

# Οι προετοιμασίες σε ζωγραφικά έργα τέχνης και η συμπεριφορά τους στις συνθήκες διατήρησης

## Αναστάσιος Κουτσογιάννης

Συντηρητής Έργων Τέχνης-Ζωγράφος  
Καθηγητής Εφαρμ. Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων & Έργων Τέχνης Τ.Ε.Ι. Αθήνας

## Βασίλειος Ν. Λαμπρόπουλος

Δρ Χημικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.  
Καθηγητής Εφαρμ. Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων & Έργων Τέχνης Τ.Ε.Ι. Αθήνας

## Μαριλένα Αστραπέλλου

Συντηρήτρια Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης Τ.Ε.Ι. Αθήνας

## Μανώλης Σταυραράκης

Συντηρητής Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης Τ.Ε.Ι. Αθήνας

Οι **προετοιμασίες** αποτελούσαν και αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα των ζωγραφικών έργων τέχνης, και ανάλογα με τη σωστή ή μη κατασκευή τους κρίνεται η ομαλή διατήρηση ενός ζωγραφικού έργου στο χρόνο. Παρά το γεγονός όμως ότι οι προετοιμασίες αποτελούν ένα σημαντικό μέρος των έργων τέχνης, ελάχιστα στοιχεία υπάρχουν στη βιβλιογραφία που να μας δίνουν πληροφορίες για τη σύστασή τους, την τεχνική κατασκευής και τους παράγοντες που προκαλούν τη φθορά ή την αλλοιώσή τους.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η συγκέντρωση ιστορικών και τεχνικών στοιχείων και η ταξινόμηση των προετοιμασιών, με βάση τις ιδιότητες, τα υλικά και τις τεχνικές κατασκευής τους. Στα πλαίσια αυτής της ταξινόμησης πραγματοποιήθηκε ποιοτική ανάλυση δειγμάτων από ζωγραφικά έργα, προκειμένου να διαπιστωθούν και να επαληθευθούν χρήσεις υλικών που αποτελούν μια βιομηχανική προετοιμασία (συνδετικό, αδρανή υλικά).

Στο πειραματικό μέρος μελετήθηκαν οι μηχανισμοί φθοράς των προετοιμασιών, οι οποίοι επηρεάζουν το σύνολο του ζωγραφικού έργου προκαλώντας σημαντικά προβλήματα στο υλικό, όπως ρωγματώσεις, αποκολλήσεις, αποσπάσεις, χρωματικές αλλοιώσεις κ.ά.

## Προετοιμασίες

### Δομή

**Ο**ι **προετοιμασίες** είναι το σύνολο των στρωμάτων που επιθέτονται στο υποστρώμα και βρίσκονται μεταξύ αυτού και της ζωγραφικής επιφάνειας. Περιλαμβάνουν:

α. Αστάρωμα ή *incollatura*: Επικάλυψη του υποστηρίγματος (ξύλου, υφάσματος κ.ά.) με αραιό στρώμα ζωικής, συνήθως, κόλλας.

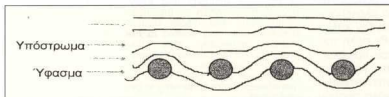
β. Υπόστρωμα ή προετοιμασία: Καλυπτικό στρώμα αποτελούμενο από ένα αδρανές (σάρκα) και μία συγκολλητική ουσία (φορέας), συνήθως λευκού χρώματος.

γ. *Imprimitura*: Διαφανές υάλωμα, το οποίο απλώνεται πάνω από τη λευκή επιφάνεια της προετοιμασίας και αποτελείται συνήθως από τον φορέα αναμειγμένο με διάφορες χρωστικές.

### Ιστορικά στοιχεία

Οι προετοιμασίες, ως υπόστρωμα των ζωγραφικών επιφανειών, άρχισαν να χρησιμοποιούνται ευρέως από το έτος 1100, επάνω σε ξύλινο υποστρώμα, αφού και η τοποθέτηση φύλλων χρυσού απαιτούσε μια απαλή και λεία επιφάνεια. Αργότερα οι Φλαμανδοί ζωγράφοι παρεμβάλλοντο το ύφασμα ανάμεσα στο ξύλινο

Σχηματική παράσταση της  
δομής μιας προετοιμασίας.



