

---

<b>Προς:</b>	ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΣ ΚΑΠ ΜΟΝΑΔΑ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΥΞΗΣ ΜΕΤΡΟ 16 ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΥΠΟΜΕΤΡΟ 16.1 – 16.2 “ΙΔΡΥΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΣΥΜΠΡΑΞΗΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ” ΔΡΑΣΗ 2: «Υλοποίηση του επιχειρησιακού σχεδίου (project) των Επιχειρησιακών Ομάδων της ΕΣΚ για την παραγωγικότητα και βιωσιμότητα της γεωργίας»
<b>Τίτλος</b>	ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ “ΑΝΤΙΟΧCERT” ΣΕ ΚΥΡΙΑ
<b>Πράξης:</b>	ΑΓΡΟΔΙΑΤΡΟΦΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ Κωδικός Πράξης: M16ΣΥΝ2-00019
<b>Θέμα:</b>	ΕΚΘΕΣΗ ΠΡΟΟΔΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ

---

### ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΖΩΗΣ

Η διάρκεια ζωής του ελαιολάδου προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας επιταχυνόμενες μεθόδους δοκιμών, οι οποίες μετρούν τον χρόνο επαγωγής για την μεταβολή ποιοτικών χαρακτηριστικών του ελαιολάδου όπως η τιμή υπεροξειδίου (PV), η οξύτητα των ελεύθερων λιπαρών (FFA) και φασματοσκοπικοί δείκτες πρωτογενής και δευτερογενής οξείδωσης του ελαιόλαδου. Οι παραγωγοί συνδυάζουν αυτές τις δοκιμές με οργανοληπτικές (αισθητηριακές) αξιολογήσεις και προγνωστικά μοντέλα για να προσδιορίσουν τον χρόνο αποθήκευσης που το ελαιόλαδο δεν θα πληροί τα επιθυμητά πρότυπα ποιότητας, αναπτύσσοντας μια ημερομηνία «Ανάλωση κατά προτίμηση πριν από».

Η «δοκιμή φούρνου», γνωστή και ως δοκιμή Schaal, είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον επιταχυνόμενο έλεγχο της διάρκειας ζωής του ελαιολάδου, όπου το ελαιόλαδο αποθηκεύεται σε αυξημένη θερμοκρασία (περίπου 60°C) για γρήγορη προσομοίωση και παρατήρηση των μεταβολών της σύστασης του σε μικρότερο χρονικό διάστημα. Παρακολουθώντας τις αλλαγές σε διάφορους δείκτες ποιότητας, όπως οι τιμές υπεροξειδίου ( $K_{270}$ ), οι ολικές φαινόλες, οι πτητικές ενώσεις, η περιεκτικότητα σε πυροφαιοφυτίνη (PPP) κά, με την πάροδο του χρόνου, είναι δυνατό να υπολογισθεί και

να προβλεφθεί η διάρκεια ζωής του ελαιολάδου υπό κανονικές συνθήκες αποθήκευσης χρησιμοποιώντας την μοντελοποίηση Arrhenius.

Η μοντελοποίηση Arrhenius χρησιμοποιεί δεδομένα δοκιμών επιταχυνόμενης αποθήκευσης παρατηρώντας τις μεταβολές στους δείκτες ποιότητας του ελαιολάδου σε υψηλές θερμοκρασίες για να προβλέψει τη διάρκεια ζωής σε συνήθεις θερμοκρασίες αποθήκευσης. Ο ρυθμός μεταβολής των δεικτών ποιότητας μετριέται σε αυτές τις υψηλές θερμοκρασίες (π.χ., χρησιμοποιώντας παραμέτρους όπως η τιμή υπεροξειδίου ή ο δείκτης  $K_{270}$ ) για να προσδιοριστεί η ενέργεια ενεργοποίησης ( $E_a$ ) μέσω της εξίσωσης Arrhenius. Αυτή η  $E_a$ , μαζί με τις σταθερές ρυθμού ( $k$ ) που προέρχονται από τα δεδομένα δοκιμών επιταχυνόμενης αποθήκευσης, μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για την παρέκταση του ρυθμού οξειδωσης και την πρόβλεψη της διάρκειας ζωής του ελαιολάδου σε μια επιθυμητή θερμοκρασία αποθήκευσης. Τα δεδομένα από τις δοκιμές σε υψηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία καμπυλών οξειδωσης, αποσύνθεσης ή υποβάθμισης, οι οποίες περιγράφουν τον ρυθμό μεταβολής των κριτηρίων ποιότητας σε κάθε θερμοκρασία. Συχνά, αυτές οι καμπύλες προσαρμόζονται σε κινητικά μοντέλα μηδενικής ή πρώτης τάξης για να προσδιοριστούν οι σταθερές ταχύτητας ( $k$ ) σε κάθε υπό εξέταση θερμοκρασία. Η εξίσωση Arrhenius περιγράφει τη σχέση μεταξύ της σταθεράς ταχύτητας αντίδρασης ( $k$ ), της θερμοκρασίας ( $T$ ) και της ενέργειας ενεργοποίησης ( $E_a$ ) με την ακόλουθη εξίσωση:

