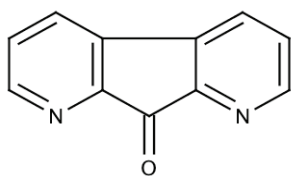


Inleiding

DFO is een verbinding die, net als ninhydrine, 5-MTN en 1,2-IND, gebruikt wordt voor het zichtbaar maken van vingerafdrukken op poreuze oppervlakken (bijvoorbeeld papier). Aangenomen wordt dat het met dezelfde componenten van de vingerafdruk reageert als ninhydrine doet. Het bestaan van het reagens werd bekend gemaakt door C.A. Pounds van de Home Office Forensic Science Service uit het Verenigd Koninkrijk, op het IAI-congres in Pensacola (VS, juli 1989 [2a]). De consensus in de forensische gemeenschap is overigens dat waar DFO gebruikt werd, je nu beter 1,2-IND kan gebruiken.



Naam: DFO, 1,8-diazafluoreen-9-keto, 9H-Cyclopenta[1,2-b;4,3-b']dipyridine-9-keto
CAS-nr.: 54078-29-4
Gele kristallen.

Vingerafdrukken die met DFO zichtbaar gemaakt worden zijn slechter zichtbaar (licht rood/paars) als wanneer deze met ninhydrine behandeld zouden zijn. Echter, wanneer de fluorescentie van de met DFO behandelde vingerafdruk bekeken wordt, blijkt DFO vingerafdrukken beter zichtbaar te maken. Een vereiste voor het gebruik van DFO is wel de beschikbaarheid van een (lieft sterke) lichtbron die licht in een bepaald golflengtebereik (blauw/groen) kan leveren (bijvoorbeeld een Polilight). Toen DFO geïntroduceerd werd, werd gemeld dat bij een praktijkproef van de Home Office het gebruik van DFO in plaats van ninhydrine tot 2,5 maal meer identificeerbare vingerafdrukken opleverde. Zulke goede resultaten zijn door latere auteurs overigens nooit meer genoemd. Waarschijnlijk is dit getal niet reproduceerbaar gebleken.

De formulering die door Pounds werd gebruikt en gepubliceerd [2b] was gebaseerd op frigen (1,1,2-trichlorotrifluoroethaan, CFC-113). Hierin werd 0,5 gram DFO opgelost in 40 ml methanol en 20 ml azijnzuur en vervolgens verdund met frigen tot 1 liter gebruiksooplossing. Sinds het verbod van begin jaren negentig op het gebruik van frigen kan deze formulering niet meer gebruikt worden.

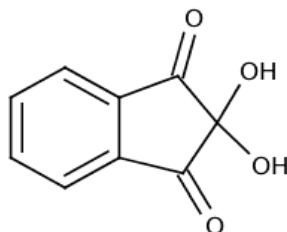
Formulering op PE-basis

De formulering die wij na het verbod op het gebruik van frigen zijn gaan leveren heeft een lagere concentratie DFO dan die voor frigen (0,3 gram versus 0,5 gram/liter). Echter de oplossing is minder gevoelig voor vocht en daardoor gemakkelijker in gebruik. Het doorlopen van inkten is wel sterker dan met frigen. Sproeien van de oplossing (onder druk) is een goed bruikbare methode gebleken (in een zuurkast).

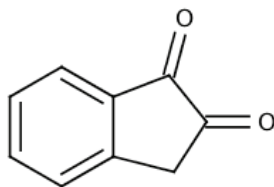
Om de DFO (60 ml oplossing in methanol/azijnzuur) in oplossing te houden is tevens toevoeging van een oplosmiddelmengsel nodig (oplosmiddelmix, 110 ml in een 150 ml bruine glazen fles). Dit oplosmiddelmengsel bevat xyleen, aceton en isopropanol. Tevens is een 1 liter aluminium fles met 830 ml mengsel van petroleumether 60-80° en tert-butylmethylether (MTBE) ter verdunding van de geconcentreerde oplossing bij de set inbegrepen.