υποστήριγμα και την προετοιμασία, προκειμένου να ελαττώσουν τις επιδράσεις των συστολών και διαστολών του ξύλου, προλαμβάνοντας μ' αυτό τον τρόπο ανεπιθύμητες φθορές στη ζωγραφική επιφάνεια. Οι αδυναμίες όμως που παρουσιάζει το ξύλο, ως υλικό, στους βιολογικούς παράγοντες οδήγησε τους καλλιτέχνες στην αναζήτηση άλλου υποστηρίγματος, ελαφρότερο, πιο εύκαμπτο και πιο ανθεκτικό, που θα διευκόλυνε την πραγματοποίηση έργων μεγάλων διαστάσεων. Έτσι τον 15ο αιώνα εμφανίζεται ο μουσαμάς, ως υποστήριγμα ζωγραφικών έργων.

Οι προετοιμασίες που χρησιμοποιήθηκαν για τα υφασμάτινα υποστηρίγματα ήταν αρχικά ίδιες με εκείνες των ξύλινων υποστηρίγμάτων, καθώς τα υλικά και η τεχνική κατασκευής και εναπόθεσής τους είχαν δοκιμαστεί και είχε διαπιστωθεί η θετική τους συμπεριφορά στις περιβαλλοντικές συνθήκες και στην επαφή τους με τα υλικά ζωγραφικής.

Τα αδρανή που χρησιμοποιούνται αρχικά είναι το gesso (γύψος) και η κιμωλία σε συνδυασμό με ζωική κόλλα. Οι προετοιμασίες αυτές, κατάλληλες για άκαμπτα υποστηρίγματα, όπως το ξύλο, αποδείχθηκαν ακατάλληλες σε σχέση με τη συμπεριφορά ενός ελαφρού και εύκαμπτου υποστηρίγματος, όπως ο μουσαμάς. Έτσι οι καλλιτέχνες οδηγήθηκαν στην κατασκευή πιο ελαστικών προετοιμασιών, αντικαθιστώντας τις ζωικές κόλλες με λάδια (λινέλαιο, καρυδέλαιο) ή χρησιμοποιώντας προσμείξεις ζωικών συγκολλητικών ουσιών και ελαίων, ενώ τα αδρανή, εκτός από το γύψο, ήταν το λευκό του μολύβδου (Pb), η κιμωλία, αλλά και άλλες μη λευκές χρωστικές, προκειμένου να δοθεί χρώμα στην προετοιμασία.

Η κατασκευή της προετοιμασίας γινόταν από τους ίδιους τους καλλιτέχνες, οι οποίοι τη θεωρούσαν στοιχείο καθοριστικής σημασίας για το αισθητικό αποτέλεσμα αλλά και για τη μακροβιότητα του ζωγραφικού τους έργου. Τον 18ο αιώνα στο χώρο της τέχνης εισβάλλουν οι βιομηχανικές προετοιμασίες, απαλλάσσοντας τους καλλιτέχνες από τη χρονοβόρα διαδικασία, αλλά και περιορίζοντας τα χρησιμοποιούμενα υλικά. Έτσι κάνουν την εμφάνισή τους το λευκό του ψευδαργύρου (Zn) και λίγο αργότερα το λευκό του τιτανίου (Ti), με σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι του λευκού του μολύβδου (Pb).

Σύμφωνα με τις ιδιότητές τους οι προετοιμασίες κατατάσσονται σε:

**α.** Απορροφητικές: προετοιμασίες που έχουν ως συνδετικό μέσο ζωική κόλλα, απορροφούν το λάδι και δίνουν απαλούς τόνους και χρώματα ματ, σαν φρέσκο (νωπογραφία).

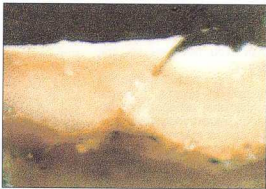
**β.** Ημιαπορροφητικές: προετοιμασίες με συνδετικό μέσο ζωική κόλλα και λάδι, σε συνδυασμό με διάφορες χρωστικές.

**γ.** Λιπαρές: περιέχουν μόνο λάδι σε συνδυασμό με διάφορες χρωστικές. Δεν απορροφούν το λάδι των χρωματικών στρωμάτων και δίνουν στιλπνότητα στην επιφάνεια.