$$k = A * e^{(-E_a/RT)}$$

Όπου:

$k$  = η σταθερά ρυθμού

$A$  = ο προεκθετικός παράγοντας (μια σταθερά)

$E_a$  = η ενέργεια ενεργοποίησης

$R$  = η παγκόσμια σταθερά αερίου

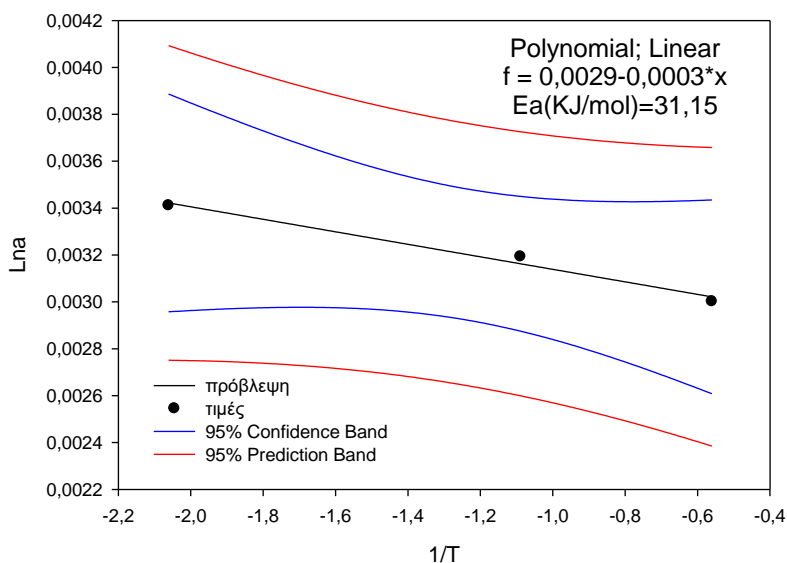
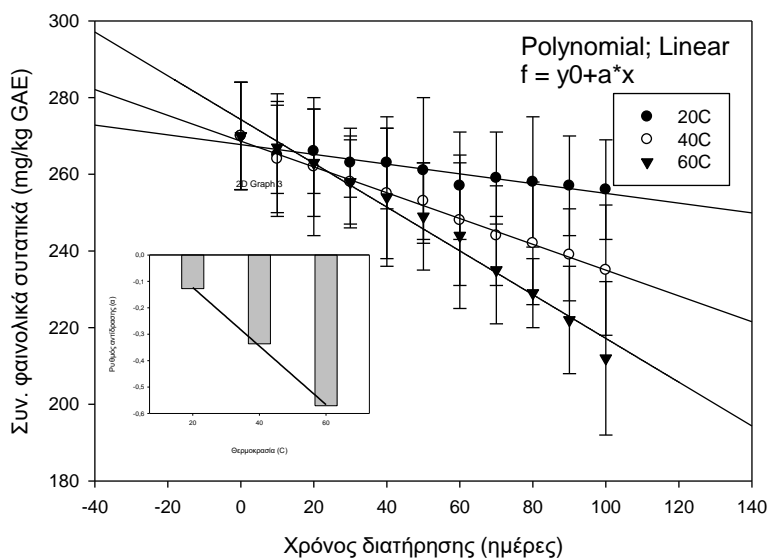
$T$  = η απόλυτη θερμοκρασία

Ο προσδιορισμός του  $E_a$  γίνεται λαμβάνοντας τον φυσικό λογάριθμο και των δύο πλευρών της εξίσωσης Arrhenius, σχηματίζεται μια γραμμική σχέση:  $\ln(k) = \ln(A) - E_a/R * (1/T)$ . Όταν απεικονίζεται το  $\ln(k)$  ως προς το  $1/T$  (διάγραμμα Arrhenius), η κλίση της γραμμής είναι ίση με  $-E_a/R$ , επιτρέποντας τον υπολογισμό του  $E_a$ .