Aanbevolen wordt om eerst de oplosmiddelmix bij het petroleumether/MTBE mengsel te voegen en vervolgens de geconcentreerde DFO-oplossing. Het gebruiksklare mengsel heeft een bewaartijd van minimaal enkele weken. Aangezien de oplosbaarheid van DFO te wensen overlaat, moet de oplossing niet in de koelkast bewaard worden. Hoe lager de temperatuur, hoe minder van een stof in een oplosmiddel opgelost kan blijven.

Alle oplossingen van deze DFO-set zijn brandbaar en de oplosmiddeldampen kunnen exploderen als een ontstekingsbron aanwezig is. Daarom dient in een zuurkast gewerkt te worden en mag er in geen geval open vuur aanwezig zijn. Ook oppassen met vonken (schakelaars, thermostaten e.d.) en statische electriciteit. Vanwege de aanwezigheid van het giftige methanol in de werkoplossing is werken in de zuurkast sowieso een vereiste.



Naam: ninhydrine (2,2-dihydroxyindaan-1,3-dion)
CAS-nr.: 485-47-2
Lichtgele kristallen



Naam: 1,2-Indanedione
CAS-nr.: 16214-27-0
Lichtgele kristallen

Wanneer de werkoplossing te veel vocht absorbeert, scheidt een deel van de oplosmiddelen zich af. Dit zal zich manifesteren als gele druppels/vloeistof **onderin** de schaal of fles waarin zich de werkoplossing bevindt. De gele kleur ontstaat doordat de DFO zich in deze druppels heeft geconcentreerd. De werkoplossing bevat dan minder DFO!

Volgens sommigen is de fluorescentie na éénmaal dompelen net zo goed als na tweemaal dompelen, maar zijn de sporen voor het oog beter zichtbaar na tweemaal dompelen. Deze bewering is echter omstreden [3].

Formulering op HFE7100-basis

De door de HOSDB (later CAST genoemd en vervolgens opgegaan in DSTL) aan het begin van deze eeuw gepubliceerde formulering [8, 11] gebruikt een mengsel van HFE7100 en *trans*-1,2-dichlooretheen als het bulk oplosmiddel. Deze formulering is vrij gevoelig voor vocht (waardoor je een twee-lagensysteem krijgt). De HFE7100 is een polyfluorverbinding (PFAS) met een GWP van 320 (CO₂ = 1, methaan 28) die geen schade aan de ozonlaag toebrengt maar ook niet snel afbreekt in het milieu. De DFO-concentratie in deze formulering is 0,25 g DFO per liter. Een set voor 1 liter bestaat uit een geconcentreerde DFO-oplossing van 0,25 g DFO in 30 ml methanol en 20 ml azijnzuur.

Gebruik

Het behandelen van papieren gebeurt analoog als met ninhydrine. Dat wil zeggen papieren worden gespreid, gekwast of in de oplossing gedompeld. Wanneer u ervoor kiest om papieren tweemaal te dompelen is een korte tussentijd om te drogen (ongeveer een minuut) nodig. Vooral met het drogen moet gelet worden op het ontploffingsgevaar van de dampen. Uitsluitend in de zuurkast werken dus. In geval van HFE7100 hou rekening met het feit dat dit niet geabsorbeerd wordt door actieve kool. Alleen gebruiken in niet-circulerende zuurkasten.

