiczny, jednolitość i grubość materiału klejącego na powierzchni taśmy.

Smith (1977) zastosował pary jodu i kwasu osmowego do ujawnienia śladów daktyloskopijnych na warstwie klejącej taśmy samoprzylepnej. Midkiff (1994) za pomocą par jodu uzyskał odbitki daktyloskopijne dobrej jakości na taśmach o jasnych kolorach. Obróbka odbitek za pomocą alfa-naftoflawonu poprawia widoczność i stabilność odbitek daktyloskopijnych ujawnionych przy zastosowaniu par jodu.

## 2.2. Proszek daktyloskopijny

Metoda proszkowa jest jedną z najstarszych i najprostszych technik ujawniania śladów linii papilarnych na suchych, gładkich powierzchniach. Charakteryzuje się uniwersalnością, szybkością i skutecznością. Polega na naniesieniu drobnego proszku na ślady linii papilarnych, a następnie usunięciu nadmiaru proszku za pomocą pędzla oraz poprzez zdmuchiwanie (Champod i in., 2016; Faulds, 1912; Henry, 1934; Ramotowski, 2012; Sodhi, Kaur, 2001; Wilshire, 1996). Proszek daktyloskopijny wiąże się z wilgocią i olejowymi składnikami śladów linii papilarnych. Jego właściwości wiążące są uzależnione od kształtu i wielkości jego cząsteczek. Drobne cząsteczki przylegają do śladów daktyloskopijnych skuteczniej niż duże i grube. Nie istnieje uniwersalna formuła proszku daktyloskopijnego, który skutecznie ujawniałby ślady linii papilarnych na wszystkich rodzajach powierzchni

(Champod i in., 2016; Ramotowski, 2012; Sodhi, Kaur, 2001).

Stosowanie proszku daktyloskopijnego jest najczęściej wykorzystywaną na świecie metodą ujawniania śladów linii papilarnych. W Wielkiej Brytanii metodę tę stosuje się do prawie 50% identyfikacji rocznie. Z tego względu nawet niewielkie udoskonalenia, np. dobór optymalnego składu proszku daktyloskopijnego do danej powierzchni, mogą przynieść istotne korzyści dla pracy dochodzeniowej. Niezbędne są dalsze badania (Ramotowski, 2012).

Pod koniec lat 60. XX w. włoska policja po raz pierwszy zastosowała fiolet gencjanowy do ujawnienia śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych (Kent, 1980). Na początku lat 80. XX w. Kent (1980) oraz Wilson i McCloud (1982) zaproponowali zastosowanie fioleto gencjanowego do ich ujawniania na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych w ciemnych kolorach. Zaobserwowano, że ujawnione ślady można skutecznie pobrać na papier fotograficzny. Haylock (1979) zastosował fiolet gencjanowy na bazie fenolu do ich ujawnienia na warstwie klejącej taśmy samoprzylepnej. Z kolei Tuthill (1997) użył fioleto gencjanowego bez fenolu do ujawnienia świeżych i starych śladów na taśmach klejących. Zaobserwowano jednak, że użycie fioleto gencjanowego na bazie fenolu pozwoliło na uzyskanie lepszych wyników w porównaniu do stosowania fioleto gencjanowego bez obecności fenolu. Jumper (1996) opracował fluorescencyjną postać fioleto gencjanowego do ujawniania śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych. Postać ta zawiera fiolet gencjanowy oraz rodaminę 6G i pozwala na ujawnianie fluorescencyjnych śladów daktyloskopijnych. Pod wpływem światła w przedziale ~400–600 nm (niebieskozielonego) fiolet gencjanowy wykazuje fluorescencję w zakresie bliskim podczerwieni (Champod i in., 2016; Ramotowski, 2012; Sodhi, Kaur, 2001).

