



Συσκευασία Τροφίμων

Ενότητα 2:

Υπολογισμός του Χρόνου Ζωής
και οι Παράγοντες που τον
Επηρεάζουν, 2ΔΩ

Τμήμα: Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής Του Ανθρώπου

Διδάσκων: Αντώνιος Καναβούρας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





Μαθησιακοί Στόχοι

- Τι είναι χρόνος ζωής των προϊόντων, πως συνδυάζεται με την ποιότητα και πως ορίζεται μαθηματικά



Λέξεις Κλειδιά

- Χρόνος ζωής
- Ποιότητα
- Αλλοιώσεις τροφίμων
- Μαθηματικά μοντέλα



Ποιότητα

- Η ποιότητα ενός προϊόντος εξαρτάται από:
 - Τα φυσικά, χημικά και τα βιολογικά χαρακτηριστικά του προϊόντος
 - Τις μεθόδους επεξεργασίας του
 - Τα χαρακτηριστικά της συσκευασίας και της αποτελεσματικότητάς τους
 - Το περιβάλλον στο οποίο εκτίθεται το προϊόν

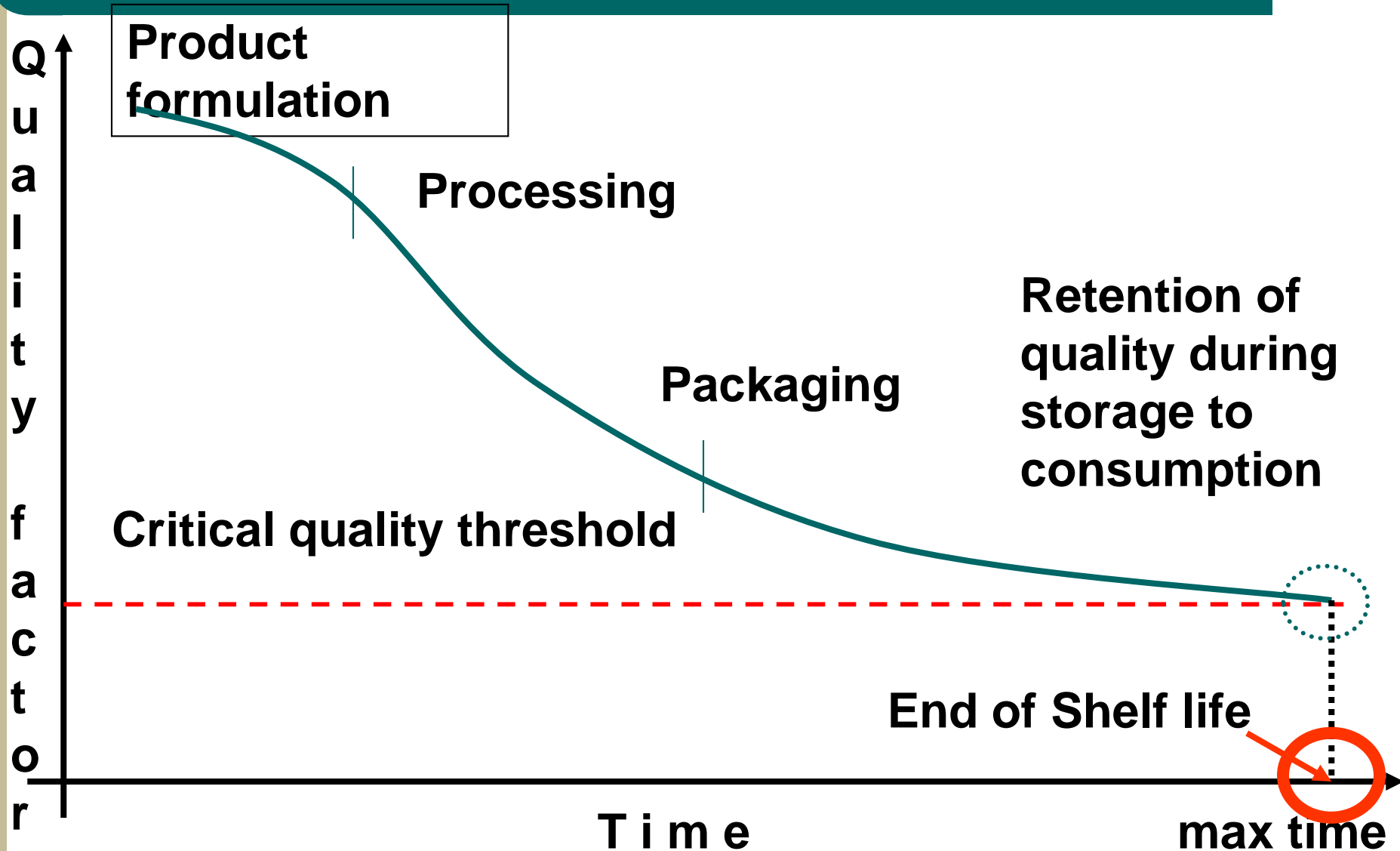


Χρόνος Ζωής (Shelf life) 1/2

- “...ο χρόνος ζωής είναι συνάρτηση των συνθηκών μεταφοράς και μπορεί να οριστεί σαν ο μέγιστος χρόνος μετά την παραγωγή κατά τον οποίο το τρόφιμο παραμένει κάτω από αποδεκτές μικροβιολογικές, οργανοληπτικές και σε ολικά αναλλοίωτο επίπεδο...”



Χρόνος Ζωής (Shelf life) 2/2





Shelf Life 1/4

- “... Το ποσοστό των καταναλωτών που ο κατασκευαστής επιθυμεί να ευχαριστήσει....”



Shelf Life 2/4

- Για την επιλογή των κατάλληλων υλικών συσκευασίας απαιτείται να γνωρίζουμε τις απαιτήσεις για τη σωστή συντήρηση του.
- Τα υλικά συσκευασίας επηρεάζονται από τους κλιματικούς παράγοντες στους οποίους εκτίθεται το συσκευασμένο προϊόν.
- Υγρασία, οξυγόνο, φως, θερμοκρασία, μικροοργανισμοί.



