



LOW-COST ALTERNATIVE APPROACH TO DEVELOPING LATENT FINGERPRINTS USING ROASTED GRAM FLOUR (SATTU POWDER)

Abhishek R. RAI¹, Vaibhav SHARMA¹, Varad NAGAR¹, Vikas KANOUIA¹, Vinay ASERI², Anuj SHARMA³, Divyansh JAIN¹, Anubhav SINGH², Archana GAUTAM⁴, Kumud Kant AWASTHI⁵, Mahipal Singh SANKHLA^{4,6*}

¹ Department of Forensic Science, Vivekananda Global University, Jaipur, Rajasthan, India

² School of Forensic Science and Risk Management, Rashtriya Raksha University, Gandhinagar, Gujrat, India

³ Department of Forensic Science, ITM University, Gwalior, M.P., India

⁴ Department of Forensic Science, (UIAHS), Chandigarh University, Mohali, Punjab, India

⁵ Department of Life Sciences, Vivekananda Global University, Jaipur, Rajasthan, India

⁶ University Centre for Research and Development (UCRD), Chandigarh University, Mohali, Punjab, India

Abstract

Despite their presence at crime scenes, latent fingerprints are generally invisible to the human eye. We first ground the gram flour in a grinder after roasting the gram flour on a burner. Using an ostrich hair brush, we applied the powder to various surfaces to develop fingerprints. Due to the powder's low adherence on non-porous surfaces, it may be applied to a variety of contrasting surfaces and generates diverse effects. We first compared the results of our powder to those of previously published household-based powders, and then we evaluated the powders based on surface properties and other factors, such as treated surfaces, wet surfaces, rough surfaces, and more. Due to its non-toxic nature and low cost, this powder has the potential to be a low-cost and eco-friendly replacement in police practice for visualising latent fingerprints on a larger scale.

Keywords

Sattu powder; Low-cost alternative approach; Fingerprints.

Received 15 March 2023; accepted 7 August 2023

1. Introduction

The crime scene is filled with a wide variety of physical evidence, but fingerprints are particularly important (Sankhla, Kumar, 2019). Because each person's fingerprint is distinct, they have long been regarded as a credible form of proof. Plastic, latent, and patent fingerprints – three different types of prints – were found at the crime scene (Datta, 2001; Lohar et al., 2022). Comparing latent fingerprints to patent and plastic prints, latent fingerprints are said to be the most reliable sort of fingerprints since they are not

visible to the human eye and only include the skin's natural fluids (Aseri et al., 2022; Datta, 2001). The amount of moisture and greasy components in our fingerprints' ridge patterns determine the mechanical adhesion technique utilised to create them (Sankhla, 2018). The size and form of the particles affect how well the powder adheres to the ridges. Larger powder particles have a harder time sticking to the ridges than smaller powder particles do (Singh et al., 2023). Sweat that escapes from microscopic pores on the hands' friction ridge skin leaves fingerprints (Murphy, 1999; Shah, 2013). The sweat glands located underneath

the epidermal layer of the skin create the many sweat pores found in the finger ridges. To keep the hand's skin healthy, sweat pores release perspiration and other chemicals (Mahida et al., 2022; Nagar et al., 2022). Sweat is transferred to surfaces by touching them, creating mirror images of the ridge patterns (Verma et al., 2022).

The mechanical adherence of fingerprints may be seen using the physical enhancement technique of powder dusting (Sodhi, Kaur, 2001). The mechanical adherence of the fingerprint powder and the actual morphology of the fingerprint both play a role in how well the powder approach works (Qiu et al., 2018; Awasthi, Sankhla, Lukose, Parihar, 2023). Numerous powders employed to produce latent fingerprints are pricy and hazardous, making them challenging to come by (Qiu et al., 2018; Ramotowski, 2012). However, a thorough study has produced new strategies for creating latent fingerprints as forensic science technology has advanced. Currently, a wide variety of powders are used for latent fingerprint formation (Datta, 2001; Trapecar, Balazic, 2007). These powders may be divided into four groups: normal, luminous, metallic, and thermoplastic (Divya et al., 2018). Black powder consists of carbon and white powder, which is made of titanium. Black powder and white powder are most frequently employed in crime scenes to see latent fingerprints (Daéid, Carter, Laing, 2008; Sneddon, 1999). Nonetheless, these powders can be poisonous and are dangerous. The white powder used for fingerprint visualisation, titanium dioxide, has been linked to cancer, according to research from the International

Agency for Research on Cancer (IARC) (Azman et al., 2019; Sodhi, Kaur, 2001). There are also documented health risks associated with powders that include lead and mercury. Natural fruit peels were used in earlier studies as a waste product for the creation of latent fingerprints. In particular, the method used the peels of orange and lemon (Lohar et al., 2022). Additionally, typical household components, such as turmeric powder, are employed in cooking and are used for the same purpose (Garg, Kumari, Kaur, 2011).

For many years, latent fingerprints have been found using common household items, as seen in Figure 1. 2014 saw the utilisation of several common household items, including cocoa powder, custard powder, corn flour, baking soda, baking powder and black salt (Rohatgi, Kapoor, 2014). On both porous and non-porous surfaces including banknotes, cardboard, granite, glass, aluminium foil, CDs, and rubber, these powders produced the greatest results (Vadivel, Nirmala, Anbukumar, 2021).

On a cover page, a door, a coin, a keychain, an electric switch, stainless steel, a pen drive, a credit card, and glass, latent fingerprints were enhanced (Badiye, Kapoor, 2015) using Robin powder in 2015. Similarly, gambir powder was applied to surfaces including transparent plastic, aluminium foil, plastic cups and CDs (Sari, Ningsih, Jasmidi, Kembaren, Mahat, 2019). In a study conducted by Jamal (2019), several vegetable powders, including beetroot and broccoli powder, were used to a variety of porous and non-porous surfaces. An ostrich hairbrush was used to produce fingerprints on materials like Petri dishes and