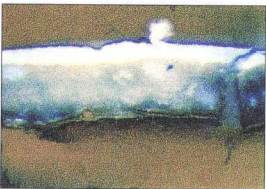
**δ.** Ανεξάρτητες προετοιμασίες: Προετοιμασίες με ποικίλους τρόπους κατασκευής και συνδετικά μέσα, όπως καζείνη, ζωικές κόλλες, αλεύρι, κερί, βινυλικές και ακρυλικές ρητίνες.

## Ερευνητικό μέρος Ταυτοποίηση των προετοιμασιών

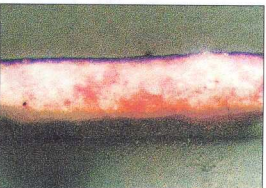
Προκειμένου να επαληθευθούν οι πληροφορίες που προκύπτουν από τη βιβλιογραφία και να προσδιοριστεί η ποιοτική σύσταση του οργανικού (φορέας) και του ανόργανου μέρους (αδρανές) των βιομηχανικών προετοιμασιών,



Δείγμα 1:  
Οπτική μικροσκοπία.



Δείγμα 2:  
Χρώση με sudan black.



Δείγμα 3:  
Χρώση με φουξίνη.



Δείγμα 4: Χρώση με oil red.

κρίθηκε αναγκαίο να πραγματοποιηθεί η μικροσκοπική παρατήρηση δειγμάτων για να αποκτηθεί μια πρώτη εικόνα της στρωματογραφικής τους δομής και των χρησιμοποιηθέντων υλικών (μέγεθος και είδος κρυστάλλων). Τα 4 δείγματα που αναλύθηκαν καλύπτουν μια χρονική περίοδο από το 1780 έως το 1945 και αφορούν τα δύο κύρια κέντρα παραγωγής βιομηχανικών προετοιμασιών: του Λονδίνου και της Ρώμης.

Για τον προσδιορισμό του οργανικού μέρους χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της αέριας χρωματογραφίας σε συνδυασμό με εκλεκτικό χρωματισμό ώστε να εντοπιστεί η κατηγορία των οργανικών υλικών των δειγμάτων (πρωτεΐνες, ξηραίνόμενα έλαια).

Το ανόργανο μέρος (αδρανές) αναλύθηκε με ηλεκτρονική μικροσκοπία στο Ινστιτούτο Υλικών του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. "Δημόκριτος".

Η μικροσκοπική παρατήρηση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Φυσικοχημικών Ερευνών του Τ.Ε.Ι. Αθήνας με τη βοήθεια της υπεύθυνης καθηγήτριας κ. Α. Αλεξοπούλου, ενώ τόσο ο εκλεκτικός χρωματισμός όσο και η αέρια χρωματογραφία στο εργαστήριο Φυσικοχημικών Ερευνών του Τ.Ε.Ι. Αθήνας μελετήθηκαν με τη βοήθεια της υπεύθυνης καθηγήτριας κ. Ε. Ιωακειμίδου.

## Πειραματικό μέρος

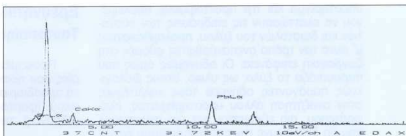
### Διαδικασίες τεχνητής γήρανσης

Όπως είναι γνωστό, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν τα ζωγραφικά έργα, και ιδιαίτερα τις προετοιμασίες, προκαλώντας και αλλοιώσεις που συχνά είναι αδύνατο ν' αποκατασταθούν.

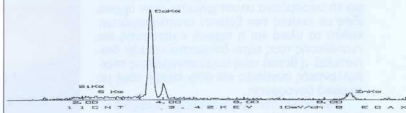
Για την κατανόηση των μηχανισμών φθοράς των προετοιμασιών θεωρήσαμε απαραίτητο να κατασκευασθούν δοκίμια και να υποβληθούν στις ακόλουθες διαδικασίες:

α. Έκθεση σε αυξημένη θερμοκρασία (T).

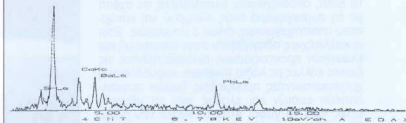
β. Έκθεση σε υψηλή υγρασία (RH).