Shelf Life 3/4

- Η εκτίμηση του χρόνου ζωής γίνεται με τρεις μεθόδους:
 - Αποθήκευση στις πραγματικές συνθήκες.
 - Αποθήκευση σε συνθήκες που επιταχύνουν τις αντιδράσεις μείωσης της ποιότητας – συμπεράσματα για το τι συμβαίνει σε πραγματικές συνθήκες.
 - Εκτιμήσεις βασισμένες σε χρήση μαθηματικών μοντέλων και προσομοιώσεων.



Shelf Life 4/4

- A_0 = αρχική τιμή
- Βασισμένη σε ορισμένη και μετρήσιμη ανάλυση
- A_s = η τιμή στο τέλος της υποκειμενικά οριζόμενης διάρκειας ζωής
- Καταγραφή της μείωσης της ποιότητας με βάσει πειραματικά δεδομένα.



Ρυθμός των Αντιδράσεων Αλλοίωσης 1/2

- Η βασική εξίσωση που περιγράφει την μείωση της ποιότητας:

$$-dC/d\theta = f(I_i, E_j)$$

όπου,

$dC/d\theta$ = ο ρυθμός αλλαγής κάποιου δείκτη αλλοίωσης C με το χρόνο. Η συγκέντρωση του C μειώνεται με το χρόνο

I_i = εσωτερικοί παράγοντες ($i = 1 \dots m$)

E_j = εξωτερικοί παράγοντες ($j = 1 \dots n$)



Ρυθμός των Αντιδράσεων Αλλοίωσης 2/2

- Συνδυασμός της μείωσης της ποιότητας με τη μετάβαση από ένα συστατικό A σε B ως:



όπου τα A και B θα μπορούν να μετρηθούν. A

- Η μείωση της ποιότητας μπορεί να θεωρηθεί ως ανάλογη της δύναμης της συγκέντρωσης του αντιδρώντος ή προϊόντος στοιχείου:

$$-dA/d\theta = kA^n$$

όπου, A και B = η συγκέντρωση των μετρήσιμων ποιοτικών χαρακτηριστικών

θ = χρόνος

k = σταθερά της αντίδρασης (εξαρτάται από εξωτερικούς παράγοντες)

n = αριθμός - τάξη της αντίδρασης που προσδιορίζει το εάν ο ρυθμός εξαρτάται από τη συγκέντρωση του A ή όχι. Μπορεί να είναι κλάσμα ή ακέραιος αριθμός.