Arima (1981) zaproponował użycie wzbudzanego promieniami UV fluorescencyjnego czynnika rozjaśniającego Mikephor BS do ujawniania śladów linii papilarnych na warstwie klejącej kolorowych taśm samoprzylepnych. Menzel (1989) i Howard (1993) użyli fuksyny zasadowej do ujawniania fluorescencyjnych śladów daktyloskopijnych na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych. Midkiff, Codell i Chapman (1997) użyli wodnego roztworu barwnika do tkanin do ujawnienia identyfikowalnych śladów na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych. Wilson (2010) wskazał barwnik RAY (rodamina, ardrox, żółć podstawowa) jako skuteczniejszy od fioleto gencjanowego lub zawiesiny alternatywnego proszku czarnego do ich ujawnienia na warstwie klejącej taśmy samoprzylepnej. Zaobserwowano, że ich poddanie wstępnemu działaniu par cyjanoakrylanu poprawiło jakość ujawnionych odcisków. Wilson i McCloud (1982) zasugerowali dodatkową obróbkę śladów rozcieńczo-



nym roztworem kwasu chlorowodorowego (10%), aby zmniejszyć wybarwienie tła oraz przewołać odbitki spowodowane zastosowaniem fioletu gencjanowego.

Frick, Buseti, Cross i Lewis (2014) użyli wodnego roztworu błękitu nilowego do ujawnienia śladów linii papilarnych na warstwie klejącej białej taśmy elektroizolacyjnej. Barros i Stefani (2016) zastosowali proste, czułe, selektywne i niedrogie barwniki fluorescencyjne, tzn. HB-7, HB-9 i HB-11 do ujawnienia świeżych i starszych (15-dniowych) śladów na warstwie klejącej jasnych i ciemnych taśm samoprzylepnych różnego typu. Ujawnione odciski wykazywały fluorescencję po długim wzbudzeniu światłem ultrafioletowym (365 nm). Do ich ujawnienia nie były potrzebne żadne skomplikowane przyrządy ani dodatkowa obróbka powierzchni taśm samoprzylepnych. Ślady ujawnione za pomocą tych barwników fluorescencyjnych pozostają stabilne przez rok w normalnych warunkach laboratoryjnych, bez żadnej degradacji barwników. Wskazano barwnik HB-7 jako skuteczniejszy od fioletu kryształowego do ich ujawnienia na taśmach samoprzylepnych ze względu na lepszy kontrast, silniejszą fluorescencję oraz doskonałą jakość odbitek.

### 2.3. Zawiesina proszku

Zawiesina proszku jest skuteczną i uniwersalną metodą ujawniania śladów linii papilarnych na różnych powierzchniach analizowanych w pracy śledczej. Jest ona wodnym roztworem materiału żywniczego, do którego dodawany jest dostępny w handlu detergent (jako środek powierzchniowo czynny) w celu uzyskania zawiesiny proszkowej w wymaganym stężeniu. Jej użyteczność można zwiększyć, dodając do niej barwnik fluorescencyjny. Fluorescencyjna zawiesina umożliwia ujawnienie niewyraźnych i słabych śladów na wielobarwnych powierzchniach (Bumrah, 2016).

Zawiesiny takie są powszechnie wykorzystywane do ujawniania śladów na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych. Gray (1996) i Sneddon (1999) wskazali zawiesinę proszku Sticky-side jako skuteczniejszą od fioletu gencjanowego na bazie fenolu do ich ujawniania na warstwie klejącej taśmy samoprzylepnej ze względu na wysoką skuteczność i prostotę zastosowania. Bratton i Gregus (1996) użyli zawiesiny proszku Sticky-side na bazie proszku czarnego do ujawnienia śladów na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych. Preparat ten pozwala na uzyskanie ich odbitek o wyższej jakości w porównaniu do fioletu gencjanowego, ninhydryny, par cyjanoakrylanu oraz połączonej metody par cyjanoakrylanu i wybarwienia barwnikiem fluorescencyjnym na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych (Bratton, Gregus, 1997).