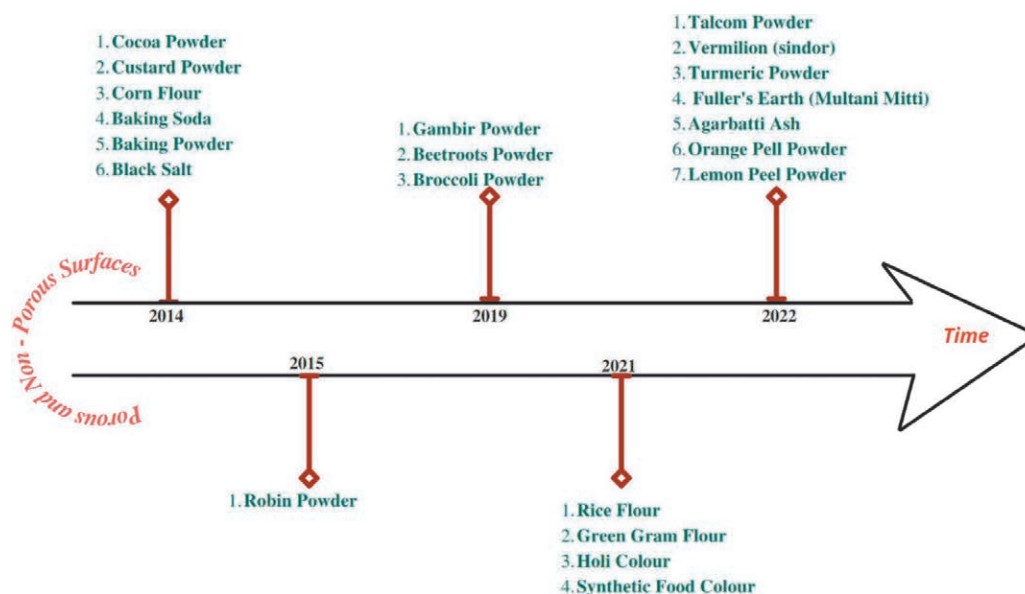


Figure 1. Timeline of production and usage of household powders to make fingerprints visible in the past 8 years.

beakers. Rathod (2021) in a study, apply various powders, including rice flour, green gramme flour, Holi colour, and synthetic food colour, were on non-porous and porous surfaces to create latent fingerprints. Agarbatti ash was utilised in a separate investigation by Mahida et al. (2022) to create latent fingerprints on various surfaces. Orange peel powder and lemon peel powder were used by Lohar et al. (2022) to study how fingerprints formed on various surfaces.

Table 1.
Scientific classification of the Bengal pea plant (Bharti, 2012)

Kingdom	Plantae
Class	Rosids
Order	Fabales
Family	Fabaceae
Genus	<i>Cicer</i>
Species	<i>C. arietinum</i>

Gram flour, sometimes referred to as Bengal gram flour, which has several health advantages. Bengal gramme flour has 8.6 grammes of protein, 2.4 grammes of fat, and 27.7 grammes of carbs per 100 grammes of the product. Additionally, it is a good source of minerals like calcium, iron, magnesium, and zinc, as well as vitamins like B1, B2, B3, C, E, and K (Bharti, 2012; Kaur, Prasad, 2021).

This study investigates the use of roasted gram flour, commonly known as Bengal gram, a cool-season grain that is drought-resistant, for creating latent fingerprints. Roasted gram flour powder can be used as a substitute when police personnel cannot access or are out of fingerprint powder. In contrast to titanium and mercury-based powders, it is non-toxic and safe for people to use. To create fingerprints in forensic investigations, roasted gram flour powder might be a practical and secure solution.

2. Materials and methods

2.1. Materials required

The investigation was carried out on a variety of porous and non-porous surfaces to investigate the ability of *sattu* powder to develop latent fingerprints. The research employed 12 various surfaces, including rubber, glass, leather, granite, marble, steel, plastic, plywood, aluminium foil, translucent sheet, rayon fabric, and mirror. Groomed sebaceous, groomed natural,

and groomed eccrine fingerprints were created over these surfaces in the study to learn more about their potential.

To maintain hygiene during the study, acetone and cotton piece were used to clean these surfaces and gloves are used so that unwanted fingerprints can be avoided from deposition. A blender (for grinding), an oven (to roast the chickpeas) and a sieve (to remove any coarse particles) are also required to prepare powder. Samsung Ultra S22 was used for the documentation of fingerprints. Subsequently, donors' hands were also cleared using soap and water and properly rinsed. An ostrich hair brush was used to adhere powder to the fingerprint that was deposited on the surfaces.

2.2. Fingerprints deposition

Three types of fingerprints were examined in the present study – groomed eccrine, groomed sebaceous and groomed natural fingerprints. The deposition of fingerprints was conducted as per the ideal fingerprint deposition process. The procedure followed was:

1. Natural fingerprints: the donors were instructed to follow a precise process to achieve the most accurate and trustworthy findings. Firstly, the hands of donors were washed thoroughly with soap and water and rinsed properly. After letting their hand dry fully, they were asked not to touch their nose part or not to wear gloves and to do their daily work for a period of 45 minutes. The fingerprint deposition was made immediately after the period of 45 minutes passed. They were asked to deposit their fingerprints in the centre of all the porous and non-porous surfaces. Contact duration with the surface and pressure on the surfaces were kept constant so that the most dependable and precise results can be achieved.
2. Sebaceous fingerprints: as per the ideal procedure, the donors were first asked to clean their hands with soap and water and rinsed them properly and let them dry. The nose or forehead part is the area where sebaceous sweat is present. The donor was instructed to rub at the part to get sebaceous samples on their fingertips and they did the same. After they rub their fingers together and the deposition of fingerprints was made as per the procedure followed during the deposition of natural fingerprints.
3. Eccrine fingerprints: following a similar procedure, the donors were told to wash their hand properly with soap and water and then rinsed them properly and let them dry. Eccrine sweat is formed by the sweat ducts present on the skin. To get that, gloves were provided to the donor and asked to wear them

for a period of 30 minutes. After 30 minutes the eccrine deposition of fingerprints was made as per the procedure followed in the deposition of natural and sebaceous fingerprints.

2.3. Documentation and assessment of fingerprint

Images of fingerprints developed on various surfaces were captured using Samsung S22 Ultra in ambient illumination. The images were captured for grading the surfaces using the fingerprint assessment scale given in Table 2.

