

## تقنيات التحليل واهم عوامل تقادم زلال البيض كوسيط لوني

Analysis techniques and the most important Agent factors on Egg yolk used as a painting medium

مايكل ابراهيم ماهر

تاريخ استخدام زلال البيض عند المصري القديم

استخدم زلال البيض قديما كوسيط ومادة لاصقة في التصوير عند المصري القديم وذلك منذ الاسرة الرابعة وحتى اواخر الحكم الروماني ، ويذكر ان المصريون القدماء هم اول من استخدم زلال البيض كوسيط لوني في تزيين مقابرهم ولذلك احتفظت مقابرهم ببهائها وبحرارته اللونية .

وقد وجد سبريل مادة زلال البيض مستخدمة كوسيط لوني داخل مقبرة من الاسرة الثانية عشرة بمدينة اللاهون بالفيوم واطاف انها استخدمت ايضا في النقوش الجدارية كوسيط لوني في مقابر تل العمارنة من الاسرة الثانية عشرة .

وقامت مني بدراسة الوسيط اللوني الموجود بأحدي اللوحات الجدارية باحدي نيشات كنيسة مارجرس ووجدت انها خليط بين صفار البيض وبياض البيض<sup>١</sup> .

مكوناته :

بياض البيض : *algairegg white*

يحتوي بياض البيض علي نسبة كبيرة من الماء حوالي ٨٧% ، وحوالي ٢% من السكريات المتعددة *polysaccharides* وحوالي ١٢% من البروتين و يبلغ وزن الجزء حوالي ٤٤٠٠ ويتكون من حوالي ٦٥% من *ovalbumin* ، كما يحتوي البروتين علي حوالي ٢% من مادة *mucin* الغنية بالمواد الكربوهيدراتية ، التي تحتوي بدورها علي ٦% من *globulins* ، ٣% من *lysodyme* و ١٧-١٩% *conalbumini* و ٩-١٤% *ovomucold* .

ومن خواص بياض البيض ان الغشاء اللوني الذي يستخدم فيه كوسيط يعطي فيلم نقي وشفاف لكنه هش ، لذلك من الضروري اضافة مادة تعمل علي جعله لدن وغير قابل للكسر مثل الجلسرين.

صفار البيض : *egg yolk*

هو عبارة عن مستحلب يحتوي علي اكثر من ٥١% من الماء وحوالي ١٥% من البروتين وحوالي من ١٧ - ٣٨% الليبيدس ، وهي عبارة عن مادة غير جفوفة *non-drying* ولكنها تجف بمرور الوقت وحوالي ٢,٢ مادة الفسفوروز ومادة الليثين وهي مادة هيجروسكوبية تحتوي علي النيتروجين والفسفور . واللون الاصفر لصفار البيض مرجع الي صبغات الكاردين

<sup>١</sup> نبيل احمد عبدالنواب : دراسة علاج وصيانة الصور الجدارية المنفذة علي حامل من الحجر الرملي بمقابر منطقة البويطي بالواحات البحرية تطبيقا علي احد مقابرها ، رسالة ماجستير ، القاهرة ٢٠٠٠ ، ص ١١٢

zeaxanthin and lutein كما يوجد amino acid في صفار البيض بنفس النسبة التي يوجد بها في بياض البيض.<sup>٢</sup>

• وقد قام colombini وآخرون بدراسة الأحماض الأمينية في البيض بطريقة assist acid hydrolysis microwave وذكر أنها عبارة عن :

• aniline 6 , glycine 4 , valine 7 , leucine 9 , isoleucine 5 , methionine 4 , phenylalanine 5 , aspartic acid 16, gluconic acid 21, lysine 3 , proline 4 , tyrosine 4 , serine 13<sup>٣</sup>

ومن خواص صفار البيض أنه يحتوي على مادة albumen ومادة البروتين اللاصقة حيث تساعد هاتين المادتين على سرعة التجمد عند التعرض للهواء ، وأيضا وجود الزيوت الغير جفوفة ومادة الليثين والمواد الدهنية الأخرى التي تعمل على امتزاج السائل مع اللون في شكل خليط متجانس .

ويعتبر صفار البيض أفضل كوسيط من بياض البيض وذلك لأنه يحتوي على نسبة عالية من الزيوت والدهون حيث تبقى معلقة في وسطها وذلك من خلال الشبكة الزلالية والزيوت التي جفت .