Μετά τον προσδιορισμό της ενέργειας ενεργοποίησης ( $E_a$ ) από τα δεδομένα δοκιμής επιταχυνόμενης αποθήκευσης, η εξίσωση Arrhenius μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη των σταθερών ρυθμού ( $k$ ) σε οποιαδήποτε επιθυμητή θερμοκρασία αποθήκευσης, συμπεριλαμβανομένων των θερμοκρασιών περιβάλλοντος. Οι προβλεπόμενες σταθερές ρυθμού χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για την παρέκταση των καμπυλών υποβάθμισης, ώστε να προσδιοριστεί ο χρόνος που χρειάζεται το ελαιόλαδο για να φτάσει σε ένα συγκεκριμένο όριο ποιότητας (π.χ., ένα ορισμένο επίπεδο οξείδωσης) στην επιθυμητή χαμηλότερη θερμοκρασία αποθήκευσης, η οποία αντιπροσωπεύει την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής του. Υψηλή τιμή  $E_a$ , που καθορίζεται από τον ρυθμό σχηματισμού PV, K και, σηματοδοτεί ότι η οξείδωση του ελαίου θα προχωρήσει πολύ αργά υπό κανονικές συνθήκες αποθήκευσης, με αποτέλεσμα μεγάλη διάρκεια ζωής. Στην ουσία, μια υψηλή ενέργεια ενεργοποίησης για την οξείδωση σημαίνει ότι η οξείδωση είναι μια απαιτητική διαδικασία για το ελαιόλαδο, επομένως η ταχύτητά της εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία και θα είναι αργή σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, παρατείνοντας το χρονικό διάστημα με τα επιθυμητά ποιοτικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου.

### ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Ενώ δεν υπάρχει ένα καθολικά αποδεκτό και νομικά καθορισμένο "όριο των φαινολικών ενώσεων" για όλο το ελαιόλαδο, η παρουσία τους και η υψηλή συγκέντρωσή τους αποτελεί κριτήριο ποιότητας. Για παράδειγμα, ορισμένοι φορείς ή αγορές έχουν θεσπίσει όρια για την ένδειξη υψηλής περιεκτικότητας σε φαινόλες, όπως τα 250 mg/kg για ελαιόλαδα με «υψηλά φαινολικά», τα οποία συχνά επιτυγχάνονται με πρώιμη συγκομιδή και ορθές πρακτικές ελαιοποίησης σε ορισμένες ποικιλίες όπως και η Τσουνάτη. Τα φαινολικά συστατικά αποτελούν έναν σημαντικό δείκτη ποιότητας, και τα υψηλά επίπεδά τους συσχετίζονται με επιθυμητά οφέλη για την υγεία και την αντοχή του ελαιολάδου σε φαινόμενα οξείδωσης. Στα συγκεκριμένα δείγματα, η μείωση των φαινολικών κινείται με αργό ρυθμό. Η πρόβλεψη για να μειωθεί στο 50% είναι >1 έτος.