Nadat de DFO op het papier aangebracht is, moet de reactie tussen de vingersporen en de DFO nog plaatsvinden. Bij kamertemperatuur is deze uiterst traag. Daarom dienen, nadat de papieren goed uitgedampt zijn (zodat in de oven geen overschrijding van de onderste explosiegrens van één van de oplosmiddelen optreedt), ze in een oven gedurende ca. 20 minuten bij 100 °C gelegd te worden. In eerste instantie [2] werd een verwarmingstijd van 10 minuten aangehouden, later werd in het algemeen een tijd van 20 minuten aangehouden (zie bijvoorbeeld [3 en 4]). Uit verschillende onderzoeken is gebleken (zie bijvoorbeeld de artikelen van Milutin Stoilovic en Jeff Myatt, [5, 12]) dat een hogere temperatuur gedurende een korte tijd beter werkt (sterkere fluorescentie). Stoilovic gebruikt hiervoor een elektrische kledingpers (katoenstand) waarvan de temperatuur in gesloten toestand circa 180 °C bedraagt, gedurende slechts 10 seconden. Jeff Myatt gebruikte een warmtepers (heat transferpers).

Alternatieve formuleringen voor DFO

Betere formuleringen op basis van petroleumether, dan degene die wij leveren, zijn ons niet bekend. Andere formuleringen zijn er wel, zoals een formulering met methanol, ethylacetaat en azijnzuur (0,5 g DFO, 100 ml methanol, 100 ml ethylacetaat, 20 ml azijnzuur, 780 ml petroleumether), een formulering op basis van *tert*-butylmethylether (MTBE) in plaats van petroleumether [6] en formuleringen (bijv. [7]) op basis van HFE's (gefluoreerde ethers).

In 2002 werden in een publicatie van Engelse onderzoekers [8] twee formuleringen beschreven die ongeveer net zo effectief zouden zijn als de "oude" formulering op basis van frigen. Een nadeel van de beide formuleringen zijn de hoge kosten van de gefluoreerde oplosmiddelen en het gebruikte *trans*-1,2-dichlooretheen en de waarschijnlijke korte gebruiksduur van de gebruiksooplossing vanwege vochtgevoeligheid.

In de revisie van augustus 2004 van de *Manual of Fingerprint Development Techniques* van de HOSDB wordt alleen nog een HFE7100 formulering [11] genoemd. De verhoudingen HFE7100 en *trans*-1,2-dichlooretheen zijn iets veranderd (meer *trans*-1,2-dichlooretheen) en de concentratie DFO iets hoger (i.p.v. verdunnen met 1100 ml nu met 1000 ml oplosmiddel). In plaats van puur *trans*-1,2-dichlooretheen wordt een commercieel mengsel ervan met HFE7100 (HFE71DE genaamd) in de formulering gebruikt. Deze formulering is hetzelfde gebleven in de *Fingermark Visualisation Manual* van januari 2014. Hun voorschrift beschrijft één maal dompelen, drogen en dan verwarmen op 100 °C gedurende 20 minuten.

Droge DFO

Een alternatieve manier om DFO te gebruiken, waar wij overigens geen ervaring mee hebben, is het gebruik van “droge DFO”. Deze methode werd gepresenteerd op het IAI-congres in Phoenix (1994, [9]). Eerst worden vellen filtreerpapier met een DFO oplossing (1 g DFO, 200 ml methanol, 200 ml ethylacetaat en 40 ml azijnzuur) doordrenkt, waarna ze gedroogd worden. Het te behandelen document wordt tussen twee vellen DFO-papier gelegd en het geheel weer in een handdoek gevouwen. Hierna wordt een stoomstrijkijzer, gevuld met 5%-ige azijnzuur in water (ongeveer zo sterk als huishoudazijn), op de handdoek gezet en gedurende 1 minuut gestoomd (op katoenstand). Het stoomstrijkijzer wordt niet verplaatst gedurende deze tijd. Hierna wordt het strijkijzer verzet naar een plaats die niet behandeld is en de behandeling herhaald enzovoort, totdat het hele document behandeld is. De vingerafdrukken zouden slechter zichtbaar zijn als bij gebruik van DFO in oplossing. De auteur beweert echter dat de fluorescentie van de vingerafdrukken net zo sterk is. Het voordeel van de methode zou zijn dat er geen doorloop van inkten optreedt en geen achtergrondfluorescentie van het papier ontstaat.