جدول يوضح مكونات كلا من بياض البيض وصفار البيض بالنسبةئوية

| المكون           | صفار البيض egg yolk % | بياض البيض % egg white |
|------------------|-----------------------|------------------------|
| water            | 51,5                  | 84,4                   |
| albumen          | 15                    | 12                     |
| Fat or oil       | 22                    | 0,2                    |
| lecithin         | 9                     | trace                  |
| Mineral matter   | 1                     | 0,7                    |
| Other substances | 1,5                   | 2,3                    |

استخدامات زلال البيض :

يستخدم مع المواد الملونة المسحوقة سحقا جيدا وذلك لربط حبيبات اللون مع بعضها البعض ومع ارضية التصوير

<sup>٢</sup> منال عبدالمنعم عبدالعزيز : دراسة علمية تطبيقية في علاج وصيانة الصور الجدارية في بعض المنشآت الاثرية الاسلامية بالقاهرة ، جامعة القاهرة ٢٠٠٢ ص ٧٧

<sup>٣</sup> نهي عبدالحفيظ ابو ليلة : دراسة تطبيقية عن ترميم وصيانة الصور الجدارية المنفذة على حامل من الطوب اللبن تطبيقا على احدي مقابر الافراد بجبانة الجيزة - الدولة القديمة - اثناء وبعد الكشف عنها ، رسالة ماجستير ، القاهرة ٢٠٠٤ ص ١١٤

سيولة مادة التلوين مما يساعد في عملية التلوين

ايضا استخدم كلاسق في تثبيت رقائق الذهب عند المصري القديم<sup>٤</sup>

استخدم لربط مادة التصوير بالحامل في تقنية التصوير الالبومين ( احدي تقنيات التصوير الفوتوغرافي )<sup>٥</sup>

### طريقة تحضير زلال البيض :

تكسر البيضة ثم تفصل الي نصفين حيث يحتفظ بالصفار في نصف ويتم التخلص من البياض ثم ينقل الصفار الي النصف الاخر من القشرة عدة مرات ليتم التخلص من البياض نهائيا ثم يوضع الصفار علي ورق نشاف لتجفيفه ، ثم يخفف الصفار بماء مقطر ويستخدم بعد ذلك بخلطة مع المادة الملونة<sup>٦</sup>

### مصدر الحصول علي زلال البيض :

يذكر لوكاس ان المصري القديم استخدم ببيض الاوز والبط حيث كان موجودا بكثرة خلال تلك الفترة ولكنه لم يستخدم ببيض الدجاج وذلك حيث ان الدجاج المنزلي لم يجلب الي مصر الا في عصر متأخر ومنشأ دجاج العصر الحاضر هو الدجاج البري الهندي callus banceiva<sup>٧</sup>.

طرق التحليل المختلفة للتعرف علي وسيط زلال البيض :

#### التحليل الفيزيائي



Infrared Spectroscopy (FTIR)



Fluorescence Spectroscopy LIF



Gas Chromatography/Mass Spectroscopy (GC/MS)