Τάξη Αντίδρασης

$$-\frac{dA}{dt} = k_A [A]^n$$



Μηδενικής Τάξης Αντίδραση 1/2

$$-\frac{dA}{dt} = k[A]^0 = k_z$$

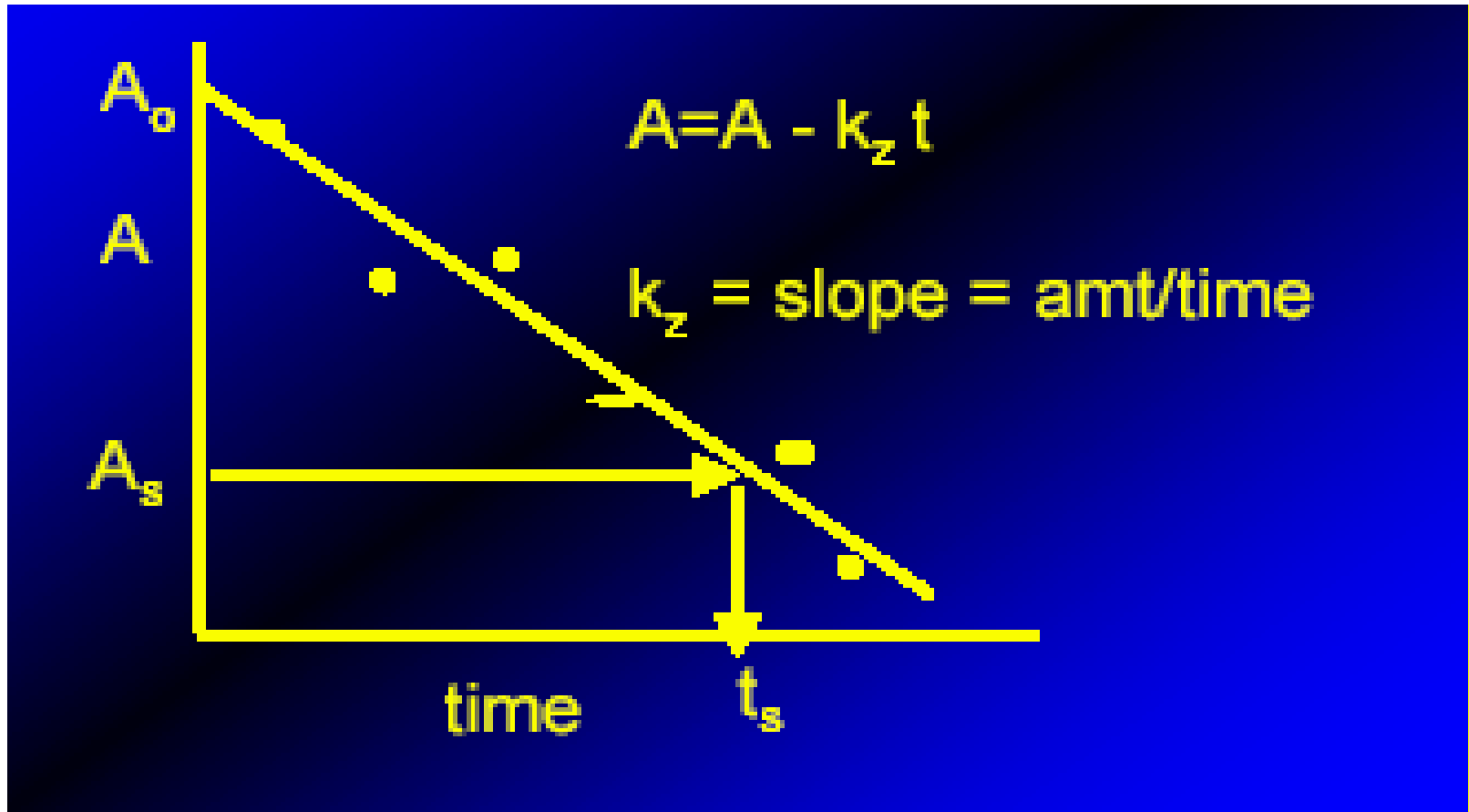
$$\int_{A_0}^A -dA = \int_0^t k_z dt$$

$$-[A - A_0] = k_z t$$

$$A = A_0 - k_z t$$



Μηδενικής Τάξης Αντίδραση 2/2





Πρώτης Τάξης Αντίδραση 1/2