Table 2

Fingerprints visibility grading system used to assess the fingerprints develop on various surfaces

S.no.	Fingerprint quality	Ridge details identified	Clarity score (%)
1	High-quality print	The fingerprints that were collected had obvious sweat pores and were clear and detailed for precise identification.	80–100
2	Quality print	The fingerprints collected either have ridge features or contrast.	60–80
3	Moderated quality print	Either the contrast in the fingerprints is poor or the ridge details are poor.	40–60
4	Low-quality print	Poor fingerprints were created. There are not many ridge details evident.	20–40
5	Unidentifiable print	Fingerprints are not developed.	0–20

3. Results

1. Sebaceous fingerprints: sebaceous fingerprints are individual to each person and are seen on many different surfaces. Depending on the type of surface, *sattu* powder has developed groomed sebaceous fingerprints with various degrees of success as shown in Figure 2. The best outcomes have been achieved on surfaces with greater clarity ratings, such as leather, glass, aluminium foil, rayon fibre, and mirrors, which have scores between 80 and 100%. With scores ranging from 60 to 80%, surfaces made of plastic and steel also display encouraging results. However, with scores ranging from 20 to 40%, surfaces made of marble, plywood, rubber, and clear sheet have lower clarity ratings and demonstrate less success. Overall, especially on surfaces with higher clarity ratings, the generation of groomed sebaceous fingerprints with *sattu* powder can offer insightful information for forensic investigations.
2. Natural fingerprints: *sattu* powder has been used to create natural fingerprints that have been groomed, and the results have been evaluated based on the clarity rating of various surfaces. The natural fingerprinting approach for identifying and analysing fingerprints is effective and environmentally friendly. A high clarity score of 80–100% on surfaces like leather, plastic, steel, and glass indicates outstanding results in detecting and analysing fingerprints as shown in Figure 3. The clarity scores of the surfaces made of rubber, marble, and iron range from 60 to 80%, demonstrating the technique's ability to

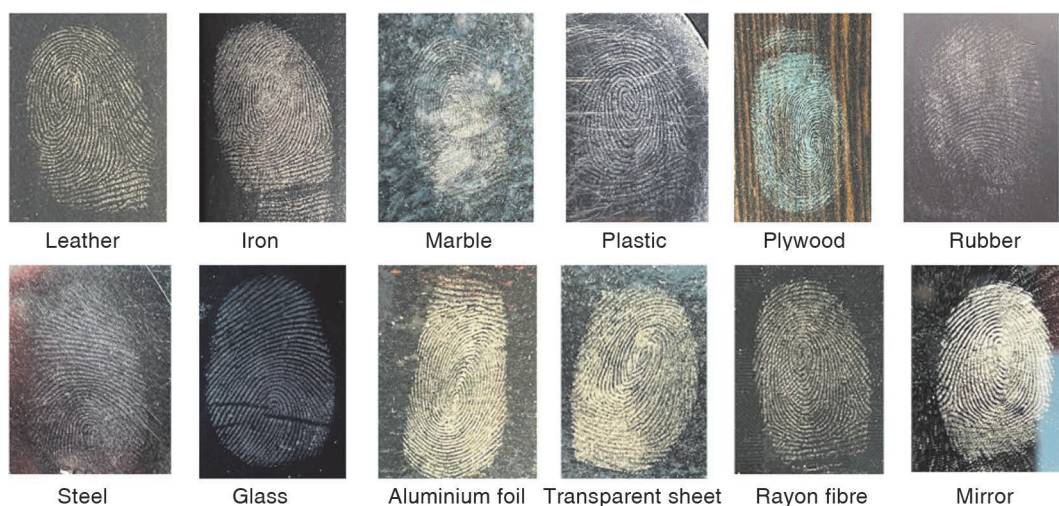


Figure 2. Representation of sebaceous fingerprints developed over the variety of surfaces as mentioned in the figure.

produce acceptable results on these materials. With clarity scores of 40–60%, the surfaces made of plywood, aluminium foil, translucent sheet, and rayon fibre suggest that the results might not be as precise as those from other surfaces. The mirror surface’s clarity rating ranges from 60 to 80%. Overall, the *sattu* powder natural fingerprinting approach has shown to be a reliable and effective way to detect and examine fingerprints on a variety of surfaces, particularly those with a high clarity rating.

3. Eccrine fingerprints: the sweat patterns left by the ridges on our fingers are called eccrine fingerprints. Researchers are always experimenting with

new methods to produce these fingerprints since they are a trustworthy method of identification in forensic science. One such method is to groom the fingerprints with *sattu* powder. Depending on the surface where the fingerprints are found, the method’s outcomes change. Surfaces with greater clarity scores typically produce more favourable outcomes. The best outcomes are produced by surfaces made of iron, rubber, clear sheet, and rayon fibre with clarity scores between 80 and 100% as shown in Figure 4. The ridges and nuances of the fingerprints on these surfaces are vividly brought out by the *sattu* powder. Glass surfaces also perform well,

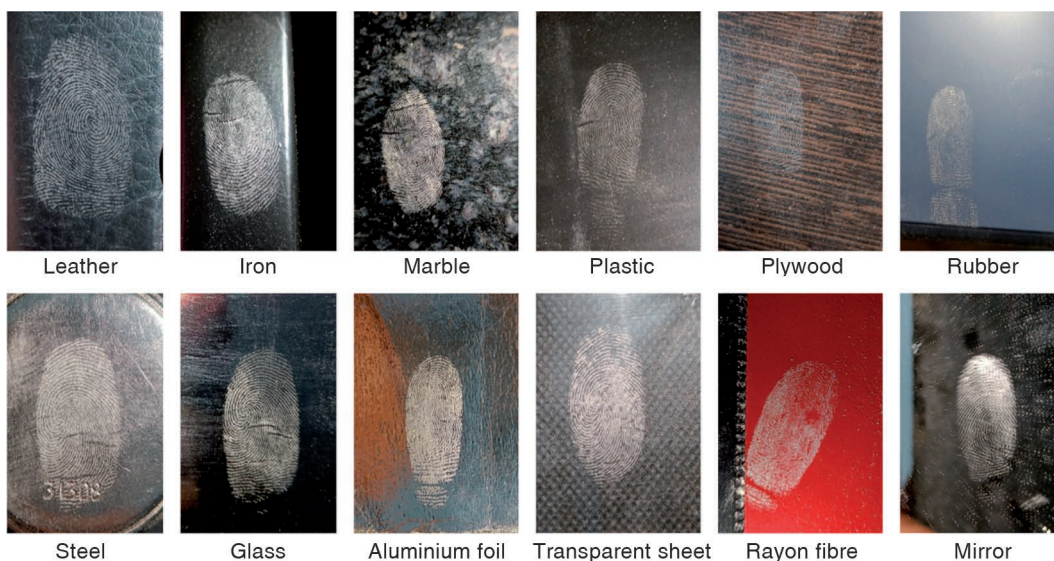


Figure 3. Natural fingerprints developed over a wide range of porous and non-porous surfaces by *sattu* powder.