#### التحليل الكيميائي



spot test



stainig method



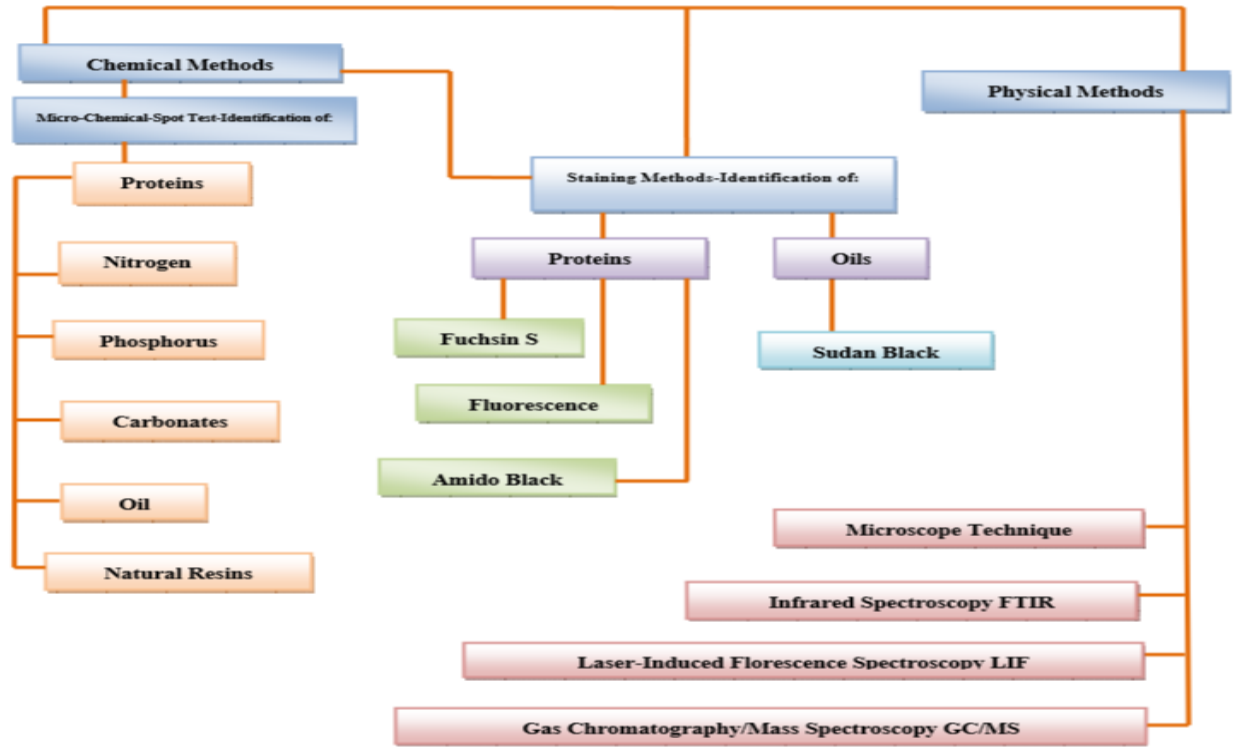
Immunofluorescence method

<sup>٤</sup> نبيل احمد عبد التواب : مرجع سابق ، ص ١١٢

<sup>٥</sup> Dusan c.stulik:the atlas of analytical signatures of photographic process"albumen " ,the getty conservation institute ,2013,p5

<sup>٦</sup> منال عبدالمنعم عبدالعزيز : ، ص ٧٧

<sup>٧</sup> الفريد لويس : المواد والصناعات عند قدماء المصريين ، ترجمة ذكي اسكندر و محمد ذكريا غنيم ، مكتبة مدبولي ، القاهرة ١٩٩١ ، ص ١٧



الطرق الكيميائية :

اولا التحليل الكيميائي الدقيق ( التحليل الموضوعي - spot test ) micro – chemical analysis :

يشير هذا النوع من التحاليل الي التفاعل الذي يحدث بين المواد والذي يلاحظ عبر التغير في الشكل او اللون او الجسيمات المعجلة كما انه يمكن ملاحظته وذلك من خلال العين المجردة او بمساعدة الميكروسكوب .

ويساعد هذا التحليل في الحصول علي نتائج سريعة تسفيد في التعرف علي الوسيط المستخدم دون اللجوء الي ادوات ذات اسعار مرتفعة .

ويتم هذا التحليل باستخدام احد المواد الحامضية او القلوية وذلك للتعرف علي وجود الوسيط العضوي وعلي سبيل المثال عند تطبيق احد الاحماض علي عينة لونية منفذة بتقنية الفريسكو فان العينة بالكامل سوف تفقد وتحلل بينما في حالة التطبيق علي عينة من التمبرا تحوي وسيط الجيلاتين فانه في هذه الحالة سوف تبقي العينة مترابطة ولا تدمر مما يدل علي وجود وسيط عضوي.

كما ان البولي ساكريدات polysaccharides سوف تذوب في الاحماض وذلك دون حدوث ذوبان للبروتين وذلك في البيض .

وللتعرف علي وجود وسيط البيض يتم ذلك بالكشف عن وجود الفسفور .<sup>^</sup>

ويذكر لوكاس ان اللون المستخدم فيه زلال البيض لا يتأثر بالماء الساخن او البارد كما انه لم يتأثر بالصابون وعندما سخن تصاعد عنه غاز النشادر ولم يذب في حمض الهيدروكلوريك المخفف ولكنه ذاب في حمض الهيدروكلوريك الساخن ويتميز سطحه بوجود لمعة ناتجة عن استخدام وسيط زلال البيض<sup>٩</sup>.

