

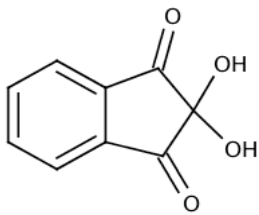
**BVDA INTERNATIONAL**

POSTBUS 2323 2002 CH HAARLEM HOLLAND
TEL +31 (23) 5424708 FAX +31 (23) 5322358
EMAIL INFO@BVDA.NL WWW.BVDA.COM

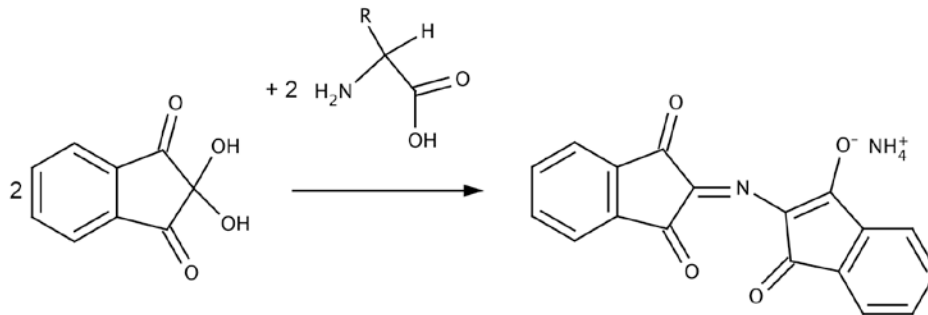
Inleiding

Ninhydrine is het meest bekende en meest gebruikte reagens voor het zichtbaar maken van vingerafdrukken op papier en andere poreuze materialen (bijvoorbeeld karton, met latex behandelde muren, behang e.d.). Ninhydrine (1,2,3-indaantrion, monohydraat) reageert met de aminozuren in zweet, achtergelaten in de vorm van een vingerafdruk, waarbij het een zeer sterk gekleurde verbinding vormt, die Ruhemann's paars wordt genoemd.

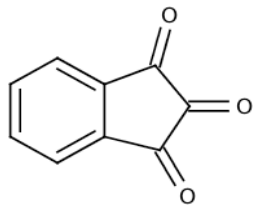
Ondanks het feit dat er maar een hele kleine hoeveelheid materiaal in een vingerafdruk zit, maakt de sterke kleur van Ruhemann's paars het mogelijk dat de vingerafdruk toch zichtbaar wordt.



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



Vorming van Ruhemann's paars uit 2 moleculen ninhydrine en 2 moleculen aminozuur.



*Naam: indaan-1,2,3-trion
CAS-nr.: 938-24-9
Rode verbinding, verkrijgt men door verwarmen van ninhydrine in een vacuüm.*

Alternatieve reagentia gebruikt in plaats van ninhydrine zijn 5-MTN (een ninhydrine analogon), DFO en 1,2-IND. Deze reagentia zijn in staat fluorescerende producten te vormen met aminozuren en meer vingerafdrukken zichtbaar te maken wanneer de mogelijkheid bestaat deze fluorescentie te fotograferen (met gebruikmaking van forensische lichtbronnen en filters voor de cameralens).

Ninhydrineoplossingen - formuleringen

Ninhydrine werd in 1910 voor het eerst gemaakt door Siegfried Ruhemann (een Engelse chemicus) en al snel daarna gebruikt als analytisch reagens voor aminozuren. Het duurde echter tot de jaren vijftig voordat het gebruik ervan als reagens voor het zichtbaar maken van vingerafdrukken op papier beschreven werd door twee Zweedse chemici (Odén en von Hofsten [1a]). Zij gebruikten ninhydrine opgelost in ether (diethylether) of aceton, met en zonder de toevoeging van azijnzuur. Odén kreeg een patent op het gebruik van ninhydrine en dat van een koperzout voor het fixeren van de ontwikkelde vingerafdrukken in Groot-Brittannië en de VS [1b, 1c] ondanks het feit dat het algemeen bekend was uit de papierchromatografie van aminozuren dat bij behandeling met ninhydrine vingerafdrukken zouden opkomen als men niet zorgvuldig geweest was bij het vasthouden van het papier.