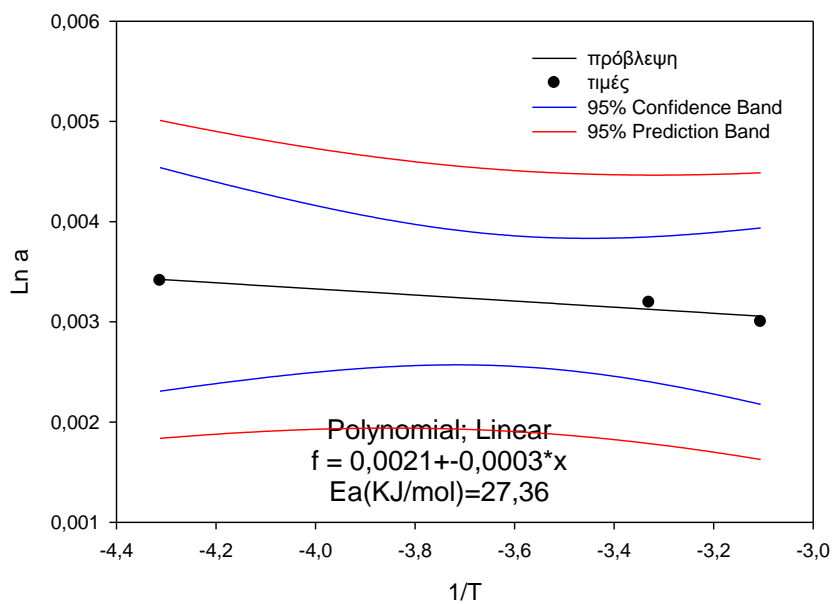
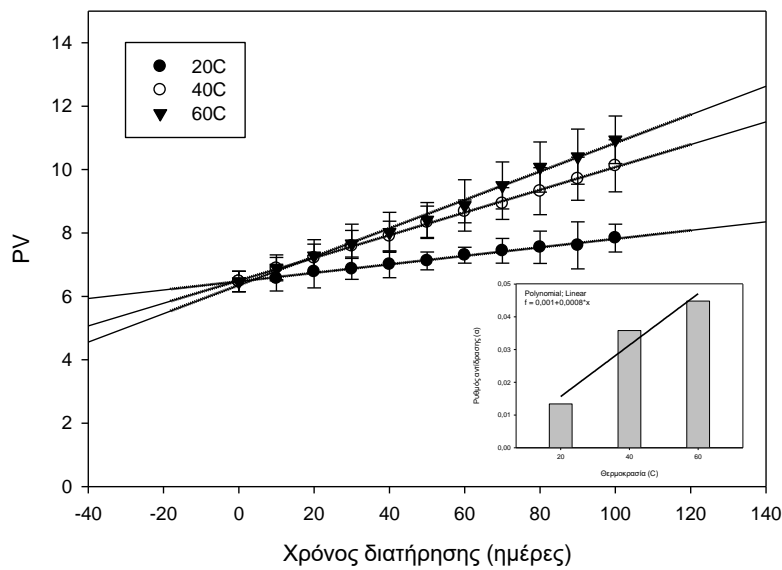


### ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΩΝ (PV)

Το ανώτατο όριο υπεροξειδίων για το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο είναι 20 meq O<sub>2</sub>/kg, όπως ορίζεται από τον κανονισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την κατάταξη του ελαιολάδου σε κατηγορίες. Μια τιμή μικρότερη από 20 meq O<sub>2</sub>/kg είναι απαραίτητη για να καταταγεί το ελαιόλαδο ως «εξαιρετικό παρθένο». Στα συγκεκριμένα δείγματα, η μείωση των υπεροξειδίων κινείται με αργό ρυθμό. Η πρόβλεψη για να ξεπεράσουν το όριο των 20

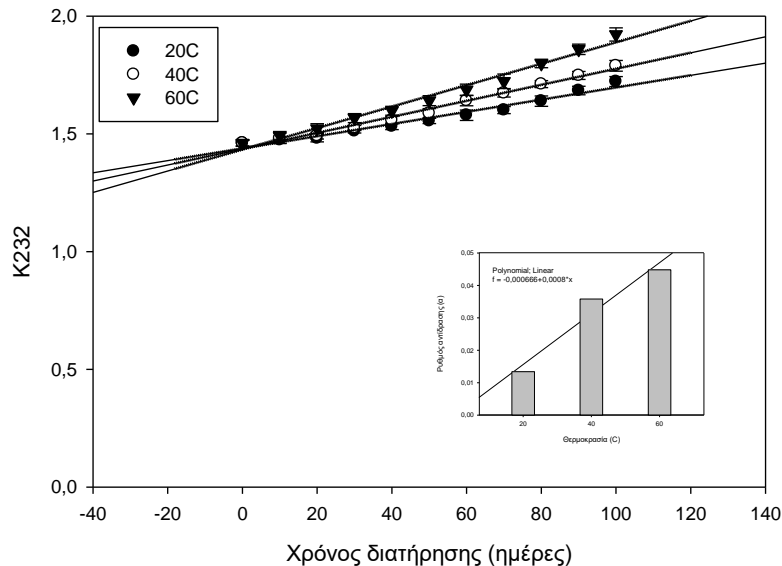
με  $O_2/kg$  είναι  $>1$  έτος. Η ενέργεια ενεργοποίησης ( $E_a$ ) για τον σχηματισμό υπεροξειδίου (PV) στο ελαιόλαδο υπό τυπικές συνθήκες διάρκειας ζωής, όπως προσδιορίζεται με