$$-\frac{dA}{dt} = k_r A$$

$$\int_{A_0}^A -\frac{dA}{A} = \int_0^t k_r dt$$

$$-\ln\left[\frac{A}{A_0}\right] = k_r t$$

$$\ln\left[\frac{A}{A_0}\right] = -k_r t$$

$$A = A_0 e^{-k_r t}$$

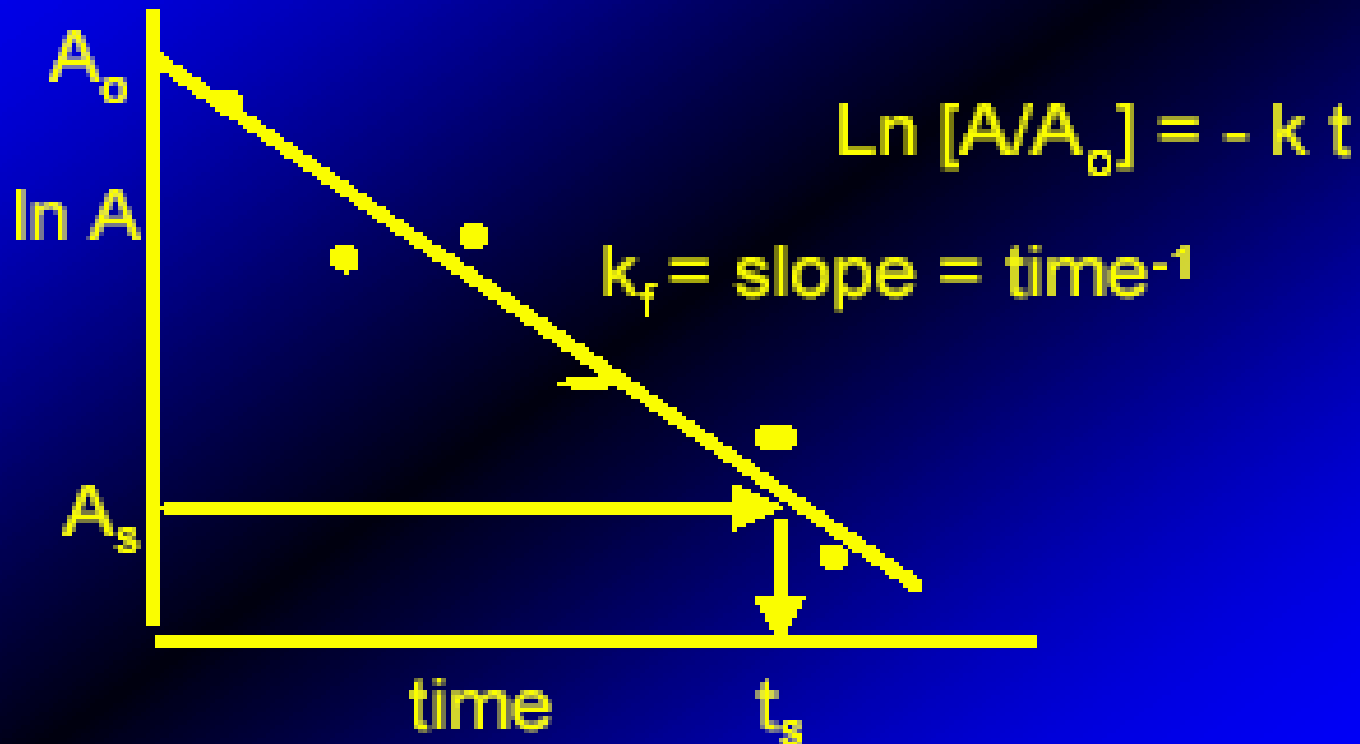
$$\log\left[\frac{A}{A_0}\right] = -\frac{k_r}{2.303} t$$