Ether is een nogal gevaarlijk oplosmiddel door het lage kookpunt (dus sterke verdamping bij kamertemperatuur) en de grote ontvlambaarheid. In aceton lost ninhydrine erg goed op, ballpointinkten echter ook.

Een verbeterde formulering (minder doorlopen van inkten) gebaseerd op petroleumether werd door D.A. Crown gepubliceerd in 1969 [3]. Toevoeging van 1% azijnzuur aan deze formulering verbeterde de gevoeligheid [2].

Een belangrijke verbetering op het gebied van formulering van ninhydrineoplossingen, geïnitieerd door de Home Office Police Scientific Development Branch (toen CAST geheten en nu onderdeel van DSTL), was



de introductie van 1,1,2-trichloortrifluorethaan (ook bekend als Fluorisol, CFC113 en frigen) als het hoofd-oplosmiddel in 1974 (Morris and Goode, [2]). Deze formulering (NFN - kort voor "new formulation for the ninhydrin reagent", genoemd) had een goede gevoeligheid, lage tendens voor het doorlopen van inkten, lage ontvlambaarheid en verdampte snel. Vanwege de aantasting van de ozonlaag door CFK's (ODP - ozone depletion potential) werd het gebruik ervan echter verboden in de jaren 90 van de vorige eeuw.

Het NFN-reagens werd gemaakt door 30 ml van een stockoplossing (4,5 gram ninhydrinepoeder, 9 ml ijsazijn, 18 ml absolute ethanol [2b]) te verdunnen met 1 liter CFC113 (liefst van te voren gedroogd op mol-sieves 3A). Vervangen van CFC113 door petroleumether (een mengsel van koolwaterstoffen zoals hexaan en heptaanisomeren) in deze formulering is niet mogelijk. De stockoplossing lost slechts gedeeltelijk op in de petroleumther en resulteert in een tweefasensysteem. Een dunne, gele, laag stockoplossing ligt op de bodem, de zo goed als kleurloze petroleumether drijft daar bovenop.

Toen CFC113 verboden werd hebben wij onze eigen formulering ontwikkeld waarbij de grootste verandering de toevoeging van een ether (methyl-tert-butylether, MTBE) aan de formulering was om de ninhydrine-oplossing als één fase te houden.

Andere formuleringen, zoals een waarbij meer ethanol werd toegevoegd, zijn later ook ontwikkeld. De toevoeging van meer ethanol heeft het nadeel dat inkten daarmee meer doorlopen.

Een goede formulering op basis van heptaan werd gepubliceerd door Hewlett en Sears (van de Home Office Police Scientific Development Branch) in 1997 [4]. Het combineert een stockoplossing van 5 gram ninhydrinepoeder, 3 ml azijnzuur (99%), 75 ml ethanol en 25 ml ethylacetaat met 1 liter heptaan voor 1,1 liter werkoplossing. In vergelijking tot de NFN-formulering is de hoeveelheid ethanol 4 keer zo hoog, de hoeveelheid azijnzuur met 2/3 verminderd en 25 ml ethylacetaat toegevoegd. Uitgaande van het aantal ontwikkelde vingerafdrukken op checks presteerde deze formulering beter dan het NFN-reagens en de formulering op HFE7100-basis die tegelijkertijd [5a] door de auteurs werd gepubliceerd [4,5a]. Met het oog op de brandbaarheid en daarmee geassocieerde risico's op ontploffingen (bijvoorbeeld in ovens) wanneer de behandelde voorwerpen niet goed genoeg gedroogd zijn werd het niet aanbevolen voor gebruik door Britse politiekorpsen. Aanbevolen werd het gebruik van de HFE-7100 formulering [5a]. De kostprijs van HFE-7100 [6a] ligt echter beduidend hoger dan die van petroleumether of zelfs heptaan. Ook de impact op het milieu is niet gering [6b].