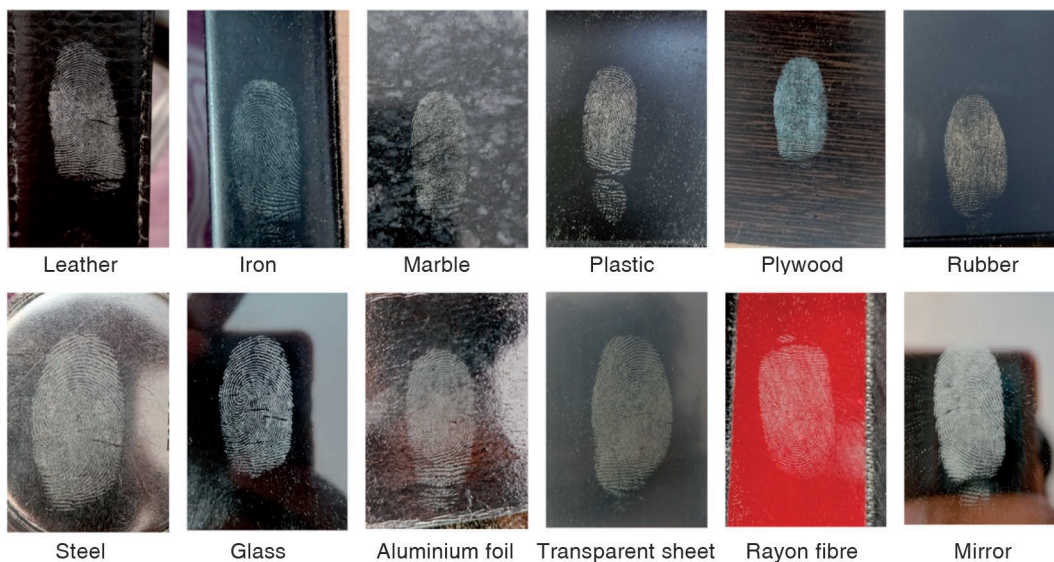


Figure 4. Development of eccrine fingerprints by *sattu* powder on a variety of surfaces.

scoring between 80 and 100% for clarity. Surfaces with clarity scores of 60–80% such as leather, marble, plastic, plywood, steel, aluminium foil, and mirror are less suitable for creating polished eccrine fingerprints with *sattu* powder. The outcomes on these surfaces might not be as precise or thorough as on surfaces with higher clarity scores.

4. Discussion

Investigations into crimes and the identification of perpetrators are greatly aided by forensic science. One of the earliest and most trustworthy means of identifying people is fingerprint analysis, and over time, several approaches have been created to increase its precision and effectiveness. One such method that has recently grown in popularity is the creation of latent fingerprints using roasted gramme flour, often known as *sattu* powder.

High-quality chickpeas are roasted and then ground into a fine powder to create *sattu* powder. Then, using this powder, latent fingerprints can be created on a variety of surfaces. There is no risk of damaging the traces. However, in order to utilize this method, it is essential to first remove any impurities from the surface that holds the latent impression. The region where the fingerprint is located is then lightly covered with *sattu* powder after being lightly applied to the surface. The powder sticks to the fingerprint ridges and makes the print pattern visible. All three forms of fingerprints – sebaceous, natural, and eccrine – have been reported to develop well with *sattu* powder. Sebaceous fingerprints are visible on surfaces that contain oil-based residues, because they originate from sweat and oil glands present in the skin. Natural fingerprints, often found on dry surfaces, are formed due to sweat secretions. Meanwhile, eccrine fingerprints, developed by sweat glands, are commonly observed on wet or moist surfaces. *Sattu* powder is good at leaving distinct, fine-grained fingerprints on a variety of surfaces, according to studies. The usage of *sattu* powder is a less expensive option than conventional fingerprint production methods, which call for pricey chemicals and machinery. Additionally, because it does not generate toxic waste, it is safer for the environment.

It's not a novel idea to employ everyday objects in forensic science. In truth, forensic investigations have long used a variety of everyday items including vinegar, baking soda, and bleach. Another illustration of how easily accessible items can be used to solve crimes and identify suspects is *sattu* powder. The

usage of *sattu* powder has several benefits over conventional methods for developing fingerprints. First of all, it is a cheap substitute that may be applied in environments with limited resources. Second, it does not produce hazardous waste and is non-toxic, making it a safer option for both researchers and the environment. Thirdly, it does not need any specialised tools or training and is simple to use.

5. Limitation of the study

The sole purpose of the study was to generate fingerprints on a variety of surfaces, including iron, glass, rubber, steel, and leather, using roasted gram flour powder. Since this powder is non-toxic, forensic investigations can be conducted more securely. The powder cannot be used on wet surfaces and only works on surfaces with dark contrast. To investigate the possible use of this powder on non-contrast surfaces, more study is required. Additionally, it was found that the powder adhered less strongly to porous surfaces, which limits where it can be used. Insights and modifications to the process to get around these restrictions may come through more research and experimentation. Overall, the usage of roasted gram flour powder offers a low-cost, secure substitute strategy for leaving fingerprints on some surfaces, with room for improvement.

6. Conclusion

Latent fingerprint development has long been a crucial component of forensic science, helping detectives identify criminals and solve crimes. The low-cost alternative strategy of employing roasted gram flour, also known as *sattu* powder, has demonstrated tremendous promise in this area. This method has several benefits, including affordability, usability, and effectiveness. *Sattu* powder can be used by forensic professionals to turn an easily accessible, low-cost chemical into a potent instrument for latent fingerprint development. Enzymes and amino acids present in *sattu* powder interact with the organic constituents of latent fingerprints, enhancing their visibility and enabling accurate identification. Additionally, *sattu* powder is non-toxic, making it a secure option for forensic experts to work with throughout the gathering of evidence. *Sattu* powder is helpful since it is inexpensive and widely accessible in areas with few resources, where conventional procedures for developing fingerprints may be prohibitively expensive or unavailable.

This affordable option can make forensic science more available to law enforcement organisations and forensic laboratories worldwide, notwithstanding their financial limitations.