#### طريق التبعع staining methods :

العديد من الدراسات اوضحت عدد من الطرق للتعرف علي الطبقات اللونية عن طريق اخذ عينة قطاع عرضي cross section باستخدام تقنيات مختلفة حيث تفيد في التعرف علي الوسائط البروتينية المستخدمة في الصور الجدارية .

وقد اعطي دي سلفا بعض الاجراءات عند الشروع في التحليل اولا مزج العينة مع الماء علي البارد وبالتالي سوف تنفصل المواد الغير عضوية الموجودة بالعينة ، ثانيا يوضع المحلول المستخرج علي شريحة زجاجية وتبخير الماء المتبقي في العينة ويتم اضافة الكاشف علي المتبقي من العينة .

ويستخدم في عملية الكشف blue / black naphthol 10 B والمعروف بالاميد الاسود ويشير مارتين ان عند استخدام هذا الكاشف فان اعداد المجموع الفعالة  $NH_3$  تزداد وذلك نتيجة لشدة التفاعل والتعمق في بنية الجزئ والاس الهيدروجيني لمحلول التبعع<sup>١٠</sup>.

ايضا تستخدم هذه الطريقة وذلك للتفريق بين كل من وسيط زلال البيض و الكازين وذلك عن طريق اختبار موليبيدات الامونيوم حيث تقوم بالكشف عن وجود الفسفور والذي يوجد بوضوح في الكازين عن زلال البيض<sup>١١</sup>.

ثانيا التحليل الفيزيائي :

#### اولا التحليل باستخدام مطياف الاشعة تحت الحمراء FTIR

يستخدم للتعرف علي الوسائط العضوية وخاصة زلال البيض وذلك بمختلف اشكال العينة سواء كانت صلبة او سائلة او غازية .

وكان اول استخدام للاشعة تحت الحمراء في مجال الاثار في تحليل عينة شمع العسل وذلك بواسطة Kuhn عام ١٩٦٠ م

وتعتمد هذه الطريقة على دراسة التداخل الذي يحدث بين الأشعة تحت الحمراء وبين مركبات المادة المراد تحليلها، ونتيجة لعملية التداخل يحدث إمتصاص للأشعة تحت الحمراء حيث يمتص كل مركب الأشعة تحت الحمراء عند طول موجي معين وعن طريق تحديد هذا الطول الموجي وتحديد مناطق الإمتصاص يتم التعرف على المركب من خلال التعرف على المجموعات الفعالة به، والجدير بالذكر أن عملية التداخل تلك التي ينتج عنها طيف الإمتصاص المميز لكل مركب تستهدف الجزيئات وليس الذرات.

<sup>٩</sup> الفريد لوكس : مرجع سابق ، ص ١٧

<sup>١٠</sup> Ahames.s : op.cit.p410

<sup>١١</sup> Kleiner,l,m: analysis of paint media , varnish and adhesives , chapter x , p 188

ثانياً التحليل بطريقة الوميض الطيفي lif

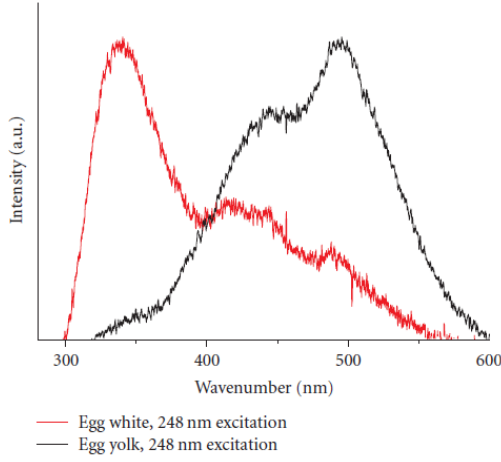


FIGURE 1: LIF spectra of egg white and egg yolk at the excitation wavelength of 248 nm (KrF excimer laser, 10 ns excitation).