In onze opinie is het werken in een zuurkast nodig voor zowel de heptaan/petroleumether als de HFE7100 formuleringen dus de kosten van een laboratoriumruitruistig zijn hetzelfde. Wanneer behandelde papieren (en vooral voorwerpen zoals golfkarton) voldoende tijd wordt gegeven om te drogen voordat ze in een oven worden geplaatst is er weinig risico op een ontploffing.

Speciaal voor thermisch papier (kassabonnen bijvoorbeeld) is er een ninhydrinederivaat, ThermaNin genaamd. Dit is een hemiketaal van ninhydrine en alcohol met een lange keten. Wanneer dit op papier aangebracht wordt reageert het met het aanwezige water en val uiteen in ninhydrine en de alcohol, waarna de ninhydrine kan reageren met de aminozuren in de vingerafdruk.

Behandeling objecten met werkoplossing

De behandeling van papieren met de gebruiksklare ninhydrineoplossing op basis van petroleumether is niet moeilijk. Wel moet vanwege de verdamping van de petroleumether, waarbij oplosmiddeldamp/lucht mengsels gevormd kunnen worden die explosief zijn in de zuurkast gewerkt worden.

Om documenten of andere papieren te onderzoeken op vingerafdrukken kan gebruik worden gemaakt van een ondiepe schaal waarin een laagje van ongeveer 1-2 cm werkoplossing wordt gegoten. Hier wordt het papier in gelegd (maximale verblijftijd 5 seconden) of doorheen gehaald. Dat het papier volledig nat geworden is, is voldoende.

Voor het behandelen van papier heeft BVDA een praktisch kunststof dompelbad in het pakket. Door de ronde vorm kan hierin met kleine hoeveelheden gebruikoplossing gewerkt worden, waardoor minder



Dompelbad B-79500



ongewenste verdamping optreedt. Volledig nat zijn van het papier is voldoende voor behandeling. Gebruik een pincet (liefst van een soort die geen ribbels in de oppervlakken heeft waarmee aangegrepen wordt) om papier door de oplossing te duwen/trekken.

Grote voorwerpen (zoals kartonnen dozen) of papieren labels van flessen kunnen ook behandeld worden met een zachte kwast met werkoplossing.

We raden aan om als papier door de oplossing is gehaald dit niet uit te laten druipen boven het dompelbad. Papier bevat vocht en door het uitdruipen boven het dompelbad komt er vocht dat in de oplossing die aan het papier hangt is gekomen, in de werkoplossing in het dompelbad.

Kleine hoeveelheden gebruikte werkoplossing kunnen beter met het chemisch afval meegegeven worden (niet-gehalogeneerd chemisch afval). Grotere hoeveelheden die op het oog niet verontreinigd zijn, kunnen bewaard worden voor later gebruik. Bewaar deze werkoplossing wel apart van nog ongebruikte werkoplossing (niet mengen). Gebruik voor het bewaren een aparte, ondoorzichtige (bruin glas of aluminium), goed geëtiketteerde fles met de datum waarop het gebruikt werd.

Wanneer de oplossing vers is, is deze lichtgeel. Wanneer deze verontreinigd raakt met water, bijvoorbeeld door condensatie of met vocht uit de behandelde papieren kan een scheiding ontstaan tussen een geconcentreerde ninhydrineoplossing en het bulk oplosmiddel. Met werkoplossing op basis van petroleumether komt de geconcentreerde, donkergele, oplossing op de bodem en een kleurloze oplossing erbovenop. Met HFE7100, wat een veel grotere dichtheid heeft, komt de geconcentreerde oplossing als druppels of drijfslaag bovenop.

Voordat papieren (in het bijzonder kartonnen dozen) in een oven geplaatst worden om de ontwikkeling van vingerafdrukken te versnellen moet men er zeker van zijn dat alle oplosmiddel verdampt is.