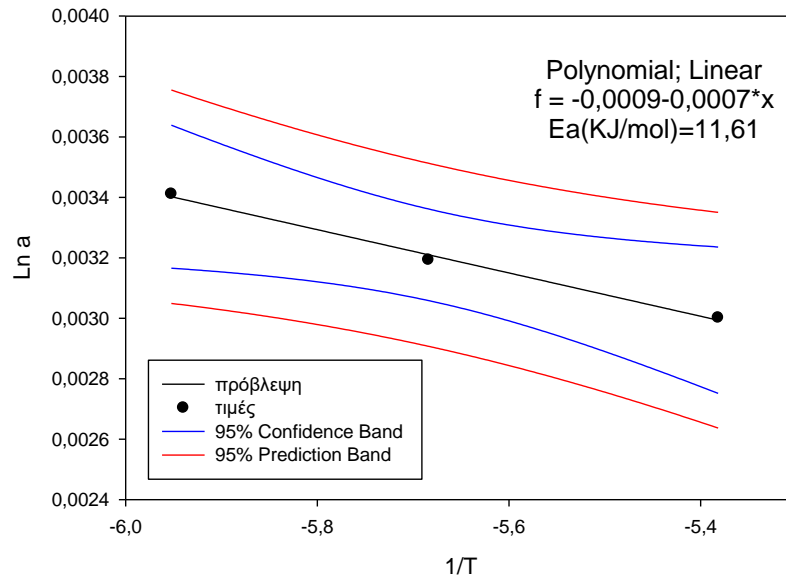
μοντελοποίηση Arrhenius, είναι περίπου 42 kJ/mol για το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο (EVOO) σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 25 έως 60 °C.



**ΔΕΙΚΤΗΣ  $K_{232}$**

Το όριο για τον δείκτη οξείδωσης  $K_{232}$  για το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο ορίζεται στο  $K_{232} < 2,50$ , ενώ για το παρθένο ελαιόλαδο είναι  $K_{232} < 2,60$ . Ο δείκτης  $K_{232}$  μετρά τις υδροξυπεροξειδικές ενώσεις που οφείλονται στην οξείδωση και συνδέεται με την ποιότητα και τη φρεσκάδα του ελαιολάδου, καθώς και με τις συνθήκες αποθήκευσής του. Στα συγκεκριμένα δείγματα, η μείωση των υπεροξειδίων κινείται με σχετικά γρήγορο ρυθμό. Η πρόβλεψη για να ξεπεράσουν το όριο των 2,50 είναι <1 έτος. Μελέτες σχετικά με την οξείδωση του εξαιρετικού παρθένου ελαιολάδου (EVOO) χρησιμοποιώντας μοντελοποίηση Arrhenius αναφέρουν τιμές ενέργειας ενεργοποίησης ( $E_a$ ) περίπου 65 kJ/mol για πρωτογενή προϊόντα οξείδωσης, όπως αυτά που υποδεικνύονται από τις τιμές  $K_{232}$ , και περίπου 77 kJ/mol για δευτερογενή προϊόντα.