Freeman (1991) zastosował mieszaninę detergentu i wodnego roztworu proszku metalicznego do ujawnienia śladów na warstwie klejącej taśmy samoprzylepnej. Do

uzyskania istotnej poprawy jakości ujawnionych odbitek na powierzchniach klejących niezbędna była obróbka za pomocą roztworu detergentu. Kimble (1996) zastosował zawiesiny proszku zwykłego, metalicznego i fluorescencyjnego do ujawnienia śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśmy przezroczystej. Martin (1999) użył mieszaniny proszku szarego i białego do ich ujawnienia na warstwie klejącej czarnej taśmy elektroizolacyjnej.

Frank i Almog (1993) oraz Wade (2002) zalecaли użyć proszku Sticky-side na bazie dwutlenku tytanu do ujawniania śladów na warstwie klejącej taśm elektroizolacyjnych w ciemnych kolorach. Williams i Elliott (2005) użyli zwilżacza Kodak Photo-Flo 200 zawierającego proszek drobnocząsteczkowy (SPR, *small particle reagent*) na bazie dwutlenku tytanu do ujawniania śladów na warstwie klejącej i gładkiej taśmy samoprzylepnej. W podobnym badaniu Jones, Reynolds, Richardson i Sears (2010) zastosowali proszek SPR na bazie dwutlenku tytanu do ich ujawnienia na warstwie klejącej samoprzylepnych czarnych taśm elektroizolacyjnych. Zaobserwowano, że proszek SPR na bazie dwutlenku tytanu, zawierający glinokrzemian, dawał lepsze rezultaty w porównaniu do konwencjonalnego proszku SPR na bazie dwutlenku tytanu w ujawnianiu śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych. Odnotowano, że zmiany morfologii i składu chemicznego materiału powlekającego wpływają na właściwości powierzchniowe cząsteczek oraz interakcję środka do ujawniania śladów daktyloskopijnych ze składem osadu tych śladów. Wskazano proszek SPR na bazie dwutlenku tytanu jako skuteczniejszy w porównaniu z mieszkanką Wetwop, zawiesiną Wet Powder White oraz zawiesiną proszku do ujawniania śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych. Brytyjski Home Office (Ministerstwo Spraw Wewnętrznych) zaleca do ujawniania śladów linii papilarnych na warstwie klejącej czarnych i ciemnych taśm samoprzylepnych stosowanie zawiesiny proszku na bazie dwutlenku tytanu zamiast proszku daktyloskopijnego. Ze względu na jej intensywny czarny kolor zaproponowano stosowanie zawiesiny tlenku żelaza ( $Fe_3O_4$ ) do ujawniania śladów na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych w kolorze białym i w innych jasnych kolorach (Home Office Scientific Development Branch, 2006).

Hollarz, Trozzi i Barron (2000) zaproponowali zastosowanie roztworu Liqui-Drox do ujawniania fluorescencyjnych śladów na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych w ciemnych kolorach. Roztwór Liqui-Drox zawiera Ardrex, Liqui-Drox i wodę. Ujawnione odbitki śladów były nietrwałe i blakły z upływem czasu (w ciągu 12–24 godzin) lub traciły kontrast, zlewając się z materiałem klejącym taśmy. Z tego względu należy fotografować je niezwłocznie po ujawnieniu, używając filtra 515 nm. Zaobserwowano, że możliwa jest stabilizacja lub odświeżenie wyblakłych śladów daktyloskopijnych poprzez do-

datkową obróbkę roztworem Liqui-Drox. Metoda ta jest nieskuteczna w przypadku starych śladów oraz wtedy, gdy taśma została wcześniej poddana działaniu wysokiej temperatury lub wody. Autorzy wskazują jednak opisaną przez siebie technikę fluorescencyjną jako idealną metodę do ujawniania śladów linii papilarnych na powierzchniach klejących o ciemnych kolorach. Parisi (1999) zastosował zawieszinę proszku zawierającą fluorescencyjny lub biały proszek daktyloskopijny oraz roztwór Liqui-Nox do ich ujawniania na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych o ciemnych kolorach.