DFO, IND en ninhydrine

Ninhydrine kan gebruikt worden na het eerst met DFO behandeld is. Het wordt zelfs aanbevolen om dit te doen, nadat vingerafdrukken ontwikkeld en bruikbare afdrukken fotografisch zijn vastgelegd. In principe kan DFO niet gebruikt worden na een behandeling met ninhydrine.

Naar verluidt zijn er zaken geweest waarbij een vingerafdruk zichtbaar werd na behandeling met DFO, die niet zichtbaar was nadat eerst behandeling met ninhydrine was gedaan.

Gebruik van ninhydrine nadat papier behandeld is geweest met 1,2-IND levert geen aanvullende afdrukken op tenzij de CAST-formulering voor 1,2-IND is gebruikt. De IND-concentratie in deze formulering is ons inziens te laag waardoor het kan gebeuren dat er met ninhydrine nog extra vingerafdrukken zichtbaar gemaakt kunnen worden.

Ninhydrine spray

Een heel gebruiksvriendelijke en snelle manier om papieren of voorwerpen met ninhydrine te behandelen is het gebruik van ninhydrinespray. Ninprint werd door ons ontwikkeld omdat de bestaande spuitbussen ofwel CFK's bevatten ofwel, naar onze smaak, te veel polaire oplosmiddelen bevatten. Deze overmaat aan polaire oplosmiddelen veroorzaakt het doorlopen van inkten. Nin-print bevat, vanwege de corrosieve werking, geen azijnzuur. Voor de werking lijkt dit weinig verschil te maken.

De spray is bijzonder "droog" omdat de oplosmiddelen zeer snel verdampen. Het grote voordeel hiervan is dat inkten nauwelijks de kans krijgen om door te lopen. Het betekent wel dat een vel papier niet door en door nat wordt, zodat beide kanten van het papier gesprayd moeten worden.

De sproeimist van de spuitbus is vrij irritant voor de luchtwegen. Waarschijnlijk is dit te wijten aan de zeer fijne ninhydrinekristallen die ontstaan door de verdamping van het oplosmiddel. Gebruik in de zuurkast, buiten, of met een goed afsluitend masker (pas op de ogen) is dan ook aan te raden.



Nin-print B-78500



Ontwikkelen van de vingerafdrukken

Vingerafdrukken worden zichtbaar door een chemische reactie tussen eiwitten en aminozuren (die in het zweet aanwezig zijn) en de ninhydrine, waarbij een paarse verbinding (Ruhemann's paars) wordt gevormd.

De meest betrouwbare, maar ook de langzaamste methode om de vingerafdrukken te ontwikkelen, is het in het donker bewaren van de behandelde objecten bij kamertemperatuur en verhoogde relatieve vochtigheid (80%). Dit kan bijvoorbeeld bereikt worden door de objecten in een grote, afgesloten, plastic zak te bewaren met daarin een vochtige tissue of prop watten. Uiteraard dient contact tussen de objecten en het vochtige papier of watten absoluut vermeden te worden.

Een manier om een relatieve vochtigheid van 80% in een niet al te grote ruimte te krijgen is het onderin plaatsen van een schaal met daarin een verzadigde keukenzoutoplossing en een laagje zout op de bodem [7a].

Volledige ontwikkeling bij kamertemperatuur kan dagen tot weken duren.

Versnellen van de ontwikkeling

Het zichtbaar worden van de vingerafdrukken kan versneld worden door de objecten gedurende enige tijd te verwarmen bij verhoogde temperatuur (en idealiter ook een verhoogde luchtvochtigheid) in een oven. Een temperatuur hoger dan 80 °C is niet aan te raden. De maximale verwarmingstijd bij deze temperatuur is 5 minuten. Bij lagere temperatuur kan deze tijd wat langer genomen worden. Uiteraard moeten de te verwarmen objecten wel tegen de verhoogde temperatuur bestand zijn. Voor plastic flessen met etiket zal een temperatuur van 50 °C nog wel haalbaar zijn. In geval van twijfel kan een proef genomen worden met eenzelfde artikel.