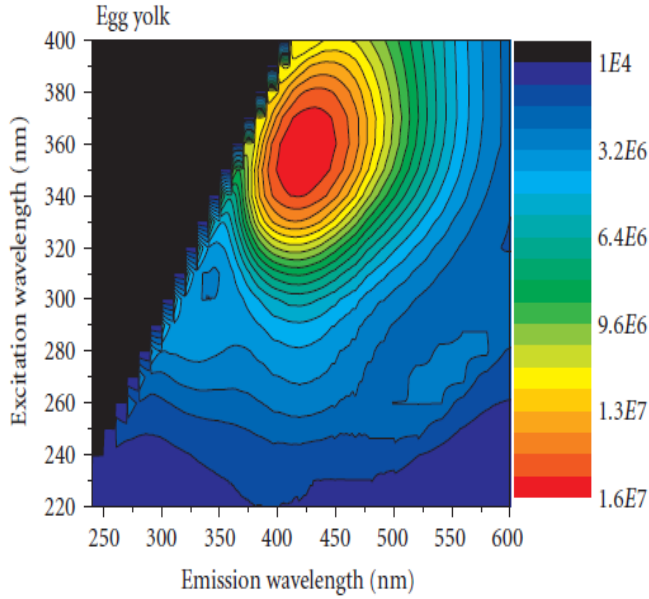


FIGURE 4: Total emission spectrum of a film of egg yolk, right scale counts, with intervals of  $3 \times 10^6$  counts between each line/color.

في الاحماض الامينية والتفاعلات الرابطة للاحماض الامينية مثل الجلوكوز والسكريات الاخرى

واشار neven انه استخدم lif وذلك للتمييز بين البروتينات في الاعمال الفنية .

الوميض Fluorescence تسمية  
الوميض Fluorescence تعود إلى  
الإشعاع المرئي المنبعث من بعض المواد  
بسبب سقوط إشعاع ذو طول موجي  
قصير على المادة. في الوميض المستحث  
بواسطة الليزر laser induce  
fluorescence او LIF، يقوم الباحث  
بتسليط أشعة الليزر النيتروجين أو ليزر  
الصبغات العضوية على العينة. فيتم إثارة  
الالكترونات العينة لمدارات ذات طاقة  
عالية. وبعد مرور فترة زمنية قصيرة في  
حدود بضعة نانوثانية تعود الالكترونات  
إلى مستويات الطاقة الأرضية.

وتفقد هذه الالكترونات طاقة يشعها  
في صورة فوتونات عند أطوال  
موجية أطول من الطول الموجي  
لليزر. وذلك لان مستويات الطاقة  
للذرات والجزئيات مميزة فان  
الطيف الوميضي الناتج يكون  
منفصل ومحدد يمكن استخدامه في  
التعرف على العينة التي أنتجته.<sup>12</sup>  
ولقد استخدمت هذه الطريقة علي  
نطاق واسع في اعمال تحليل المواد  
البروتينية . حيث استخدمت هذه  
الطريقة ايضا في التعرف علي  
نواتج تلف المواد العضوية وخاصة  
البروتينية وهذا يشمل الاكسدة  
الضوئية من حيث تداخل وتعديل

<sup>12</sup> Neven ,a and a, Demetrios : Assisted Interpretation of Laser-Induced Fluorescence Spectra of Egg-Based Binding Media Using Total Emission Fluorescence Spectroscopy, Hindawi Publishing Corporation , Volume 2006 p3

Available at : <http://www.hazemsakeek.net/magazine/index.php/2042683983/265206269/1402> <sup>13</sup>  
access in 1-5-2015