Brzozowski, Białek i Subik (2005) wskazali zawieszinę Wetwop jako skuteczniejszą od zawiesziny proszku Sticky-side oraz fioletu gencjanowego (na bazie etanolu i fenolu) do ujawniania świeżych i starych (16-tygodniowych) śladów na warstwie klejącej brązowej i przezroczystej taśmy samoprzylepnej ze względu na prostotę, skuteczność i uniwersalność zastosowań. Zaproponowano użycie zawiesziny proszku Sticky-side do ujawniania śladów na taśmach samoprzylepnych z klejem kauczukowym. Zaobserwowano, że zawieszina Wetwop wykazywała najwyższą skuteczność, natomiast fiolet gencjanowy był najmniej skuteczny w ujawnianiu śladów na brązowych i przezroczystych taśmach samoprzylepnych z naturalnym i syntetycznym klejem kauczukowym. Zaobserwowano również, że zawieszina ta wykazywała najwyższą skuteczność, natomiast zawieszina proszku okazała się najmniej skuteczna w ich ujawnianiu na brązowych i przezroczystych taśmach samoprzylepnych z klejem akrylowym. Molina (2007) wskazał zawieszinę proszku Wetwop jako skuteczniejszą od proszku Sticky-side i fioletu gencjanowego do ujawniania śladów na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych. Gracia i Gokool (2020) wskazali zawieszinę Wetwop jako skuteczniejszą od fioletu gencjanowego, alternatywnego proszku czarnego, Liqui-Drox, zawiesziny proszku, proszku Sticky-side, barwnika TapeGlo i procesu sekwencyjnego z użyciem par cyjanoakrylanu oraz żółci podstawowej 40 lub rodaminy 6G do ujawniania świeżych i starych śladów na warstwie klejącej taśm elektroizolacyjnych, taśm klejących i taśm celofanowych.

Skuteczność metod ujawniania jest uzależniona od składu chemicznego materiału klejącego taśmy. Zaobserwowano, że zawiesziny proszku dają odbitki śladów lepszej jakości na klejach kauczukowych niż akrylowych, ponieważ w tym drugim przypadku proszek przytwierdza się zarówno do śladów daktyloskopijnych, jak i do otaczającego je materiału klejącego, przez co odbitka ma niedostateczny kontrast (Hart, Sears, Bowman, Wheeler, 2006). HSODB zaleca stosowanie roztworu etanolowego fioletu gencjanowego oraz wywoływacza fizycznego do ujawniania śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych z klejem akrylowym. HOSDB zaleca stosowanie zawiesziny proszku czarnego do ujawniania śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśm

samoprzylepnych gumowanych (Champod i in., 2016; Ramotowski, 2012).

#### 2.4. Katalizator przeniesienia fazowego (PTC)

W 2005 r. po raz pierwszy zastosowano metodę katalizatora przeniesienia fazowego (*phase transfer catalyst*, PTC) do ujawniania śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśmy materiałowej oraz brązowej taśmy pakowej. Preparat PTC zawiera róż bengalski (jako barwnik) oraz czwartorzędową sól amoniową, np. jodek tetrabutylamoniowy (jako katalizator). Pod wpływem krótkofalowego promieniowania UV preparat ten ujawnia fioletowe, fluorescencyjne odbitki śladów (Sodhi, 2005). W podobnym badaniu Jasuja, Singh i Sodhi (2007) użyli nietoksycznego taniego preparatu PTC do ujawniania świeżych i starych (11-dniowych) śladów na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych o różnych kolorach. Preparat ten ujawnił różowe ślady linii papilarnych na warstwie klejącej wszystkich taśm z wyjątkiem czarnej taśmy elektroizolacyjnej. Na pozostałych taśmach uzyskano wysokiej jakości odbitki o trzecim poziomie szczegółowości. Zbadano, że czas przydatności preparatu do użycia wynosi 5 miesięcy. W niedawnym badaniu Sodhi i Kaur (2019) użyli preparatu PTC do ujawniania śladów na warstwie klejącej taśmy samoprzylepnej, taśmy Sellotape oraz brązowej taśmy pakowej (Rys. 2).