De kleuring van de achtergrond zal sterker zijn bij het ontwikkelen van de afdrukken bij verhoogde temperatuur dan bij kamertemperatuur. Voor maximaal contrast is dus de ontwikkeling van de vingerafdrukken bij kamertemperatuur (of voor hogere temperaturen het gebruik van een speciale klimaatoven zoals de NINcha) aan te raden.

Na de temperatuurbehandeling dienen de objecten weer in het donker en bij kamertemperatuur bewaard te worden om de vingerafdrukken (verder) te laten ontwikkelen (minimaal 10 dagen als dat mogelijk is). Vele vingerafdrukken zullen namelijk pas na dagen zichtbaar worden.

Een, in sommige laboratoria gebruikt alternatief voor de oven is het gebruik van een stoomstrijkijzer. Het hete strijkijzer wordt op ca. 1,5 cm afstand over het oppervlak van het papier bewogen. Het ijzer mag het papier niet raken! Op karton of gecoat papier kan deze methode beter niet gebruikt worden, omdat de stoom de neiging heeft op deze oppervlakken te condenseren. Hierdoor treedt beschadiging of vernietiging van de vingerafdrukken op.

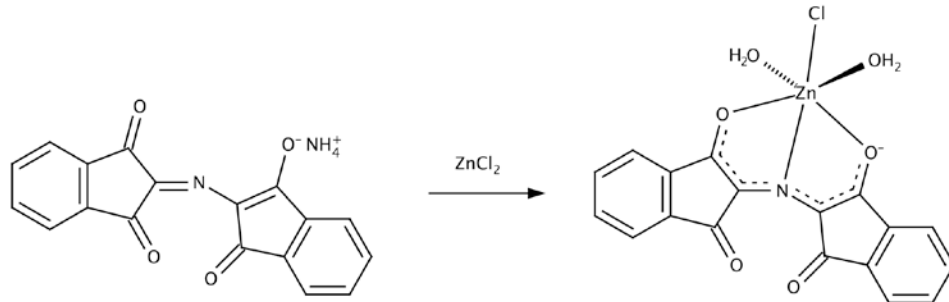
Omkleuren met metaalzouten

Bekend is dat de verbinding die ninhydrine met aminozuren vormt (het Ruhemann's paars) met metaalzouten zoals nikkelnitraat, cadmium- en zinkchloride complexen kan vormen die een andere kleur hebben dan het Ruhemann's paars zelf (nikkel en cadmium geven een rood complex, zink meestal een oranje complex).

Omkleuren met cadmium is uit veiligheids- en milieuoogpunt af te raden vanwege de giftigheid van cadmiuozouten. De complexen van Ruhemann's paar met cadmium en zink kunnen ook fluoresceren. Hiervoor is over het algemeen afkoelen met vloeibare stikstof (-196 °C) nodig maar soms fluoresceren de afdrukken ook bij kamertemperatuur. Deze complexen fluoresceren bij bestraling met groen licht in het rode gebied. De fluorescentie is minder sterk als die van DFO.



Het proces is op zich niet bijzonder ingewikkeld. De fluorescentie is echter sterk afhankelijk gebleken van de voorbehandeling en ook van onbekende factoren. Zo mag de ontwikkeling van de vingerafdrukken niet versneld zijn geweest door verhoging van de temperatuur en moet de nabehandeling met zinkzout ook vrij vlot na de ninhydrinebehandeling gebeuren. Succes is dus niet altijd verzekerd. Zie voor meer informatie en



Rubemann's paars complexeert met zinkchloride en water tot het zinkcomplex en ammoniumchloride (niet afgebeeld)

literatuurverwijzingen het artikel van Wainwright et al. [8].

Door het ninhydrinemolecuul te veranderen (bijvoorbeeld door middel van een methoxy- of een methylthiogroep [5-MTN] in de aromatische ring) is gebleken dat zowel de betrouwbaarheid als de sterkte van de fluorescentie aanzienlijk verbeterd kon worden.