$$A = A_0 10^{-\frac{k_r}{2.303} t}$$



Πρώτης Τάξης Αντίδραση 2/2

First order





Τίτλος?

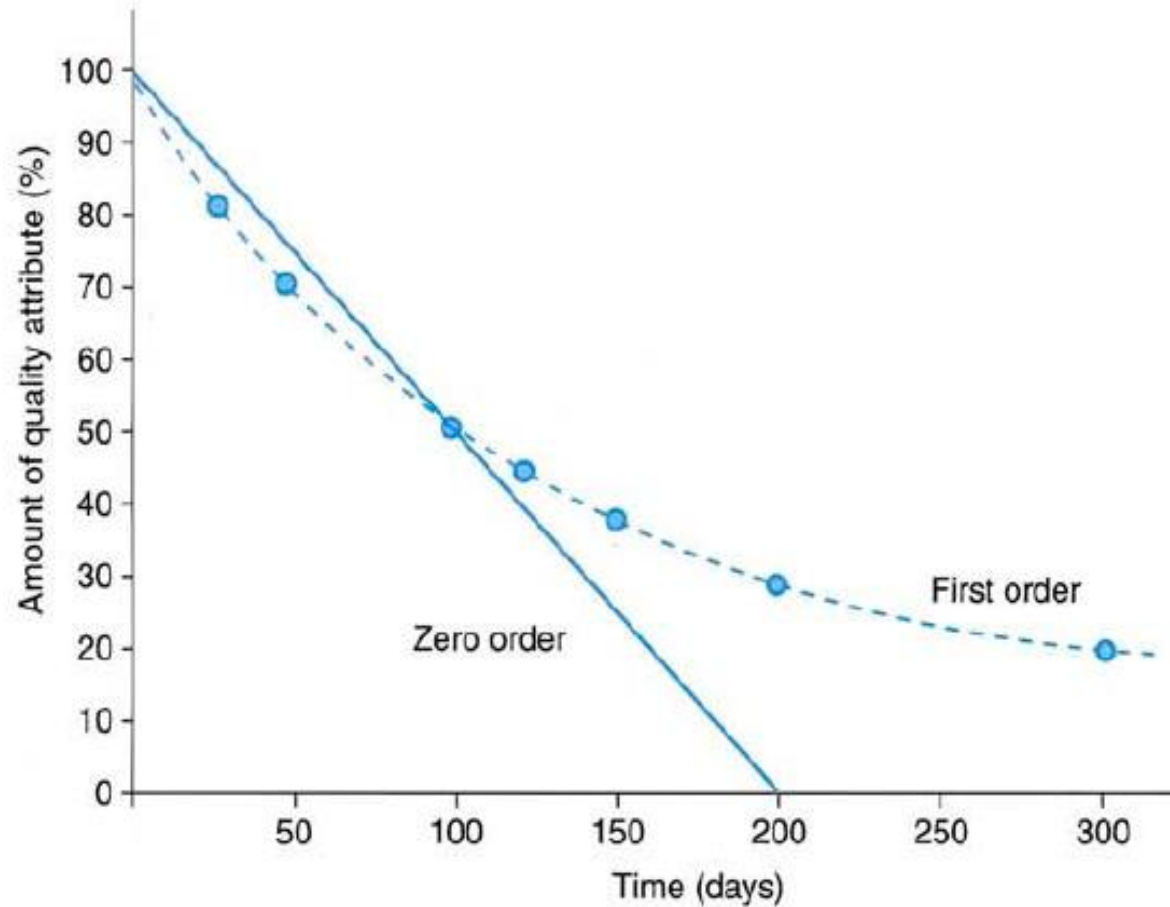


Figure 3.1 Change in quality versus time showing the effect of order of the reaction on the extent of change.