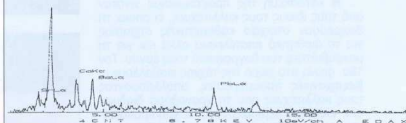
Σχήμα 1: Φάσμα των κορυφών του πρώτου δείγματος.



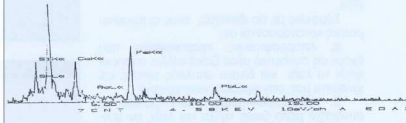
Σχήμα 2: Φάσμα των κορυφών του δεύτερου δείγματος.



Σχήμα 3: Φάσμα των κορυφών του τρίτου δείγματος.



Σχήμα 4: Φάσμα των κορυφών του τέταρτου δείγματος.

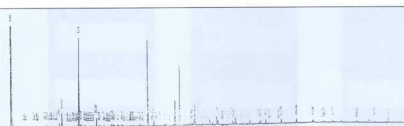


Σχήμα 5: Φάσμα των κορυφών του πέμπτου δείγματος.

γ. Έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία (UV).

Η επιλογή των προετοιμασιών έγινε με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν από τη βιβλιο-

γραφία και από τα αποτελέσματα των αναλύσεων. Έτσι κατασκευάστηκαν τρεις σειρές δοκιμών, αποτελούμενες από τέσσερα δείγματα, αντιπροσωπευτικά των βασικών κατηγο-



Χρωματογράφημα 1, δείγματος 1.



Χρωματογράφημα 2, δείγματος 2.



Χρωματογράφημα 3, δείγματος 3.



Χρωματογράφημα 4, δείγματος 4.



Χρωματογράφημα 5, δείγματος 5.

**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ:**

	ΔΕΙΓΜΑ 1	ΔΕΙΓΜΑ 2	ΔΕΙΓΜΑ 3	ΔΕΙΓΜΑ 4
<b>Ανόργανο μέρος</b>	1 <sup>ο</sup> στρώμα: Κιμωλία 2 <sup>ο</sup> στρώμα: Λευκό του μολύβδου (Pb)	1 <sup>ο</sup> στρώμα: Κιμωλία 2 <sup>ο</sup> στρώμα: Λευκό του μολύβδου (Pb)	Κιμωλία Λευκό του μολύβδου (Pb)	Κιμωλία Λευκό του μολύβδου (Pb) Λευκό του βαρίου (Ba)
<b>Οργανικό μέρος</b>	Λινέλαιο	Λινέλαιο	Λινέλαιο Ζωική κόλλα	Λινέλαιο

ρών που προαναφέρθηκαν. Αναλυτικά τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή τους είναι:

Δείγμα 1: Λευκό Pb ( $2PbCO_3$ ,  $Pb(OH)_2$ ) και λινέλαιο (λιπαρή).

Δείγμα 2: Λευκό Pb, κιμωλία ( $CaCO_3$ ), λινέλαιο και ζωική κόλλα (ημιπορροφητική).

Δείγμα 3: Gesso ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) και κουνελόκολλα (απορροφητική).

Δείγμα 4: Gesso ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) και καζεΐνη (ανεξάρτητη).

Τα δοκίμια παρατηρήθηκαν καθ'όλη τη διάρκεια των πειραμάτων, σε τακτά χρονικά διαστήματα, τόσο μικροσκοπικά όσο και μακροσκοπικά, και τεκμηριώθηκαν φωτογραφικά με την ίδια μέθοδο.

**Σκέτη λιπαρή προετοιμασία:**

Στην υποβολή της σε θερμοκρασία άνω των  $60^\circ C$  παρουσίασε σημαντικές αλλοιώσεις, όπως χρωματική μεταβολή, απώλεια ελαστικότητας, συρρίκνωση και παραμόρφωση. Στην υποβολή της σε υψηλή σχετική υγρασία δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές, ενώ η πολυώρη έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία προκάλεσε ελαφρό αποχρωματισμό.

**Ημιπορροφητική προετοιμασία:**

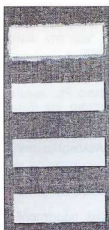
Παρουσίασε ελαφρά χρωματική μεταβολή και απώλεια ελαστικότητας σε θερμοκρασία άνω των  $70^\circ C$ . Ανεπίσθητη χρωματική μεταβολή παρουσιάστηκε στην υψηλή σχετική υγρασία, ενώ καμία μεταβολή δεν προέκυψε από την έκθεσή της στην υπεριώδη ακτινοβολία.