#### 2.5. Nanomateriały

Nanomateriały to materiały o charakterystyce morfologicznej nieprzekraczającej 100 nm w co najmniej jednym wymiarze. Nanocząsteczki są nanomateriałami o wielkości nieprzekraczającej nanoskali (tzn. 100 nm) w trzech wymiarach. Można je podzielić na trzy kategorie: metale, tlenki metali, kropki kwantowe (*quantum dots*, QD), kropki węglowe (*carbon dots*, CD), krzem ( $\text{SiO}_2$ ) oraz nanocząsteczki konwertujące w górę (*upconverting nanoparticles*, UCNP) (Kanodarwala, Moret, Spindler, Lennard, Roux, 2019; Ramotowski, 2012).

Li, Guo, Liu i Li (2016) syntetyzowali i wykorzystali skrobiowe kropki węglowe do ujawniania śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych. Umożliwiają one ujawnianie świeżych i starych (od 1-dniowych do 1-roczych) śladów na taśmach samoprzylepnych. Kropki węglowe wykazują zdolność do przestrajania koloru emisji i są nietoksyczne. Ujawnione ślady daktyloskopijne emitowały promieniowanie zielone w świetle ultrafioletowym o długości fali 365 nm. Li, Li and Cui (2017) wykorzystali fluorescencyjne kropki węglowe na bazie krzemu do ujawniania świeżych i starych (3-miesięcznych) śladów na warstwie klejącej przezroczystej taśmy samoprzylepnej. Materiały te są zdolne do fotoluminescencji o przestrajalnym kolorze emisji i mogą być z powodzeniem wykorzystywane do

ujawniania śladów linii papilarnych na powierzchniach wielobarwnych. Tang i in. (2019) wykorzystali kropki węglowe emitujące światło pomarańczowe do ujawnienia świeżych i starych (120-dniowych) śladów na warstwie klejącej taśmy samoprzylepnej. Zastosowana metoda polegała na zanurzeniu przedmiotu, na którym znajdowały się ślady daktyloskopijne, w roztworze kropek węglowych na 10 sekund. Następnie przedmiot wyjęto z roztworu, osuszono powietrzem i zbadano w świetle ultrafioletowym. Ujawnione ślady wykazywały doskonałą fluorescencję, uwidaczniając drugi poziom szczegółowości.