Ενέργεια Ενεργοποίησης μιας Αντίδρασης (Activation Energy) 1/5

- Ενέργεια ενεργοποίησης, ή ενέργεια κατώτατων ορίων, είναι:
 - η ενέργεια που πρέπει να υπερνικηθεί για να εμφανιστεί μια χημική αντίδραση.
 - Η ελάχιστη ενέργεια απαραίτητη για να εμφανιστεί μια συγκεκριμένη χημική αντίδραση.
- Η ενέργεια ενεργοποίησης μιας αντίδρασης (E_a), δίνεται σε κιλοτζάουλς ανά γραμμομόριο (kJ/mole).

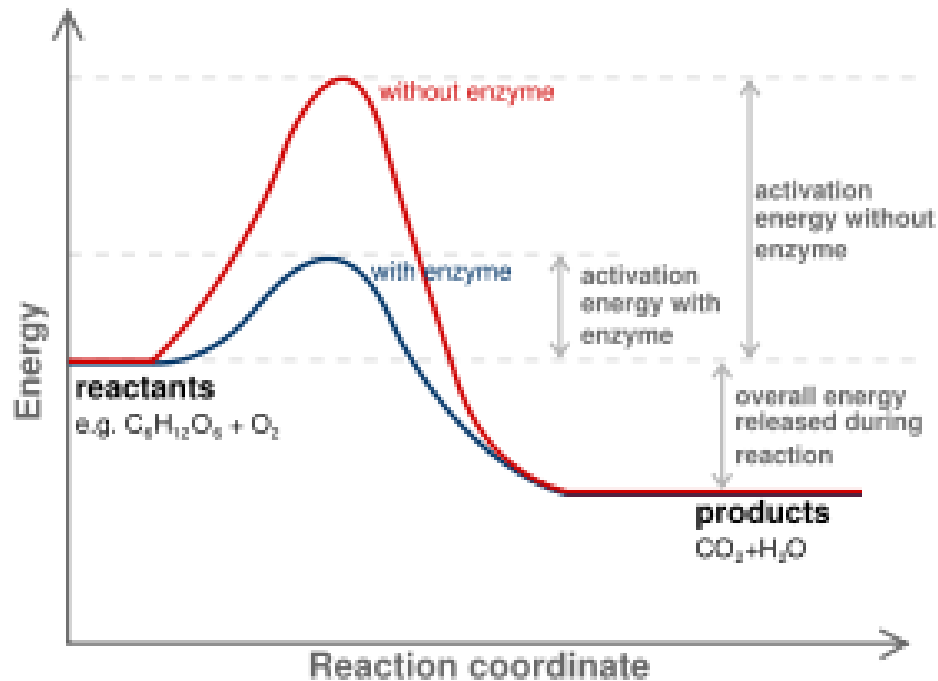


Ενέργεια Ενεργοποίησης μιας Αντίδρασης (Activation Energy) 2/5

- Η ενέργεια ενεργοποίησης είναι το ύψος του πιθανού εμποδίου (αποκαλούμενου και ενεργειακό εμπόδιο) που χωρίζει δύο ελάχιστα πιθανής ενέργειας (των αντιδραστηρίων και των προϊόντων της αντίδρασης).
- Για να έχει μια χημική αντίδραση αξιοπρόσεχτο ρυθμό εξέλιξης, θα πρέπει να υπάρξει αξιοπρόσεχτος αριθμός μορίων με ενεργειακό ισοζύγιο ίσο ή μεγαλύτερο από την ενέργεια ενεργοποίησης.



Ενέργεια Ενεργοποίησης μιας Αντίδρασης (Activation Energy) 3/5



- Συσχετισμός της αντίδρασης μεταξύ της κινητικής του ενζύμου και της ενέργειας ενεργοποίησης.