References

1. Aseri, V., Nagar, V., Godara, V., Pandit, P. P., Chopade, R. L., Verma, R., Sharma, A., Parihar, K., Awasthi, K. K., Singh, A. (2022). A comparative study on scanned fingerprint after applying lubricants and without scanned fingerprint on porous surface (white paper). *Materials Today: Proceedings*, 69, 1515–1531.
2. Awasthi, K. K., Sankhla, M. S., Lukose, S., Parihar, K. (2023). *Friction ridge analysis. Applications of nanoparticles for latent fingerprint development*. Singapore: Springer Nature Singapore.
3. Azman, A. R., Mahat, N. A., Wahab, R. A., Ahmad, W. A., Huri, M. A. M., Hamzah, H. H. (2019). Relevant visualization technologies for latent fingerprints on wet objects and its challenges: a review. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 9(1), 1–13.
4. Badiye, A., Kapoor, N. (2015). Efficacy of Robin® powder blue for latent fingerprint development on various surfaces. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 5(4), 166–173.
5. Bharti, J. (2012). Sensory and nutritional quality evaluation of soy-bajra fortified sattu and ready to eat sattu products. *Food Science Research Journal*, 3(1), 86–90.
6. Daéid, N. N., Carter, S., Laing, K. (2008). Comparison of three types of white powder suspensions for the recovery of fingerprints on wetted nonporous surfaces. *Journal of Forensic Identification*, 58(5), 590–599.
7. Datta, A. K. (2001). Methods of latent fingerprint development. (In) H. C. Lee, R. E. Gaensslen, *Advances in fingerprint technology*, 2nd ed. (pp. 105–176). Boca Raton: CRC Press.
8. Divya, V., Agrawal, B., Srivastav, A., Bhatt, P., Bhowmik, S., Agrawal, K. Y., Maity, P. (2018). Fluorescent amphiphilic silica nanopowder for developing latent fingerprints. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 52(3), 354–367.
9. Garg, R. K., Kumari, H., Kaur, R. (2011). A new technique for visualization of latent fingerprints on various surfaces using powder from turmeric: a rhizomatous herbaceous plant (*Curcuma longa*). *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 1(1), 53–57.
10. Jamal, F. (2019). Conventional methods of latent fingerprint development. *Think India Journal*, 22(17), 1976–1983.
11. Kaur, R., Prasad, K. (2021). Nutritional characteristics and value-added products of chickpea (*Cicer arietinum*) – a review. *Journal of Postharvest Technology*, 9(2), 1–13.
12. Lohar, S., Aseri, V., Godara, V., Kumari, P., Nagar, V., Pandit, P. P., Chopade, R. L., Singh, A., Awasthi, K. K., Sankhla, M. S., Kaur, N. (2022). Comparative study of development of latent fingerprint by using cost effective waste materials. *Materials Today: Proceedings*, 68, 848–853.
13. Mahida, D. K., Nigam, A., Patel, A., Nagar, V., Aseri, V., Singh, A., Sankhla, M. S. (2022). Latent fingerprint development by using cost effective incense sticks (Agarbatti) ash. *International Journal of Medical Toxicology & Legal Medicine*, 25(1, 2), 156–160.
14. Murphy, K. A. (1999). *Porphyrins and phthalocyanines as chemical visualisation reagents for latent fingerprint development*. Doctoral dissertation. Hamilton: The University of Waikato.
15. Nagar, V., Tripathi, K., Aseri, V., Mavry, B., Chopade, R. L., Verma, R., Singh, A., Sankhla, M. S., Pritam, P. P., Parihar, K. (2022). Latent friction ridge analysis of developed fingerprints after treatment with various liquid materials on porous surface. *Materials Today: Proceedings*, 69, 1532–1539.
16. Qiu, Z., Hao, B., Gu, X., Wang, Z., Xie, N., Lam, J. W., Hao, H., Tang, B. Z. (2018). A general powder dusting method for latent fingerprint development based on AIEgens. *Science China Chemistry*, 61, 966–970.
17. Ramotowski, R. (ed.) (2012). *Lee and Gaensslen's advances in fingerprint technology*. Boca Raton: CRC Press.
18. Rathod, A. L., 2021. Deciphering of latent fingerprints on nonporous surfaces by domestic visualizing agents—a primary evaluation study. *The Indian Police Journal*, 68(2), 44–52.
19. Rohatgi, R., Kapoor, A. K. (2014). New visualizing agents for developing latent fingerprints on various porous and non-porous surfaces using different household food items. *Asian Journal of Science and Applied Technology*, 3(2), 33–38.
20. Sankhla, M. S. (2018). Marble slurry powder are using visualization on latent fingerprints on different surfaces. *Journal of Forensic Sciences and Criminal Investigation*, 9(3). https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3958673
21. Sankhla, M. S. Kumar, R. (2018). Crime investigating technique to development of invisible fingerprints on surfaces using rock phosphate powder. *International Journal of Forensic Sciences*, 2(3). https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3428918
22. Sari, S. A., Ningsih, H., Jasmidi, J., Kembaren, A., Mahat, N. A. (2019). Development of gambir powder as a cheap and green fingerprint powder for forensic applications. *AIP Conference Proceedings*, 2155(1). <https://doi.org/10.1063/1.5125527>
23. Shah, B. C. (2013). *Novel fingerprint development techniques*. Doctoral dissertation. Loughborough: Loughborough University.

24. Singh, A., Pandit, P. P., Nagar, V., Lohar, S., Sankhla, M. S., Daga, S. S., Irfan, M., Pandey, K. (2023). Role of nanotechnology in latent fingerprint development. (In) K. K. Awasthi, M. S. Sankhla, S. Lukose, K. Parihar (Eds.), *Friction ridge analysis. Applications of nanoparticles for latent fingerprint development* (pp. 1–16). Singapore: Springer Nature Singapore.
25. Sneddon, N. (1999). Black powder method to process duct tape. *Journal of Forensic Identification*, 49(4), 347–356.
26. Sodhi, G. S., Kaur, J. (2001). Powder method for detecting latent fingerprints: a review. *Forensic Science International*, 120(3), 172–176.
27. Trapecar, M., Balazic, J. (2007). Fingerprint recovery from human skin surfaces. *Science & Justice*, 47(3), 136–140.
28. Vadivel, R., Nirmala, M., Anbukumaran, K. (2021). Commonly available, everyday materials as non-conventional powders for the visualization of latent fingerprints. *Forensic Chemistry*, 24, 100339.
29. Verma, R. K., Nagar, V., Aseri, V., Mavry, B., Pandit, P. P., Chopade, R. L., Singh, A., Singh, A., Yadav, V. K., Pandey, K., Sankhla, M. S. (2022). Zinc oxide (ZnO) nanoparticles: synthesis properties and their forensic applications in latent fingerprints development. *Materials Today: Proceedings*, 69, 36–41.