**Απορροφητική προετοιμασία:**

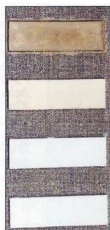
Η απορροφητική προετοιμασία δεν υπέστη σημαντικές μεταβολές, εμφανίζοντας ιδιαίτερη ανθεκτικότητα στην αυξημένη θερμοκρασία και την υπεριώδη ακτινοβολία. Αντίθετα, προκύπτουν σοβαρά προβλήματα συνεκτικότητας από την έκθεσή της σε περιβάλλον με υψηλή σχετική υγρασία λόγω της αποδυνάμωσης του υγροσκοπικού φορέα.

**Προετοιμασία καζεΐνης:**

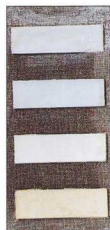
Ιδιαίτερα ευαίσθητη εμφανίζεται η προετοιμασία της καζεΐνης στη θερμοκρασία και την υψηλή



α.



β.



γ.



δ.

α. Τα δοκίμια πριν από την πειραματική διαδικασία.  
β. Μετά την υποβολή τους σε αυξημένη θερμοκρασία.  
γ. Μετά την υποβολή τους σε υψηλή σχετική υγρασία.  
δ. Μετά την έκθεσή τους σε υπεριώδη ακτινοβολία.



Δοκίμιο 4: Στερεοσκοπική παρατήρηση.



Δοκίμιο 4: Μετά την υποβολή στην αυξημένη θερμοκρασία.

λή σχετική υγρασία, με ανεπαίσθητη χρωματική μεταβολή στην υπεριώδη ακτινοβολία. Συρρίκνωση, παραμόρφωση, ρωγμάτωση και απώλεια συνεκτικότητας παρατηρήθηκαν μετά την υποβολή της στις δύο πρώτες πειραματικές διαδικασίες.

### The Priming Layers of Painting Art Works and their Behaviour in Preservation Conditions

A. Koutsouris - V. Lambropoulos - M. Astrapelou - M. Stavrakakis

The objective of this article is the collection of historical and technical data from the preparation of paintings

### ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ:

ΠΕΙΡΑΜΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ				
°C	ΔΕΙΓΜΑ 1	ΔΕΙΓΜΑ 2	ΔΕΙΓΜΑ 3	ΔΕΙΓΜΑ 4
50	σταθερή κατάσταση	σταθερή κατάσταση	σταθερή κατάσταση	σταθερή κατάσταση
60	ελαφρά χρωματική αλλοίωση (κιτρίνισμα)	-/-	-/-	-/-
70	προοδευτική χρωματική αλλοίωση - συρρίκνωση	ανεπαίσθητη χρωματική	-/-	ανεπαίσθητη συρρίκνωση
80	κύρτωση	-/-	-/-	εντονότερη συρρίκνωση - παραμόρφωση των άκρων
90	εντονότερη κύρτωση	προοδευτική χρωματική αλλοίωση - απώλεια ελαστικότητας - ανεπαίσθητη συρρίκνωση	-/-	εμφάνιση ρωγμής
100	εντονότερη χρωματική αλλοίωση	-/-	ανεπαίσθητη συρρίκνωση	-/-
110	-/-	σταθερή κατάσταση χρώματος	-/-	εμφάνιση ρωγμών
120	-/-	εντονότερη συρρίκνωση	εντονότερη συρρίκνωση	αποκόλληση από το υποστρώμα
130	αυξανόμενη κύρτωση	σταθερή κατάσταση	σταθερή κατάσταση	-/-
140	-/-	-/-	-/-	σταθερή κατάσταση
150	σταθερή κατάσταση	-/-	-/-	-/-

and their classification according to the materials and techniques used and to the properties thus obtained. For this classification quality analysis of painting samples has been carried out, so that the materials comprising industrial preparation layers to be discovered and established.

In the experimental stage the various factors of preparation decay –such as cracks, flaking, deterioration–, which also affect the entire painting surface, have been studied. For this reason the following four basic categories of preparation have been subjected to temperature elevation, exposure to high relative humidity and exposure to UV (ultraviolet) radiation.

a. Sheer oily preparation: Its exposure to temperature above 60° C resulted to serious deteriorations, its exposure to high relative humidity did not cause any remarkable deteriorations, while its long exposure to UV radiation caused a slight decolorization.

b. Semi-absorbent preparation: Its exposure to temperature above 70° C caused a slight colour alteration and loss of flexibility.

c. Absorbent preparation: Its exposure to high relative humidity caused serious problems of cohesion.

d. Casein preparation: Its exposure to temperature elevation and high relative humidity resulted to shrinking, distortion, cracking and loss of cohesion.