Omkleuren met zinkzout tot een oranje complex kan ook in een absorptiemodus zinvol zijn. Bij het bekijken of fotograferen van het oranje complex onder blauw licht wordt een beter contrast verkregen dan met de paarse vingerafdruk met wit (of een andere kleur) licht. Vooral als het papier blauwe of blauwgroene bedrukkingen bevat (zoals de achterkant van de oude girobetaalkaart) werkt de methode dubbelop. Blauwe of blauwgroene bedrukkingen worden minder contrastrijk onder deze belichting, zie bijvoorbeeld het artikel van M.J.M. Velders [9].

Voorbeeld van het omkleuren van een met ninhydrine ontwikkelde vingerafdruk met zinkchloride



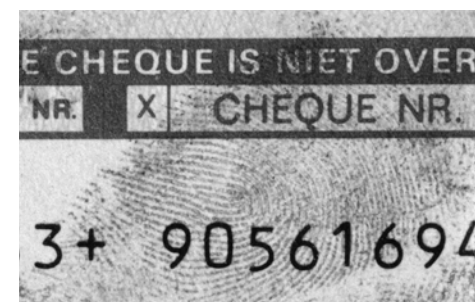
Vingerafdruk op een cheque zichtbaar gemaakt met ninhydrine.



Vingerafdruk op een cheque zichtbaar gemaakt met ninhydrine en omgekleurd met zinkchloride.



De met zinkchloride behandelde vingerafdruk onder blauw licht.



Zwart-wit afbeelding van ninhydrinevingerafdruk, omgekleurd met zinkchloride, onder blauw licht.



Procedure voor de behandeling met zinkchloride

Het behandelen van met ninhydrine ontwikkelde vingerafdrukken is eenvoudig. BVDA heeft een zinkchlorideoplossing ontwikkeld op basis van MTBE en petroleumether. Deze oplossing bevat een hoge concentratie zinkchloride (30 g/l), zodat voor de behandeling slechts een geringe hoeveelheid benodigd is.

Het is mogelijk om het papier in de zinkchlorideoplossing te dompelen. Echter de kans op doorlopen van inkten is niet denkbeeldig, bovendien is de concentratie zink in de oplossing hoger dan nodig voor dompelen.

Wij bevelen dan ook aan om een sprayer te gebruiken, in een zuurkast, voor de behandeling van papier met zinkchlorideoplossing. Sproei een kleine hoeveelheid over het papier, laat het oplosmiddel verdampen en wacht gedurende korte tijd. Voor de vorming van het fluorescerende complex is een kleine hoeveelheid water nodig, waarvan meestal genoeg in de omgevingslucht aanwezig is. De reactie zal over het algemeen binnen enkele minuten verlopen. Bevochtigen van een vingerafdruk (door erop te ademen) versnelt het proces. Opnieuw besproeien is alleen nodig wanneer de kleuromslag niet volledig is.

Door het papier met de zinkchloride oplossing te besproeien kan men eenvoudig doseren en is het doorlopen van inkten het beste te voorkomen.

Veiligheid

Gebruik altijd goed afsluitende handschoenen, een veiligheidsbril en beschermende kleding zoals een labjas. Vermijd aanraking van de huid door de geconcentreerde oplossing of de werkoplossing (dit zal resulteren in paarskleuring van de huid). Als dat toch gebeurt, spoel de huid dan grondig af onder de kraan.

Als een van de oplossingen in de ogen komt, dienen deze met koud water uitgespoeld te worden. Mochten irritaties of andere symptomen blijven, dan dient een arts geraadpleegd te worden. Een eventuele kleuring van de huid zal na een aantal dagen verdwijnen.

Aangeraden wordt de oplossingen uitsluitend te gebruiken in een zuurkast. Als dat niet mogelijk is moet in ieder geval zeer goed geventileerd worden (bijvoorbeeld als behang in een kamer bewerkt wordt). De petroleumether is zeer vluchtig en zal in kleine ruimten de lucht verdringen. Het damp/lucht mengsel is in een bepaald concentratiebereik explosiegevaarlijk.