Ενέργεια Ενεργοποίησης μιας Αντίδρασης (Activation Energy) 4/5

- Σε χαμηλές θερμοκρασίες για μια ιδιαίτερη αντίδραση, (αλλά όχι όλες) τα μόρια δεν θα έχουν αρκετή ενέργεια για να αντιδράσουν.
- Εντούτοις σχεδόν πάντα θα υπάρξει ένας ορισμένος αριθμός με αρκετή ενέργεια σε οποιαδήποτε θερμοκρασία επειδή η θερμοκρασία είναι ένα μέτρο της μέσης ενέργειας του συστήματος - τα μεμονωμένα μόρια μπορούν να έχουν λιγότερη ή περισσότερη ενέργεια από το μέσο όρο.



Ενέργεια Ενεργοποίησης μιας Αντίδρασης (Activation Energy) 5/5

- Η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει το ποσοστό των μορίων με περισσότερη ενέργεια από την ενέργεια ενεργοποίησης, και συνεπώς αυξάνει ανάλογα και ο ρυθμός της αντίδρασης.
- Χαρακτηριστικά η ενέργεια ενεργοποίησης δίνεται ως η ενέργεια σε kilojoules που απαιτούνται από έναν γραμμομόριο των αντιδρώντων για να αντιδράσουν.



Αντίδραση Ενεργοποίησης 1/5

Εξίσωση Arrhenius

$$E_a = -RT \ln \left(\frac{k}{A} \right)$$

όπου:

το A είναι ο παράγοντας συχνότητας για την αντίδραση,
το R είναι η παγκόσμια σταθερά των αερίων, και
το T είναι η θερμοκρασία (σε ° Kelvin).



Αντίδραση Ενεργοποίησης 2/5

- Όσο υψηλότερη η θερμοκρασία, τόσο πιθανότερο η αντίδραση να είναι σε θέση να υπερνικήσει την ενέργεια ενεργοποίησης.
- Για να προχωρήσει η αντίδραση και να υπερνικήσει την ενέργεια ενεργοποίησης, η θερμοκρασία, ο προσανατολισμός, και η ενέργεια των μορίων θα πρέπει να είναι σε αυξημένα ουσιαστικά επίπεδα.



Αντίδραση Ενεργοποίησης 3/5

- Η Εα, για τις περισσότερες χημικές αντιδράσεις, είναι της τάξης των λίγων ηλεκτροβόλτ (electronvolt), δεδομένου ότι οι χημικές αντιδράσεις περιλαμβάνει μόνο την ανταλλαγή των πιο ακραίων ηλεκτρονίων μεταξύ των ατόμων.
- Η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10°K (σε θερμοκρασία δωματίου $kT \sim 0.04\text{eV}$) περίπου διπλασιάζει το ρυθμό μιας αντίδρασης (όταν δεν υπάρχουν άλλοι συντελεστές και παράγοντες εξαρτώμενοι από τη θερμοκρασίας).



Αντίδραση Ενεργοποίησης 4/5

Αρνητική ενέργεια ενεργοποίησης.

- Σε μερικές περιπτώσεις οι ρυθμοί της αντίδρασης μειώνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας.
- Η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε μια μειωμένη πιθανότητα των μορίων να συγκρουστούν και να συλλάβουν το ένα το άλλο (με περισσότερες περιστρεφόμενες συγκρούσεις οι οποίες δεν βοηθούν την αντίδραση, δεδομένου ότι η υψηλότερη ορμή φέρνει τα συγκρούμενα μόρια εκτός του δυναμικού πεδίου), μια αντίδραση που μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.



Αντίδραση Ενεργοποίησης 5/5

Κλίση ή ρυθμός της αντίδρασης ενεργοποίησης.