ΠΕΙΡΑΜΑ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (65% RH)				
Ημέρες	ΔΕΙΓΜΑ 1	ΔΕΙΓΜΑ 2	ΔΕΙΓΜΑ 3	ΔΕΙΓΜΑ 4
2η	σταθερή κατάσταση	σταθερή κατάσταση	σταθερή κατάσταση	σταθερή κατάσταση
4η	-/-	-/-	-/-	-/-
6η	-/-	-/-	-/-	-/-
8η	-/-	-/-	-/-	-/-
10η	-/-	-/-	-/-	-/-
12η	-/-	-/-	-/-	-/-
14η	-/-	-/-	-/-	-/-
16η	-/-	-/-	μείωση συνεκτικότητας	-/-
18η	ανεπαίσθητη χρωματική αλλοίωση (κιτρίνισμα)	ανεπαίσθητη χρωματική αλλοίωση (κιτρίνισμα)	-/-	μείωση συνεκτικότητας
20η	-/-	-/-	εμφάνιση κηλίδων	εντονότερη μείωση συνεκτικότητας
22η	-/-	εντονότερη χρωματική αλλοίωση - εμφάνιση κηλίδων	-/-	-/-
24η	εντονότερη χρωματική αλλοίωση - εμφάνιση κηλίδων	-/-	εντονότερη μείωση συνεκτικότητας	-/-
26η	-/-	σταθερή κατάσταση	μερική αποκόλληση των άκρων	-/-
28η	εντονότερη χρωματική αλλοίωση	-/-	-/-	-/-
30η	-/-	-/-	σταθερή κατάσταση	σταθερή κατάσταση

ΠΕΙΡΑΜΑ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ				
Ώρες	ΔΕΙΓΜΑ 1	ΔΕΙΓΜΑ 2	ΔΕΙΓΜΑ 3	ΔΕΙΓΜΑ 4
50η	σταθερή κατάσταση	σταθερή κατάσταση	σταθερή κατάσταση	σταθερή κατάσταση
100η	-/-	-/-	-/-	-/-
150η	-/-	-/-	-/-	-/-
200η	-/-	-/-	-/-	-/-
250η	-/-	-/-	-/-	-/-
300η	αποχρωματισμός	-/-	-/-	-/-
350η	-/-	-/-	-/-	-/-
400η	-/-	-/-	ανεπαίσθητη χρωματική αλλοίωση	-/-
450η	εντονότερος αποχρωματισμός	-/-	-/-	χρωματική αλλοίωση
500η	-/-	-/-	εντονότερη χρωματική αλλοίωση	εντονότερη χρωματική αλλοίωση
550η	σταθερή κατάσταση	-/-	-/-	αλλαγή απόχρωσης (γκρίζο)
600η	-/-	-/-	σταθερή κατάσταση	σταθερή κατάσταση

#### ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ

	Σκέτη λιπαρή προετοιμασία	Ημιαπορροφητική προετοιμασία	Απορροφητική προετοιμασία	Προετοιμασία καζεΐνης
Θερμοκρασία	Έντονη μεταβολή χρώματος (καφέ) και έντονη σκλήρυνση της προετοιμασίας	Μεταβολή χρώματος και σκλήρυνση της προετοιμασίας	Συρρίκνωση της προετοιμασίας χωρίς χρωματική μεταβολή	Συρρίκνωση, εμφάνιση ρωγμών και μερική αποκόλληση των άκρων της προετοιμασίας
Υγρασία	Χρωματική μεταβολή	Μερική απορρόφηση	Έντονη απορρόφηση. Μείωση της σκληρότητας	Έντονη απορρόφηση. Μείωση της σκληρότητας
Υπεριώδης ακτινοβολία	Ανεπαίσθητος αποχρωματισμός (λευκάνισμα)	Καμία μεταβολή	Ανεπαίσθητη χρωματική μεταβολή	Ανεπαίσθητη χρωματική μεταβολή