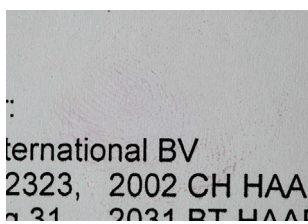
Fluorescentie

De fluorescentie van DFO treedt al bij kamertemperatuur op (in tegenstelling tot ninhydrine/zinkzout dat vaak pas bij afkoeling tot vloeibare stikstoftemperatuur fluoresceert). DFO geeft fluorescentie in het oranje/rode gebied (gebruik een 590 of 610 nm cut-off oftewel Langpaß-filter) bij aanstraling met blauw of groen licht. Het optimum ligt bij circa 530 nm (groen) maar ook met lagere en hogere golflengten kan DFO nog fluoresceren. In de praktijk is gebleken dat de fluorescentie van sporen door inwerking van de luchtvochtigheid (zo neemt men aan) intensiteit verliest en zelfs geheel kan verdwijnen. Door opnieuw te verwarmen zou deze weer hersteld worden.

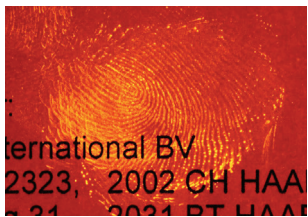
Gebruik van DFO en ninhydrine na elkaar

Het is gebleken dat om onbekende redenen een klein percentage van de vingerafdrukken (ca. 10%) niet met DFO ontwikkeld worden, maar wel met ninhydrine. Nadat alle sporen zijn vastgelegd na behandeling met DFO wordt sterk aanbevolen om de papieren daarna alsnog met ninhydrine te behandelen.

De omgekeerde arbeidswijze (DFO na ninhydrine) levert geen fluorescerende vingerafdrukken op. Echter het is gebleken (zie bijv. [6]) dat sporen zichtbaar werden die met gebruik van ninhydrine alleen niet opgekomen waren. Ook werden sporen duidelijk contrastrijker met DFO-behandeling na gebruik van ninhydrine (o.a. gebleken uit onderzoek van de Southern California Laser Study Group, [10]). Het kan echter ook gebeuren dat een al zichtbare vingerafdruk bij het dompelen verdwijnt (waarschijnlijk omdat hij oplost). Het lijkt ons niet raadzaam om de DFO-oplossing, die gebruikt werd om met ninhydrine behandelde papieren opnieuw te behandelen, later te gebruiken voor nieuwe papieren die fluorescerende afdrukken zouden moeten opleveren. Waarschijnlijk bevat deze oplossing nu zoveel ninhydrine dat uit het papier gekomen is, dat een gemengd reagens is ontstaan waarvan de resultaten wel eens een niet-zichtbare, niet-fluorescerende vingerafdruk zou kunnen opleveren. Waarschijnlijk is opsproeien van DFO in dit geval het beste.



Vingerafdruk ontwikkeld met DFO
(vaag zichtbaar).



Dezelfde vingerafdruk maar dan de
fluorescentie gefotografeerd door
een OG590 filter en verlichting met
licht van 530 nm.

Volgens het Institut de Police Scientifique et de Criminologie van de Universiteit van Lausanne kunnen DFO-sporen met zinkchloride nabehandeld worden (analoog als ninhydrinesporen). Na behandeling, drogen en verwarming gedurende 10 minuten bij 100 °C zouden de sporen sterker gekleurd worden en de fluorescentie iets verbeterd [3].

Een nadeel van deze behandeling is dat het gebruik van ninhydrine als vervolgbehandeling niet zinvol meer is [4].

Referenties en voetnoten

[1] De “officiële” chemische benaming van DFO is 9H-Cyclopenta[1,2-b;4,3-b']dipyridin-9-one. Het CAS-nummer van DFO is [54078-29-4] en de molecuulformule $C_{11}H_6N_2O$.