Corresponding author

Mahipal Singh Sankhla
Department of Forensic Science, University Centre
for Research and Development (UCRD)
Chandigarh University, Mohali
Punjab, India
e-mail: mahi4n6@gmail.com

TANIE ALTERNATYWNE PODEJŚCIE DO UJAWNIAŃ UTAJONYCH ŚLADÓW LINII PAPILARNYCH ZA POMOCĄ MĄCZKI Z PRAŻONEJ CIECIERZYCY (*SATTU*)

1. Wprowadzenie

Spośród różnorodnych śladów spotykanych na miejscu zdarzenia szczególnie ważne są ślady linii papilarnych (Sankhla, Kumar, 2019). Ze względu na swoją niepowtarzalność są one od dawna uznawane za wiarygodny rodzaj dowodu. Na miejscu zdarzenia znaleźć można trzy typy śladów linii papilarnych: plastyczne, utajone i jawne (Datta, 2001; Lohar i in., 2022). Ślady utajone uważa się za najbardziej wiarygodne spośród tych trzech typów, ponieważ są niewidoczne gołym okiem, a także zawierają wyłącznie naturalne substancje wydzielane przez skórę (Aseri i in., 2022; Datta, 2001). Wybór metody proszkowej służącej do ich ujawnienia zależy od zawartości wilgoci i tłustych składników na bruzdach opuszków palców (Sankhla, 2018). Rozmiar i kształt ziaren proszku wpływają na jego przyczepność do bruzd – większe ziarna trudniej przylegają do bruzd niż mniejsze (Singh i in., 2023). Pot wydostający się z mikroskopijnych porów na powierzchni czarnej skóry pozostawia ślady linii papilarnych (Murphy, 1999; Shah, 2013). Gruczoły potowe znajdujące się w warstwie epidermalnej skóry tworzą ogromną liczbę porów potowych na opuszkach palców. Wydzielany przez nie pot i inne substancje wpływają na stan zdrowia skóry (Mahida i in., 2022; Nagar i in., 2022). Pot jest наносzony na różne powierzchnie przez dotyk. Powstają w ten sposób odbicia lustrzane wzorów bruzd (Verma i in., 2022).

Przyczepność mechaniczną śladów linii papilarnych wykorzystuje metoda ich ujawniania za pomocą proszków daktyloskopijnych (Sodhi, Kaur, 2001). Jej skuteczność zależy zarówno od przyczepności mechanicznej proszku, jak i morfologii samych śladów (Qiu i in., 2018; Awasthi, Sankhla, Lukose, Parihar, 2023). Proszki wykorzystywane do ujawniania śladów utajonych są często drogie i niebezpieczne, a tym samym trudne do pozyskania (Qiu i in., 2018; Ramotowski, 2012). Szczegółowe badania pozwoliły jednak w miarę rozwoju technologii kryminalistycznej opracować nowe strategie ujawniania utajonych śladów linii papilarnych. Obecnie dostępnych jest wiele różnorodnych proszków (Datta, 2001; Trapecar, Balazic, 2007), które można podzielić na cztery grupy: zwykłe, luminescencyjne, metaliczne i termoplastyczne (Divya i in., 2018). Czarny proszek składa się z węgla i białego proszku zawierającego tytan. Czarny i biały proszek stosuje się najczęściej do ujawniania śladów linii papilarnych na miejscu zdarzenia (Daéid, Carter, Laing, 2008; Sneddon, 1999). Oba proszki mogą jednak być trujące i niebezpieczne. Badania Międzynarodowej Agencji

Badań nad Rakiem (*International Agency for Research on Cancer, IARC*) udowodniły związek białego proszku, czyli dwutlenku tytanu, z rakiem (Azman i in., 2019; Sodhi, Kaur, 2001). Używanie proszków zawierających ołów i rtęć również wiąże się z ryzykiem dla zdrowia. We wcześniejszych publikowanych pracach opisano wykorzystanie naturalnych skórek owoców, konkretnie – skórkę pomarańczy i cytryny – jako środków do ujawniania utajonych śladów linii papilarnych (Lohar i in., 2022). Co więcej, składniki używane na co dzień w kuchni domowej, na przykład kurkuma w proszku, także nadają się do ujawniania śladów (Garg, Kumari, Kaur, 2011).

Przez wiele lat ślady linii papilarnych znajdowano za pomocą substancji powszechnie spotykanych w gospodarstwach domowych (Ryc. 1). W roku 2014 zaczęto stosować kilka nowych substancji, w tym kakao, budyń w proszku, mąkę kukurydzianą, sodę oczyszczoną, proszek do pieczenia i sól czarną (Rohatgi, Kapoor, 2014). Substancje te okazały się skuteczne w przypadku zarówno powierzchni porowatych, jak i nieporowatych, takich jak banknoty, tektura, granit, szkło, folia aluminiowa, płyty CD czy guma (Vadivel, Nirmala, Anbukumaran, 2021).

W 2015 r. w badaniu z wykorzystaniem proszku do wybielania „Robin” ujawniono utajone ślady linii papilarnych na okładce książki, drzwiach, monecie, przełączniku elektrycznym, pendrivie, karcie kredytowej oraz przedmiotach ze stali nierdzewnej i szkła (Badiye, Kapoor, 2015). Podobnie zastosowano proszek z gambiru na różnych powierzchniach, m.in. na przezroczystym plastiku, folii aluminiowej, kubkach plastikowych i płytach CD (Sari, Ningsih, Jasmidi, Kembaren, Mahat, 2019). W badaniu przeprowadzonym przez Jamal (2019) sprawdzono kilka proszków warzywnych, w tym proszki z buraków i brokułów, na różnych porowatych i nieporowatych powierzchniach. Ślady linii papilarnych na szalkach Petriego, zlewkach i innych tego typu materiałach ujawniano za pomocą pędzla ze strusich piór. W badaniu prowadzonym przez Rathoda (2021) użyto różnych proszków, m.in. mąki ryżowej, zielonej mączki z fasoli mung, barwników Holi i sztucznych barwników spożywczych, do ujawniania utajonych śladów na nieporowatych i porowatych powierzchniach. Mahida i in. (2022) wykorzystali popiół po zużytych kadzidełkach do ujawnienia utajonych śladów na wybranych powierzchniach. Lohar i in. (2022) zbadali powstawanie śladów daktyloskopijnych za pomocą proszku ze skórek pomarańczy i cytryny.

Spożywanie mączki z prażonej ciecierzycy, nazywanej czasem mączką bengalską, jest bardzo zdrowe. Sto gramów produktu zawiera 8,6 g białka, 2,4 g tłuszczu i 27,7 g węglowodanów. Ponadto jest dobrym źródłem minerałów, w tym potasu, żelaza, magnezu i cynku, a także witamin B₁, B₂, B₃, C, E, K i innych (Bharti, 2012; Kaur, Prasad, 2021).

W badaniach opisanych w niniejszej pracy ujawniano utajone ślady linii papilarnych przy użyciu mączki z prażonej ciecierzycy, zwanej potocznie bengalską lub proszkiem *sattu*. Mączka z prażonej ciecierzycy może stanowić praktyczny i bezpieczny zamiennik proszku daktyloskopijnego w sytuacji jego braku bądź chwilowej niedostępności. W odróżnieniu od proszków na bazie tytanu i rtęci mączka ta jest nietoksyczna oraz bezpieczna w użyciu. Może okazać się praktycznym i bezpiecznym proszkiem daktyloskopijnym do badań kryminalistycznych.