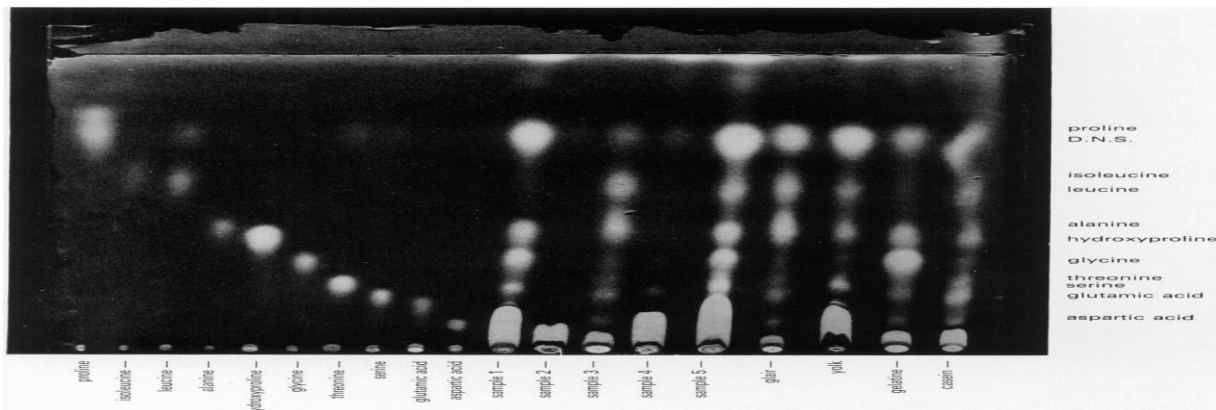
## • التحليل الكروماتوجرافي

تستخدم طريقه التحليل الكروماتوجرافي فى التعرف على المواد العضويه المستخدمه كمواد تغطيه سطحه اى كورنيشات لحفظ الالوان ، وكذلك وسائط التصوير بانواعها المختلفه مثل صفار وبياض البيض ، الصمغ العربى ، الغراء الحيوانى ، والزيوت بانواعها ، الراتنجات الطبيعيه بانواعها .

والعينات التى تؤخذ من التصوير تحتوى على كميات قليله جدا من هذه العناصر ، وباستخدام هذه الطريقه فقط يمكن التعرف على المركبات المميزه لكل ماده ، وكان نوع الجهاز المستخدم shmidizu وفى هذا التحليل تستخدم اعمده يكون الوسط المتحرك فيها غاز مثل النيتروجين ، الايدروجين ، وفى هذا التحليل يستفاد من كل من الامتصاص والتوزيع .<sup>١٤</sup>

حيث يعبا العمود بماده صلبه مساميه مغطاه بطبقه رقيقه من سائل غير متطاير يعمل كوسيط ثابت ، ويكون الفصل سببه اختلاف فى سلوك الذوبان كمكونات المخلوط المراد فصلها تنتوزع بين الوسط الغازى والوسط الثابت تبعا لقيمه معامل التوزيع ويقتصر عمل الماده الصلبه على تعزيز الوسط الثابت السائل . وطريقه الغاز السائل لها اهميه كبيره حيث لها القدره الكبيره على تمييز المواد المركبه ، والغازات المستخدمه قد تكون ايدروجين ، مزيج منهما ، الارجون ، ثانى اكسيد الكربون ، الهيليوم ، ولكنه تم استخدام النيتروجين حيث تم ضبط سرعه مرور الغاز فى الجهاز اتوماتيكيا حيث تتراوح سرعه الجهاز عاده ما بين ١٠ : ١٠٠ مم فى الدقيقه ، واهم ما يراعى هو ان توضح العينه وهى مركزه للغايه عند بلوغها العمود فى صورته بخار ، والعمود المستخدم قد يكون من الزجاج ، النحاس ثم استخدام النحاس وكان قطره (٣مم) ثم ضبط درجه حراره العمود بحيث لا تتغير باكثر من دقيقتين اثناء اجراء التجربه ، كانت درجه الحراره المستخدمه هى ٢٠٠م يستدل على المكونات المستخلصه باستخدام اجهزه التنبيه والتى لا تبين نوع المكونات ، لذا فانه يتم التمييز بينها بمقارنه منحنيات المواد المستخلصه بمنحنيات مواد معلومه ، تحضير مخاليط معلومه ويقارن سلوكها بسلوك المخلوط المجهول ، ويضاف للمخلوط المجهول جزء من ماده نقيه يعتقد انها تدخل ضمن تكوين المخلوط وتعاد التجربه

١٥ .



<sup>١٤</sup> Abdelsalem ,s,a: ,op.cit p. 409

<sup>١٥</sup> شعبان محمد محمود عبد العال الامير ، دراسه تقنيه وترميم وصيانه الصور الجداريه المنزوعه من الاديره القبطيه تطبيقا على نماذج مختاره بالمتحف القبطى بالقاهره ، ماجستير ، ٢٠٠٣- ٢٠٠٤ ، ص ٢٠٧- ٢٠٨

ثالثا اهم عوامل ومظاهر تلف الوسيط اللوني :

التغير في درجات الحرارة :

الاحماض الامينية البروتينية ترتبط مع بعضها البعض بواسطة روابط ببتيدية في شكل سلاسل طويلة وتختلف الخواص الفيزيائية والكيميائية للبروتين ليس فقط نتيجة لوجود الاحماض الامينية في شكل سلاسل ولكن ايضا لان بنيتها تكون ذات ابعاد ثلاثية .