Wang, Yang, Wang, Shi i Liu (2009) oraz Wang i in. (2014) wykorzystali fluorescencyjne nanocząsteczki selenku kadmu (CdSe) stabilizowanego kwasem merkaptooctowym do ujawnienia śladów linii papilarnych na warstwie klejącej czarnej, niebieskiej i żółtej taśmy elektroizolacyjnej oraz żółtej taśmy izolacyjnej. Zaobserwowali, że zawiesina proszku na bazie nanocząsteczek CdSe umożliwiła uzyskanie odbitek o znacznie mniejszym szumie tła (wyższym kontraście) i lepszej jakości niż konwencjonalny fiolet gencjanowy. Na Ayudhaya, Viwattana, Thamaphat i Lomthaisong (2014) zastosowali kropki kwantowe powleczonego skrobią CdSe w roztworze wodnym do ujawnienia świeżych, bogatych w łój śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśmy samoprzylepnej. Liu, Shi, Yu, Yang i Zuo (2010) użyli rozpuszczalnych w wodzie wielokolorowych, fluorescencyjnych kropek kwantowych tellurku kadmu (CdTe) do ich ujawnienia na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych. Yang, Wang, Xia, Wang i Liu (2011) zastosowali fluorescencyjne kropki kwantowe CdTe do ujawnienia świeżych i starych (30-dniowych) śladów na warstwie klejącej czarnej taśmy elektroizolacyjnej, celulozowej taśmy samoprzylepnej oraz żółtej taśmy izolacyjnej (Rys. 3). Procedura obejmuje zanurzenie powierzchni, na której znajdują się ślady daktyloskopijne, w roztworze kropek kwantowych, następnie splukanie jej wodą destylowaną i uwidocznienie odbitek śladów w świetle o długości fali wzbudzenia 365 nm (ultrafiolet). Zaobserwowano, że kropki kwantowe CdTe wytwarzają istotnie słabszy szum tła i lepszy kontrast niż konwencjonalne roztwory z fioletem gencjanowym i rodaminą 6G. Mogą być one zatem obiecującym środkiem do ujawniania śladów na warstwie klejącej powierzchni samoprzylepnych. W podobnym badaniu Cai, Yang, Wang, Yu i Liu (2013) użyli rozpuszczalnych w wodzie fluorescencyjnych kropek kwantowych CdTe do ujawnienia świeżych śladów na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych i przezroczystych. Zaobserwowali, że kropki te wytwarzają istotnie słabszy szum tła i lepszy kontrast niż konwencjonalne roztwory z fioletem metylowym i rodaminą 6G w czasie poniżej 5 sekund. Shahbazi i in. (2020) wykorzystali luminescencyjne kropki kwantowe Cu-In-S/ZnS o strukturze typu rdzeń/powłoka (*core-shell*) do wykrycia śladów

na warstwie klejącej przezroczystej niebieskiej i czarnej samoprzylepnej taśmy izolacyjnej. Kropki te zostały pokryte biokompatybilnym środkiem powierzchniowo czynnym (N-acetylocysteina). Powłoka taka pozwala na dyspersję kropek kwantowych w roztworze wodnym oraz zwiększa ich powinowactwo do osadów śladów linii papilarnych. Yang i Wang (2011) zastosowali nanocząsteczki CdSe stabilizowanego kwasem merkaptooctowym do ujawnienia śladów linii papilarnych na wilgotnej żółtej taśmie izolacyjnej. Zaobserwowano, że nanomateriały otoczone kwasem karboksylowym poprawiają interakcję między CdSe a osadami tych śladów. Jin, Luo, Li i Zhang (2012) uzyskali kontrastowe, fluorescencyjne odbitki śladów daktyloskopijnych na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych za pomocą ekologicznego roztworu dendrymerów typu PAMAM (poliamidoaminowych). Zaobserwowano, że jakość i fluorescencja ujawnionych śladów były uzależnione od odczynu pH roztworu roboczego dendrymerów PAMAM. Yang, Zhou, Wang i Jin (2008) uzyskali dobrej jakości fluorescencyjne odbitki śladów na warstwie klejącej przezroczystej i czarnej taśmy elektroizolacyjnej za pomocą nanokompozytu CdS/PAMAM G5.0. Wskazano nanokompozyt CdS/PAMAM G5.0 jako skuteczniejszy od konwencjonalnej rodminy 6G do ujawniania świeżych i starych śladów na warstwie klejącej badanych taśm ze względu na intensywną fluorescencję, selektywną adsorpcję i mniejsze wybarwienie tła. Xia, Wang i Yang (2010) wskazali kropki kwantowe CdSe/TGA jako skuteczniejsze od kropek kwantowych CdS/PAMAM do ujawniania śladów na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych ze względu na intensywną fluorescencję zapewnianą przez kropki kwantowe CdSe/TGA. Zaobserwowano, że kropki kwantowe CdS/PAMAM wykazywały większą skuteczność w ujawnianiu starych śladów na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych. Wang, Yang, Xia i Xiong (2011) za pomocą kropek kwantowych  $Zn_xCd_{(1-x)}Se$  na bazie kwasu merkaptooctowego (MPA) uzyskali fluorescencyjne odbitki śladów na warstwie klejącej suchych i wilgotnych taśm samoprzylepnych.