2. Materiały i metody

2.1. Wymagane materiały

Celem pracy było sprawdzenie przydatności proszku *sattu* do ujawniania utajonych śladów linii papilarnych na dwunastu różnych porowatych i nieporowatych powierzchniach, w tym na gumie, szkłe, skórze, granicie, marmurze, stali, plastiku, sklejecie, folii aluminiowej, arkuszu z przezroczystego tworzywa, sztucznym jedwabiu (rayon) i lustrze. Aby zbadać możliwości proszku na wymienione powierzchnie naniesiono testowe łojowe, naturalne i ekrynowe ślady linii papilarnych.

W celu zachowania higieny w trakcie badania powierzchnie przemywano ściereczkami bawełnianymi nasączonymi acetonem, a prowadzący badanie używali rękawiczek, aby nie pozostawić niepożądanych śladów. Do przygotowania proszku wykorzystano również blender (do mielenia), piekarnik (do prażenia ciecierzycy) oraz sito (do usuwania dużych cząstek). Ślady fotografowano telefonem Samsung Ultra S22. Po ich naniesieniu uczestnicy badania myli ręce wodą z mydłem i dokładnie je przepłukiwali. Proszek rozprowadzano na śladach naniesionych na wyżej wymienione powierzchnie za pomocą pędzla ze strusich piór.

2.2. Nanoszenie śladów linii papilarnych

Badano trzy typy próbek śladów linii papilarnych: ekrynowe, łojowe i naturalne. Zastosowano metodę pozwalającą na nanoszenie śladów w sposób optymalny. Procedura nanoszenia była następująca:

1. Ślady naturalne: w celu uzyskania jak najdokładniejszych i najbardziej wiarygodnych wyników uczestników badania poproszono o ścisłe przestrzeganie

procedury. Najpierw myli oni dokładnie ręce wodą z mydłem i przepłukiwali je. Po ich wyschnięciu uczestników proszono o niedotykanie nosa i niezakładanie rękawiczek, po czym wykonywali oni swoją codzienną pracę przez 45 minut, a po upływie tego czasu natychmiast nanosili swoje ślady na środkową część wszystkich służących do badania porowatych i nieporowatych powierzchni. Aby osiągnąć jak najbardziej precyzyjne i wiarygodne wyniki, ustalono dokładny czas dotykania powierzchni i siłę nacisku jednakowe dla wszystkich uczestników.

2. Ślady łojowe: uczestników najpierw proszono o umycie rąk wodą z mydłem, przepłukanie ich i oczekiwanie do wyschnięcia, a następnie o potarcie rejonów występowania potu łojowego (nosa i czoła) rękami w celu pokrycia opuszek palców próbkami łaju, a później o potarcie opuszkami o opuszki. W dalszej części postępowano tak, jak w przypadku nanoszenia naturalnych śladów linii papilarnych.
3. Ślady ekrynowe: nanoszenie przebiegało podobnie jak w przypadku śladów naturalnych i łojowych. Uczestnicy najpierw dokładnie myli ręce wodą z mydłem, przepłukiwali je i czekali, aż wyschną. Pot ekrynowy jest wydzielany przez kanaliki potowe pokrywające skórę. Uczestników proszono o założenie rękawiczek i noszenie ich przez 30 minut, po tym czasie nanosili ślady ekrynowe zgodnie z poprzednio stosowaną procedurą.

2.3. Dokumentacja i ocena śladów linii papilarnych

Ślady linii papilarnych ujawnione na różnych powierzchniach fotografowano telefonem Samsung S22 Ultra na neutralnym tle. Sfotografowane ślady oceniano na podstawie skali przedstawionej w tabeli 2.

3. Wyniki

1. Ślady łojowe: każdy człowiek ma niepowtarzalny wzór śladów linii papilarnych. Ślady takie można znaleźć na wielu różnych powierzchniach. Ujawnianie testowych śladów łojowych za pomocą proszku *sattu* dało lepsze lub gorsze rezultaty w zależności od powierzchni, co zostało pokazane na rycinie 2. Najlepsze wyniki osiągnięto w przypadku powierzchni o dużym wskaźniku klarowności, takich jak skóra, szkło, folia aluminiowa, sztuczny jedwab (rayon) i lustro, dla których wskaźnik ten mieści się w przedziale od 80 do 100%. Plastik i stal (wskaźnik klarowności 60–80%) również dały zadowalające rezultaty. W przypadku jednak powierzchni o niskim wskaźniku klarowności, wynoszącym 20–40%, tj. marmurze, sklejecie, gumie i płachcie z przezroczystego tworzywa, wyniki były gorsze. Podsumowując: ujawnianie testowych

łojowych śladów linii papilarnych za pomocą proszku *sattu* może dostarczyć wartościowych informacji dla badań kryminalistycznych, zwłaszcza w przypadku powierzchni o dużym wskaźniku klarowności.

2. Ślady naturalne: proszkiem *sattu* ujawniono testowe naturalne ślady linii papilarnych. Rezultaty oceniono na podstawie wskaźnika klarowności różnych powierzchni. Identyfikacja i analiza naturalnych śladów daktyloskopijnych jest metodą skuteczną i ekologiczną. Powierzchnie o dużym wskaźniku klarowności (80–100%), takie jak skóra, plastik, stal czy szkło, dają bardzo dobre wyniki w zakresie wykrywania i analizy śladów daktyloskopijnych, co pokazano na rycinie 3. Wskaźniki klarowności powierzchni typu guma, marmur i żelazo mieszczą się w przedziale od 60 do 80%, co przekłada się na zadowalające wyniki analizy śladów. Natomiast powierzchnie o wskaźniku klarowności wynoszącym 40–60%, takie jak sklejka, folia aluminiowa, przezroczysta płachta czy rayon, dają mniej precyzyjne wyniki. Wskaźnik klarowności lustra waha się między 60 a 80%. Podsumowując: ujawnianie i analiza naturalnych śladów linii papilarnych przy użyciu proszku *sattu* to metoda wiarygodna i skuteczna w przypadku wielu różnych powierzchni, zwłaszcza powierzchni o dużym wskaźniku klarowności.
3. Ślady ekrynowe to wzory pozostawiane przez pokryte potem bruzdy znajdujące się na opuszkach palców. Pozwalają one na wiarygodną analizę kryminalistyczną, dlatego też nieprzerwanie prowadzi się badania zmierzające do opracowania nowych metod ich ujawniania. Jedną z takich metod wykorzystuje proszek *sattu*. Jej skuteczność zależy od powierzchni, na której znajdują się ślady linii papilarnych. Powierzchnie o dużym wskaźniku klarowności zazwyczaj dają lepsze rezultaty. Najlepsze wyniki obserwuje się w przypadku żelaza, gumy, przezroczystej płachy i sztucznego jedwabiu (rayonu); ich wskaźniki przejrzystości mieszczą się w zakresie od 80 do 100%, co pokazano na rycinie 4. Proszek *sattu* zastosowany na takich powierzchniach wyraźnie ujawnił bruzdy i minucie śladów linii papilarnych; dał również dobre wyniki na powierzchni szklanej, także osiągając klarowność na poziomie 80–100%. Natomiast powierzchnie o wskaźnikach przejrzystości wynoszących 60–80%, takie jak skóra, marmur, plastik, sklejka, stal, folia aluminiowa czy lustro, dają gorszej jakości testowe ślady ujawniane proszkiem *sattu*. Innymi słowy – wyniki osiągnięte na takich powierzchniach mogą być mniej precyzyjne i kompletne niż w przypadku powierzchni o większym wskaźniku klarowności.