وتتواجد سلاسل البروتين في شكل لولب ينطوي الي الداخل في العديد من الاجزاء ليكون شكل يشبة اللغائف ، وتختلف بنيته باختلاف نوع البروتين ، وتستقر بواسطة الروابط بين مجموعات السلاسل الجانبية للاحماض الامينية : روابط الهيدروجين وثاني اكسيد الكربون والتفاعلات الالكتروستاتيكية والمائية .

وفي المحاليل المائية ، الاحماض الامينية تمتص المياه في المجموعات الجانبية التي تميل للالتواء لداخل جزيئات البروتين . بينما العديد من الاقطاب والمجموعات المائية تتكون علي السطح وعلي درجة عالية من التميؤ .

وعندما يتم اعداد عمل فني جديد فإنه يحتوي علي كمية كبيرة من الماء والتي سرعان ما تتبخر واثناء عملية الجفاف فإن البروتين يستمر في عملية فقد الماء وذلك حتي يصل الي حالة الاتزان equilibrium وفي درجة رطوبة من ٣٠ : ٩٠ % فإن واحد جرام من البروتين يحتوي ٠,٣ : ٠,٥ ماء وفي درجة الرطوبة المنخفضة ١٠ : ٣٠ % يطلق عليها طبقة احادية الجزئ monomolecular لما تبقي من الماء علي سطح جزئ البروتين .

وعند ارتفاع درجة الحرارة فان ذلك يتسبب في تقلص المحتوي المائي للوسيط البروتيني مما يؤدي وجود العديد من الفراغات بين الجزيئات واعادة ترتيب في بنية الجزئ كما ان الروابط الببتيدية تفقد حالتها وتصبح غير منطوية وغير ملتفة .

كما ان التغير في البروتين يؤدي الي حدوث تمسخ denaturation وايضا التداخل بين الجزيئات يكون روابط غير تساهمية والعديد من الاجزاء يحدث بها تمزق واعادة ترتيب<sup>١٦</sup> . مما يؤدي في النهاية الي مظهر غاية في الخطورة وهو فقد الوسيط خاصية الربط بين حبيبات اللون مع بعضها البعض وبين ارضية التصوير مما يؤدي الي انفصال الالوان في صورة قشور او في صورة بودر من سطح الاثر<sup>١٧</sup> .

كما ان الارتفاع في درجة الرطوبة يؤدي الي حدوث تلف فيزيوكيميائي لوسيط زلال البيض مما يؤدي الي تحلل المادة الرابطة في الوسيط وبالتالي فقد خاصية الربط للمواد الملونة<sup>١٨</sup> .

تأثير الاشعاع :

<sup>١٦</sup> K.adam , agenge and deterioration of proteinaceous media , studies in conservation , vol .27 no . 4 ( 1981 ) p.153

<sup>١٧</sup> نهي عبدالحفيظ ابو ليلة : مرجع سابق ، ص ١٢٩

<sup>١٨</sup> نهي عبدالحفيظ ابو ليلة : مرجع سابق ، ص ١٣٩



عملية الاكسدة بالاشعاع للبروتين تحدث فقط نتيجة للحساسية للضوء في هذه الحالة يؤدي الاشعاع الي اثاره جزيئات المادة الحساسة . والذي بدوره قد بدء انتاج بروتين الهيدروبيروكسيد والجزور الحرة free radical .

والمواد الاكثر عرضة للاكسدة الضوئية photooxidation

histidine, tryptophan, tyrosine, methionine, cystine and cysteine

حيث تعمل الاشعة الضوئية مثل الضوء المرئي وال UV في تبخر الماء الموجود بالوسيط وايضا انفصال الروابط الببتيدية عن بعضها واحداث بعض التغيرات في سلاسل الاحماض الامينية . مما يؤدي الي حدوث انفصال للمادة التي يقوم وسيط زلال البيض بدور الرابط بها .