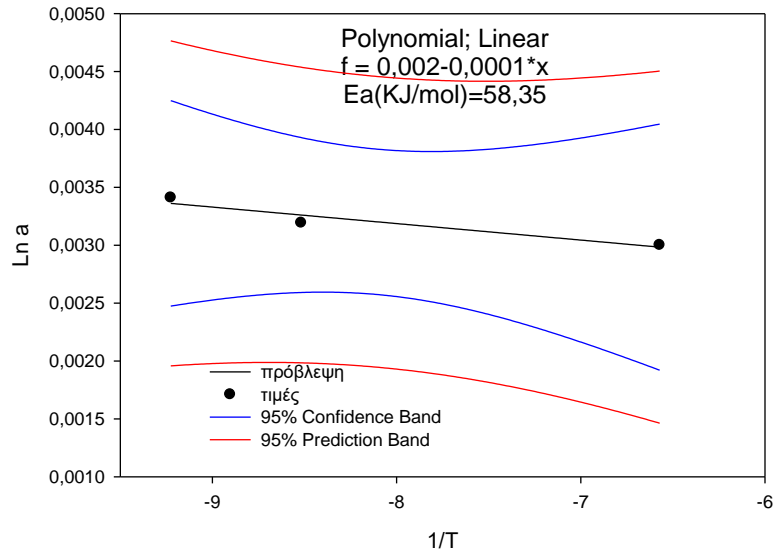
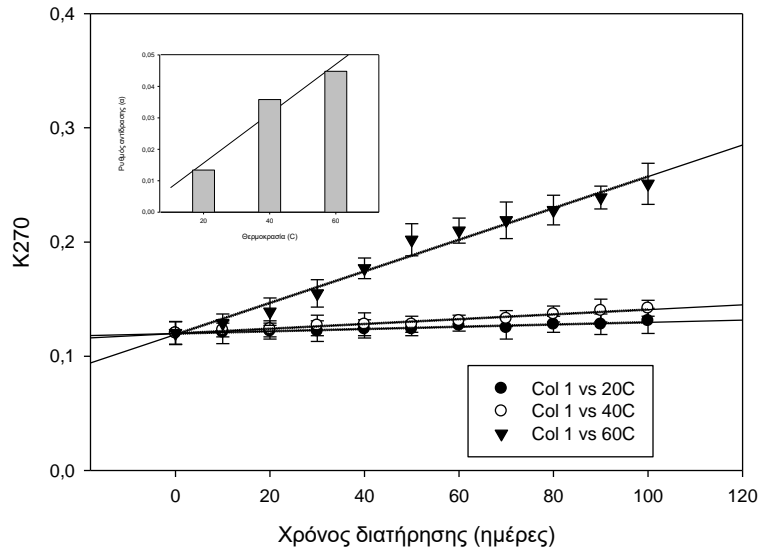




#### ΔΕΙΚΤΗΣ $K_{270}$

Το όριο για τον δείκτη  $K_{270}$  για την κατάταξη του ελαιολάδου ως εξαιρετικά παρθένο είναι < 0,22. Η τιμή αυτή, μαζί με την οξύτητα, τον αριθμό υπεροξειδίων και άλλα κριτήρια, δείχνει την ποιότητα και τη φρεσκάδα του ελαιολάδου, όπου υψηλότερες τιμές  $K_{270}$  υποδεικνύουν παλαιότερο ή αλλοιωμένο λάδι. Στα συγκεκριμένα δείγματα, η μείωση των υπεροξειδίων κινείται με αργό ρυθμό. Η πρόβλεψη για να ξεπεράσουν το όριο των 0,22 είναι >1 έτος.

Η  $E_a$  για τα δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης, τα οποία αντανακλά το  $K_{270}$ , είναι γενικά υψηλότερη (περίπου 77 kJ/mol) από ό,τι για τα πρωτογενή προϊόντα οξείδωσης (περίπου 65 kJ/mol), γεγονός που υποδηλώνει μεγαλύτερη ευαισθησία στη θερμοκρασία για τις διεργασίες που αντανακλώνται από το  $K_{270}$ .



## Βιβλιογραφία

Conte, L., Milani, A., Calligaris, S., Rovellini, P., Lucci, P., & Nicoli, M. C. (2020). Temperature Dependence of Oxidation Kinetics of Extra Virgin Olive Oil (EVOO) and Shelf-Life Prediction. *Foods*, 9(3), 295. <https://doi.org/10.3390/foods9030295>

Manzocco, L., Romano, G., Calligaris, S., & Nicoli, M. C. (2020). Modeling the Effect of the Oxidation Status of the Ingredient Oil on Stability and Shelf Life of Low-Moisture Bakery Products: The Case Study of Crackers. *Foods*, 9(6), 749.  
<https://doi.org/10.3390/foods9060749>