4. Dyskusja

Kryminalistyka w istotnym stopniu wspiera dochodzenia w sprawie przestępstw i identyfikację sprawców. Jednym z najstarszych i najbardziej wiarygodnych sposobów identyfikacji osób jest analiza śladów linii papilarnych. Z biegiem czasu opracowano kilka różnych podejść, jeszcze bardziej polepszając precyzję i skuteczność metody. Podejściem, które od niedawna zyskuje na popularności, jest ujawnianie utajonych śladów za pomocą mączki z prażonej ciecierzycy, zwanej też proszkiem *sattu*.

Dobrej jakości ciecierzycę praży się, a następnie miele na drobno. Powstały w ten sposób proszek *sattu* można wykorzystać do ujawniania śladów na różnorodnych powierzchniach. W technice tej nie ma ryzyka uszkodzenia próbek, ale przed jej zastosowaniem należy usunąć wszelkie zanieczyszczenia z powierzchni, na której znajdują się utajone ślady. Następnie obszar z naniesionymi śladami należy pokryć delikatnie proszkiem *sattu*, tak żeby przyległ do śladów i uwidocznili wzory linii papilarnych. Badania wykazały, że środek *sattu* sprawdza się w przypadku wszystkich trzech typów śladów linii papilarnych, tj. łojowych, naturalnych i ekrynowych. Ślady łojowe są widoczne na powierzchniach zawierających oleiste osady, ponieważ są wydzielane przez gruczoły łojowe i olejowe znajdujące się w skórze człowieka. Ślady naturalne występują powszechnie na suchych powierzchniach i powstają w wyniku wydzielania potu. Z kolei ślady ekrynowe, pochodzące z gruczołów potowych, spotyka się zazwyczaj na powierzchniach mokrych lub wilgotnych. Badania pokazują, że proszek *sattu* tworzy wyraźne drobnoziarniste wzory linii papilarnych na wielu różnych powierzchniach. Stanowi on tańszą alternatywę dla tradycyjnych proszków daktyloskopijnych, do produkcji których potrzebne są drogie substancje chemiczne i urządzenia. Co więcej, proszek ów nie pozostawia trujących odpadów, jest więc tym samym przyjazny dla środowiska.

Wykorzystanie przedmiotów codziennego użytku w kryminalistyce nie jest pomysłem nowym – kryminaliści już od dawna stosują ocet, sodę oczyszczoną, wybielacze i inne powszechnie spotykane środki. Przykładem łatwości wykorzystania przedmiotów codziennego użytku do badania przestępstw i identyfikacji podejrzanych jest proszek *sattu*, który ma przewagę nad tradycyjnymi proszkami daktyloskopijnymi. Po pierwsze – jest tanim zamiennikiem w sytuacjach, kiedy dysponuje się ograniczonymi środkami. Po drugie – nie pozostawia niebezpiecznych odpadów i jest nietoksyczny, jest więc bezpieczniejszy zarówno dla badacza, jak i dla środowiska. Po trzecie – jest łatwy w użyciu, a do wyprodukowania go nie są potrzebne specjalistyczne narzędzia ani szkolenie.

5. Ograniczenia badania

Celem opisanych w niniejszej pracy badań było ujawnianie śladów linii papilarnych na różnych powierzchniach, takich jak żelazo, szkło, guma, stal i skóra, za pomocą mączki z prażonej ciecierzycy. Jest ona nietoksyczna, co przekłada się na większe bezpieczeństwo prowadzonych za jej pomocą badań kryminalistycznych. Jest jednak skuteczna tylko na ciemnym, kontrastującym podłożu i nie nadaje się do wykorzystania na mokrych powierzchniach. Aby zbadać potencjalne zastosowanie tego proszku na podłożach niekontrastujących, potrzebne są dalsze badania. Zaobserwowano również, że słabo przylega ona do powierzchni porowatych, co ogranicza jej zastosowanie. Przyszłe badania i eksperymenty powinny zmierzać do zmodyfikowania metody w taki sposób, by wyeliminować te ograniczenia. Reasumując: w przypadku niektórych powierzchni jest ona tanim, bezpiecznym zamiennikiem tradycyjnych proszków daktyloskopijnych. Metodę tę można również udoskonalić w przyszłości.

6. Wnioski

Analiza utajonych śladów linii papilarnych od dawna stanowi kluczowy element kryminalistyki, wspomagający śledztwo i identyfikację przestępców. Alternatywne podejście, polegające na użyciu mączki z prażonej ciecierzycy, zwanej również proszkiem *sattu*, okazało się bardzo obiecujące w tym zakresie. Metoda ta ma kilka zalet, w tym niski koszt, łatwość użycia i skuteczność. Proszek *sattu* pozwala kryminalistom przekształcić łatwo dostępną, tanią substancję w potężne narzędzie do ujawniania utajonych śladów linii papilarnych. Enzymy i aminokwasy w nim obecne oddziałują na organiczne składniki utajonych śladów, wzmacniając ich widoczność i pozwalając na precyzyjną identyfikację osoby. Co więcej, proszek ten jest nietoksyczny, dzięki czemu stanowi bezpieczną metodę gromadzenia dowodów w sprawie przestępstwa. Proszek *sattu* jest niedrogi i powszechnie dostępny w sytuacji ograniczonych zasobów, kiedy tradycyjne środki daktyloskopijne są zbyt drogie bądź niedostępne. Taka tania alternatywa może zwiększyć dostępność badań kryminalistycznych dla służb policyjnych i laboratoriów kryminalistycznych na całym świecie, eliminując ograniczenia budżetowe.