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

Όπου:

το A είναι ο προ-εκθετικός παράγοντας και

R είναι η παγκόσμια σταθερά των αερίων



Αντιδράσεις Ενεργοποίησης

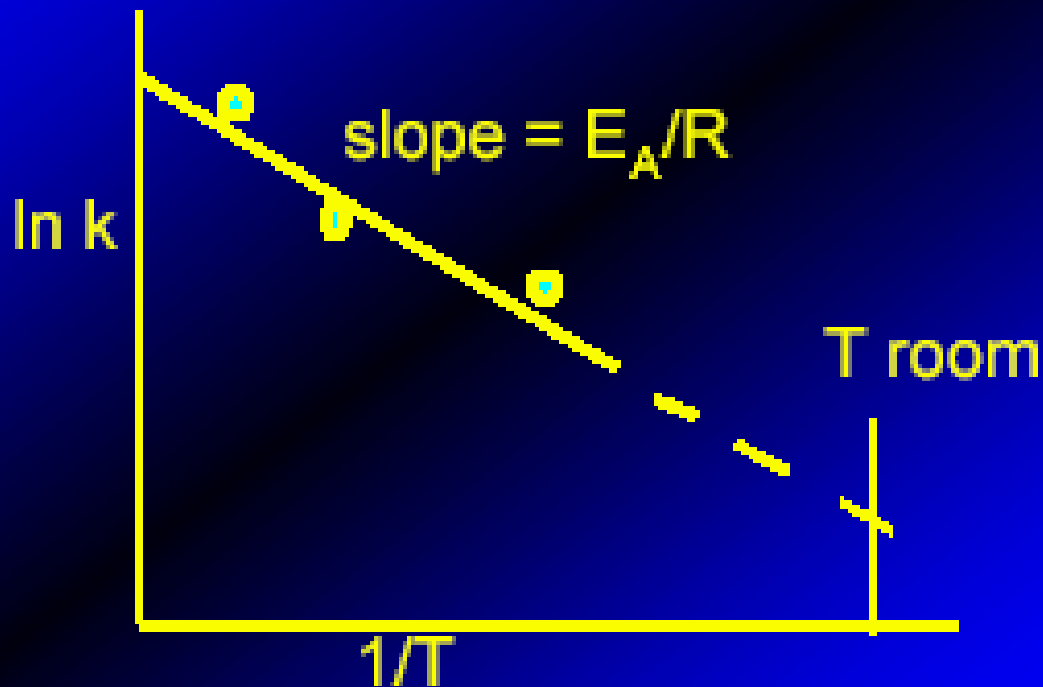
$$\ln(k) = \frac{-E_a}{R} \frac{1}{T} + \ln(A)$$

$$E_a \equiv -R \left(\frac{\partial \ln k}{\partial (1/T)} \right)_P$$



Γράφημα Αντίδρασης Ενεργοποίησης

Activation Energy Plot





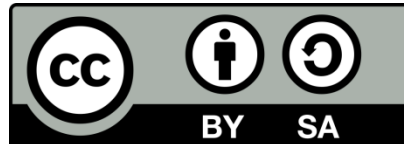
Βιβλιογραφία

- Ι.Γ. Μπλούκας. Συσκευασία Τροφίμων. Αθήνα, Εκδ. Σταμούλης, 2004.
- Ι. Σ. Αρβανιτογιάννης. Στοιχεία τεχνολογίας, μεταποίησης και συσκευασίας τροφίμων. Θεσσαλονίκη, Εκδ. University Studio Press.
- Σ. Ε. Παπαδάκης. Συσκευασία τροφίμων. Αθήνα, Εκδ. Τζιόλα.



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





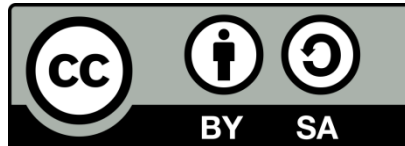
Σημείωμα Αναφοράς

- Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Αντώνιος Καναβούρας, «Συσκευασία Τροφίμων». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://oceclass.aua.gr/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων, π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Η άδεια αυτή ανήκει στις άδειες που ακολουθούν τις προδιαγραφές του Ορισμού Ανοικτής Γνώσης [2], είναι ανοικτό πολιτιστικό έργο [3] και για το λόγο αυτό αποτελεί ανοικτό περιεχόμενο [4].

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

[2] <http://opendefinition.org/okd/ellinika/>

[3] <http://freedomdefined.org/Definition/EI>

[4] <http://opendefinition.org/buttons/>



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει) μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.