Wanneer de ninhydrineoplossing HFE7100 als bulk oplosmiddel gebruikt is het belangrijk te weten dat het niet door actieve koolfilters wordt tegengehouden. Actieve kool wordt gebruikt in adembeschermingsmiddelen en in filters van recirculatie zuurkasten [10].

Ninhydrine kleurt de huid sterk. Als poeder irriteert het de luchtwegen. Omdat na verdampen van de oplosmiddelen fijne ninhydrinekristallen op het papier kunnen ontstaan, is het aan te raden de behandelde papieren na droging te bewaren in plastic zakken (bijvoorbeeld gripzakken). Dit verkleint uiteraard ook de kans dat nieuwe sporen op de objecten gemaakt worden terwijl visuele inspectie nog steeds mogelijk is. Wees er wel op verdacht dat polyetheenzakken enigszins permeabel zijn voor ninhydrine. Polypropeenzakken zijn niet doorlaatbaar voor ninhydrine [11].

Referenties en voetnoten

[1a] Odén, S.; Hofsten, B. von "Detection of Fingerprints by the Ninhydrin Reaction" *Nature*, 1954, Vol. 173, p. 449-450.

[1b] Odén, Svante, "A process of Developing Fingerprints on paper and the like materials.", Patent GB767341, gepubliceerd 30 januari 1957. Gedownload van de EPO website (<https://register.epo.org/regviever>).

[1c] Odén, Svante, United States Patent 2,715,571, 16 augustus 1955. Gedownload van de Google website (<http://www.google.com/patents/US2715571>)

[2a] Morris, J.R.; Goode, G.C. *Police Research Bulletin*, nr. 24, 1974, p. 45-53.

[2b] De NFN (new formulation for the ninhydrin reagent) formulering gebruikt een stockoplossing gemaakt



van 25 gram ninhydrinepoeder, 50 ml azijnzuur (ijsazijn) en 100 ml ethanol (98% of hoger) waarna 30 ml van deze stockoplossing verdund wordt met 1 liter 1,1,2-trichloortrifluorethaan. Dit komt neer op een oplossing van circa 4,5 gram ninhydrine, 9 ml azijnzuur en 18 ml ethanol in de frigen. Vanwege de vergroting van het volume door de grote hoeveelheid ninhydrine in de stockoplossing is het volume groter dan 150 ml (5x30 ml).

[3] Crown, D.A. "The Development of Latent Fingerprints with Ninhydrin", *Journal of Criminal Law, Criminology & Police Science*, **1969**, Vol. 60, nr. 2, p. 258, [doi:10.2307/1142254]

[4] Hewlett, D.F.; Sears, V.G. "Replacements for CFC 113 in the Ninhydrin Process, Part 1", *Journal of Forensic Identification*, **1997**, Vol. 47, nr. 3, p. 287-299.

[5a] Hewlett, D.F.; Sears, V.G.; Suzuki, S. "Replacements for CFC 113 in the Ninhydrin Process, Part 2", *Journal of Forensic Identification*, **1997**, Vol. 47, nr. 3, p. 300-306.

[5b] De HFE7100-formulering bestaat uit 5 gram ninhydrine, 5 ml azijnzuur, 45 ml ethanol en 2 ml ethyleacetat (stockoplossing) op 1 liter HFE7100.

[6a] Mengsel van de hydrofluoroethers (HFE's) 1-methoxynonafluoroisobutaan en 1-methoxynonafluorobutaan, CAS-nummer respectievelijk 163702-08-7 en 163702-08-6, door 3M onder de naam Novec™ Engineering Fluid HFE-7100 op de markt gebracht.

[6b] HFE-7100 is een polyfluoralkylverbinding (PFAS) met een GWP van 320 (CO₂ 1, methaan 28). HFE-7100 heeft een dichtheid van 1,52 kg/l en 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.