[2a] Lezing van C.A. Pounds van de Central Research and Support Establishment van de Home Office Forensic Service in Aldermanston op het IAI-congres in Pensacola (Florida/VS, juli 1989).

[2b] Pounds, C.A.; Grigg, R.; Mongkolaussavaratana, T. “The Use of 1,8-Diazafluoren-9-one (DFO) for the Fluorescent Detection of Latent Fingerprints on Paper. A Preliminary Evaluation”, *Journal of Forensic Sciences*, **1990**, Vol. 35, nr. 1, blz. 169-175.

[3] Margot, P.; Lennard, C. “Methoden zur Sichtbarmachung von Fingerabdrücke” 6e editie, 1994, blz. 92-95. Gepubliceerd door het *Institut de Police Scientifique et de Criminologie* van de Universiteit van Lausanne.

[4] Manual of Fingerprint Development Techniques, 2e editie 1998 (DFO sectie in revisie van januari 2001), Home Office - Police Scientific Development Branch - Sandridge.

[5] Stoilovic, M. “Improved method for DFO development of latent fingerprints” *Forensic Science International*, **1993**, nr. 60, blz. 141-153.

[6] Nobel, A. “Daktyloskopische Spurensuche - Spurensicherungsmittel DFO jetzt ohne FCKW” *Kriminalistik*, **1994**, Vol. 7, blz. 491-492.

Formulering: 0,5 g DFO, 40 ml methanol, 20 ml azijnzuur, 940 ml MTBE.

[7] Didierjean, C.; Debart, M.-H.; Crispino, F. “New Formulation of DFO in HFE7100”, *Fingerprint Whorld*, **1998**, Vol. 24, nr. 94, blz. 163-167.

Formulering: 0,25 g DFO, 40 ml methanol, 20 ml azijnzuur en 940 ml HFE7100.

[8] Merrick, S.; Gardner, S.J.; Sears, V.G.; Hewlett, D.F., A. “An Operational Trial of Ozone-Friendly DFO and 1,2-Indanedione Formulations for Latent Fingerprint Detection” *Journal of Forensic Identification*, **2002**, Vol. 52, nr. 5, blz. 595-605.

Formulering op basis van HFE7100: 0,25 g DFO, 30 ml methanol, 20 ml azijnzuur, 100 ml *trans*-1,2-dichlooretheen en 1000 ml HFE7100.

Formulering op basis van HFC4310mee (een HFC): 0,25 g DFO, 30 ml methanol, 20 ml azijnzuur, 150 ml *trans*-1,2-dichlooretheen en 850 ml HFC 4310mee.

HFE 7100 is overigens een mengsel van de hydrofluoroethers (HFE's) 1-methoxynonafluorisobutaan en 1-methoxynonafluorbutaan, CAS-nummer respectievelijk 163702-08-7 en 163702-08-6, door 3M op de markt gebracht onder de naam Novec™ Engineering Fluid HFE-7100. HFE-7100 is een polyfluoralkylverbinding (PFAS) met een dichtheid van 1,52 kg/l. Als we met 2,2 kg CO₂ per liter benzine en een verbruik van 1:15 rekenen komt het laten verdampen van 1 liter HFE-7100 overeen met ruim 3200 km autorijden qua opwarming van de aarde.

[9] Zie publicatie: Bratton, R.M.; Juhala, J.A. “DFO-Dry” *Journal of Forensic Identification*, **1995**, Vol. 45, nr. 2, blz. 169-172.

[10] Southern California Laser Study Group, “Alternative applications of D.F.O. for non-fluorescent visualization”, circa 1991.

[11] Formulering op basis van HFE7100/HFE71DE: 0,25 g DFO, 30 ml methanol, 20 ml azijnzuur, 275 ml HFE71DE en 725 ml HFE7100.

[12] Myatt, J. “Evaluation of heat treatment process for DFO: heat press vs. forensic oven” *Identification Canada*, **2007**, Vol. 30, nr. 2, blz. 69-76.