التفاعلات التي تحدث بين البروتين والماد الاخري :

حيث تحدث العديد من الاضرار وذلك نتيجة للاختلاف الناتج عن وجود اكثر من مادة وذلك مثل الاختلاف الناتج في معدلات التمدد والانكماش بين الوسيط اللوني ومادة اللون وارضية التصوير مما يؤدي الي ختلافات في الاستجابة لدرجات التلف الناجم عن الظروف البيئية المختلفة وهذا الاختلاف يؤدي الي حدوث انفصال لمادة اللون .

ايضا استخدام اكثر من وسيط لوني مثل استخدام الزلال مع الزيت يؤدي الي حدوث تدهور للبروتين المكون للوسيط وبالتالي انفصال كمادة لاصقة .

التلف الميكروبيولوجي

اولا البكتريا :

هي اصغر الكائنات الحية الدقيقة فهي لاتري بالعين المجردة ولايد من استخدام الميكروسكوب لرؤيتها وتتراوح اقطارها بين ٠،١ : ١ ميكرون باستثناء ان بعض اشكالها قد تصل الي ١٥ ميكرون وللبكتريا دورها في المتلف علي الاثار بوجه عام والوسائط اللونية بصورة خاصة . ومن انواع البكتريا شديدة الخطورة علي الوسيط اللوني الاكتينوميستات او البكتيريا الخيطية وخاصة من جنس Streptomyces وذلك ماتكون تكونه من الميسليوم mycelia حيث تقوم الهيفا باختراق طبقات الالوان متسببة في تلف الوسيط الرابط لحبيبات اللون مما يؤدي الي تقليل معدل تماسك هذه المواد الملونة مما يؤدي الي حدوث تقشر وشروخ والذي يعمل بدوره علي فقدان الالوان.

وذكرت poksinska et all 1999 ان الاكتينوميستات لها دور عظيم في تلف الصور الجدارية حيث تفرز انزيمات محلله للبروتين المكون الاساسي في وسيط زلال البيض .

ثانيا الفطريات :

يعتبر التلف الفطري من اكثر انواع التلف انتشارا بالاثار . ولا يرجع ذلك لقدرة الفطريات علي نشر جراثيمها فقط ولكن لوجود العديد من العوامل التي تساعد علي الانتشار مثل الرياح والحشرات التي تقوم بحمل جراثيم الفطريات من مكان لآخر .

وقد ذكر Lopez and Jensen في دراسته ان البقع البنية الي السواد التي تتواجد علي الاسطح المصورة ناتجة عن فطريات تفرز احماض مثل melanin acid والتي تتفاعل مع وسيط صفار البيض وتكون ميلانوبروتين الذي يتميز بلون اسود والذي له القدرة علي التفاعل مع الاتربة في الوسط المحيط ليكونان معا طبقة صلدة سوداء علي الاسطح الاثرية الملونة .

اما عن التلف الفيزيائي فيتمثل في ان هيفات الفطريات عند نموها تقوم باختراق طبقات التصوير الجداري وطبقة الالوان تحديدا متسببة في التلف الميكانيكي لهذه الجداريات ، حيث تتسبب الهيفا عند اختراقها في تكوين شروخ دقيقة في طبقة التصوير ويزداد الامر سوءا عند حدوث دورات من الرطوبة والجفاف حيث تؤثر هذه العملية علي الهيفا ، فعند توافر الرطوبة تبدأ الهيفا في النمو اكثر داخل الطبقات وعند حدوث الجفاف تنكمش هذه الهيفات وتكرار عملية التمدد والانكماش يؤدي الي فقد تماسك طبقات التصوير الجداري وخاصة طبقة الالوان حيث تعمل هذه العملية علي فقدان الوسيط اللوني لدوره الاساسي كرابط لحبيبات اللون متسبب في تقشر طبقة اللون وبالتالي فقدان الصور الجدارية .

كما ان الفطريات لها القدرة علي تكوين انزيمات لها القدرة علي تحليل الوسيط اللوني ومن هذه الانزيمات extra cellular enzymes والذي له القدرة علي تحليل البروتين<sup>١٩</sup> .

---

<sup>١٩</sup> عبير فؤاد الهجرسي : دراسة تأثير التلف الميكروبيولوجي علي الصور الجدارية المنفذة بأسلوب التميرا تطبيقا علي نماذج مختارة ،رسالة ماجستير ، القاهرة ٢٠١٠ ، ص ٦٣ : ٨٤