Yu i in. (2013) zastosowali rozpuszczalne w wodzie kropki kwantowe  $Zn_{0,77}Cd_{0,23}Se$  o przestrajalnym kolorze emisji (od niebieskiego do pomarańczowego) do ujawnienia śladów linii papilarnych i śladów krwawych na warstwie klejącej taśmy samoprzylepnej „Scotch”. Zaobserwowano, że za wykrycie śladów krwawych na warstwie klejącej tej taśmy odpowiedzialne jest złożone formowanie przez przyciąganie elektrostatyczne zachodzące między kropkami kwantowymi  $Zn_{0,77}Cd_{0,23}Se$  i hemoglobina lub innymi składnikami osadu śladu krwawego. Ujawnione odbitki wykazywały fluorescencję po wzbudzeniu światłem ultrafioletowym o długości fali 365 nm. Yu, Yan i Xia (2017) uzyskali odbitki śladów na warstwie klejącej taśmy przezroczystej za pomocą proszku nanokompozytowego zawierającego



nanoklastery złota interkalowane w montmorylonicie. Ujawnione ślady daktyloskopijne wykazywały czerwoną fluorescencję bez szumu tła w promieniowaniu ultrafioletowym o długości fali 365 nm. Zastosowany proszek nanokompozytowy może zatem posłużyć do ujawniania śladów linii papilarnych na powierzchniach wielobarwnych. Ze względu na brak toksyczności, dużą czułość i wysoką odporność na szum tła fluorescencyjne nanokompozyty mogą być wykorzystywane jako alternatywa wobec konwencjonalnych proszków daktyloskopijnych w ujawnianiu śladów na różnych rodzajach powierzchni porowatych i częściowo porowatych, w tym na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych.

Song i in. (2015) ujawnili ślady linii papilarnych na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych za pomocą nanocząsteczek złota funkcjonalizowanych kopolimerem styren – bezwodnik maleinowy – b-polistyren. Ślady linii papilarnych zostały ujawnione po 30–45 minutach od obróbki. Cui i in. (2015) zastosowali obrazowanie fototermiczne laserem o długości fali 808 nm do zwizualizowania śladów ujawnionych na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych za pomocą nanocząsteczek  $Cu_7S_4$  z polimeryzowanym merkaptanem allilu. Kontrastowe odbitki dobrej jakości uzyskano po trzech minutach od obróbki powierzchni roztworem. Chen, Ma, Chen i Fan (2017) ujawnili ślady linii papilarnych na warstwie klejącej przezroczystej taśmy samoprzylepnej za pomocą nanocząsteczek poli(p-fenylenowinyleny) (PPV) w wodnym roztworze koloidalnym. Zaobserwowali, że obróbka śladów etanolem i chloroformem oraz usunięcie kleju przed lub po obróbce śladów daktyloskopijnych nie wpłynęła na jakość ujawnionych śladów.

## 2.6. Inne metody

Maceo i Wertheim (2000) zastosowali ninhydrynę do ujawnienia śladów linii papilarnych na powierzchniach klejących. Zaobserwowano, że różne rodzaje powierzchni klejących wymagają użycia różnych technik obróbki, aby uzyskać najlepsze odbitki śladów. Boudreaux i Beaudoin (2017) zastosowali obróbkę sekwencyjną z użyciem roztworu 1,2-indandionu (IND) z chlorku cynku, a następnie ninhydryny, do ujawnienia świeżych i starych (11-tygodniowych) śladów na różnych rodzajach powierzchni porowatych, częściowo porowatych i gładkich, w tym na papierze termicznym i na warstwie klejącej taśmy samoprzylepnej. Zaobserwowano, że zróżnicowanie poziomu jakości ujawnionych śladów w czasie było uzależnione od rodzaju powierzchni (porowata, częściowo porowata lub gładka) oraz zastosowanej metody ujawniania. Malik, Kalita i Iyer (2017) ujawnili wysokiej jakości fluorescencyjne ślady daktyloskopijne na warstwie klejącej taśmy samoprzylepnej za pomocą skoniugowanych polielektrolitów. Ślady te cechowały się trzecim poziomem szczegółowości w świetle ultra-