[7a] Deze oplossing wordt gemaakt door zoveel mogelijk keukenzout in (kraan)water op te lossen totdat het er niet meer in oplost. Om zeker te zijn dat de oplossing verzadigd is, dient een gedeelte van het keukenzout niet op te lossen. Het mengsel van zout en verzadigde oplossing kan dan in de schaal gedaan worden.

In een glazen beker of schaal heeft deze zoutoplossing de neiging omhoog en over de wanden te kruipen. Bij gebruik van een PVC container of een Goretex membraan zoals beschreven in een nieuwsbrief van het Seattle Art museum voorkomt dit praktische probleem waarschijnlijk.

[7b] Nielson, J.P., "Quality Control for Amino Acid Visualization Reagents", *Journal of Forensic Sciences*, **1987**, Vol. 32, nr. 2, p. 370-376, [doi:10.1520/JFS11140] voor praktijkvoorbeelden van vingerafdrukken die niet meer ontwikkelen bij te lage luchtvochtigheid na dompelen in ninhydrineoplossing.

Citaat uit het artikel van Nielson

Figure 4 depicts four strips which were treated simultaneously with the same batch of ninhydrin reagent; only environmental factors during development were varied. Strips a and d were placed in an environment of 25°C at 60% RH for 18 h before treatment. Strips b and c were placed in a desiccator over Drierite® (CaSO₄) for 18 h before treatment. All strips were treated at the same time by dipping them in a 1% ninhydrin: Freon 113 solution [10]. After being processed with ninhydrin, Strips a and c were placed in a chamber at 30°C, 75% RH for 24 h. Strips b and d were placed in a desiccator over Drierite. After 24 h, the strips were evaluated: a and c showed strong (normal) development. Strip b shows barely perceptible development of dilution 0 and d shows perceptible development to Dilution 2.

These results seem to indicate that pretreatment temperature/humidity conditions do not have a great effect on the strength of development (at least over short periods of time). Posttreatment temperature/humidity conditions, however, appear to be critical. A decrease of X1000 in sensitivity between a (or c) and b and d is seen here. The difference in development between b and d (d showing greater sensitivity) is attributed to the fact that some residual humidity was present in the paper immediately after processing which allowed development to commence before that moisture was removed by the desiccant.

Although relative humidities approaching zero are not encountered in the environment, very low humidities are routinely encountered in arid or semi-arid climates, and humidities low enough to interfere with optimum development occur in almost any climate at some time. The degree of interference is unknown without a known and replicable standard against which to measure.

Figure 5 depicts four strips which were treated with the same batch of ninhydrin reagent (1%) on successive days in February and allowed to develop in ambient laboratory conditions. The building housing



the laboratory was at that time less than one year old and contained up-to-date environmental controls which supposedly maintain constant humidity. No record of the ambient humidity was kept. Strips were treated in the order a, b, c, d. Of interest is the observation that development appears to be arrested even when a subsequent strip developed more strongly (b, compare c); however, the phenomena has been observed on more than one occasion. In any case, such variability in the intensity of development is common from October to April in temperate climates, when relative humidities may be low unless a controlled temperature and humidity environment is available.

[8] Davies, P.J.; Kobus, H.J.; Taylor, M.R.; Wainwright, K.P. "Synthesis and Structure of the Zinc(II) and Cadmium(II) Complexes Produced in the Photoluminescent Enhancement of Ninhydrin Developed Fingerprints Using Group 12 Metal Salts", *Journal of Forensic Sciences*, **1995**, Vol. 40, nr. 4 (July 1995), p. 565-569. [doi:10.1520/JFS13826]

[9] Velders, M.J.M. "Latent Fingerprint Pencil", *TIB*, **1990**, nr. 3, p. 7-18.

[10] Fingermark Visualisation Manual, Chapter 6.1. ISBN: 978-1-78246-234-7, Home Office, januari 2014.

[11] Schwarz, L.; Hermanowski, M.; "Untersuchung zur Ninhydrinpermeabilität von Verpackungen in der daktyloskopischen Spurensicherung", *Archiv für Kriminologie*, **2008**, nr. 222 (5/2008), p. 14-22.