fioletowym o długości fali 365 nm. Liu, Zhang, Meng, Li i Xu (2018) oraz Zhang i in. (2018) do ujawnienia śladów ukrytych pod warstwą klejącą taśmy samoprzylepnej zastosowali optyczną tomografię koherencyjną (OCT). Technika ta pozwala na uzyskanie wysokiej jakości odbitek śladów ukrytych pod warstwą klejącą taśmy samoprzylepnej bez naruszania stanu dowodu rzeczowego, zachowując w ten sposób ciągłość łańcucha dowodowego. Pozwala także na obrazowanie śladów linii papilarnych znajdujących się pod taśmami nieprzezroczystymi dzięki możliwości obrazowania przekrojowego.

Taśmy samoprzylepne są wykorzystywane jako dowody w śledztwach od ponad czterdziestu lat. Opisano szereg metod ujawniania śladów linii papilarnych na warstwie klejącej różnych rodzajów taśm samoprzylepnych, w tym poddawanie materiału dowodowego działaniu par związków chemicznych, obróbkę za pomocą zawiesiny proszku i katalizatora przeniesienia fazowego oraz nanomateriały. Rozkład procentowy zastosowania tych metod do ujawniania śladów na różnych rodzajach taśm samoprzylepnych przedstawiono na rys. 4. Rozkład ten demonstruje, że w większości badań poświęconych temu zagadnieniu autorzy korzystali z nanomateriałów (26%) i zawiesiny proszku (25%) do ujawniania śladów na warstwie klejącej różnych rodzajów taśm samoprzylepnych. Zawiesina proszku jest popularną techniką ze względu na jej dostępność, niski koszt i możliwość uzyskania odbitek śladów dobrej jakości na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych. Obecnie jednak w kryminalistyce można zaobserwować tendencję do ujawniania śladów linii papilarnych na takich powierzchniach za pomocą środków opartych na nanocząsteczkach. Techniki nanocząsteczkowe są coraz szerzej wykorzystywane do ich ujawniania na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych ze względu na wysoką czułość, swoistość, niską toksyczność, niski szum tła oraz wyższy kontrast niż w przypadku konwencjonalnych technik ich ujawniania.

## 3. Podsumowanie

Ujawnianie śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych nie jest łatwym zadaniem. Wybór i skuteczność metody jest uzależniony od rodzaju, stanu i koloru taśmy samoprzylepnej. Ponadto kluczowe znaczenie dla skuteczności metody ujawniania śladów na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych ma skład chemiczny i grubość kleju na taśmie. Żadnej z dostępnych metod ujawniania śladów na takich powierzchniach nie można uznać za uniwersalną. Wykazano jednak, że preparaty oparte na nanocząsteczkach są w stanie skutecznie ujawniać świeże i stare ślady na taśmach samoprzylepnych. Najważniejszymi zaletami zawiesin proszku na bazie nanocząsteczek są: niska toksyczność, wysoka czułość, brak szumu tła oraz wysoki kontrast od-



bitek. Niezbędne są dalsze badania w celu opracowania odpowiedniej standardowej, zwalidowanej metody ujawniania śladów linii papilarnych na warstwie klejącej taśm samoprzylepnych.

**Lista skrótów:**

- BR-28 – jaskrawa czerwień 28
- BY-40 – żółć podstawowa 40
- CdS – siarczek kadmu
- CdSe – selenek kadmu
- CdTe – tellurek kadmu
- MBD – 7-(p-metoksybenzyloamino)-4-nitrobenz-2-oks-1,3-diazol
- MPA – kwas merkaptopropionowy
- OCT – optyczna tomografia koherencyjna
- PAMAM – dendrymery poliamidoaminowe
- PCT – katalizator przeniesienia fazowego
- TGA – kwas tioglikolowy