



# Αρχές Βιοτεχνολογίας Τροφίμων

## Ενότητα 5: Στοιχεία Βιοχημικής Μηχανικής (1/2), 1.5ΔΩ

Τμήμα: Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Διδάσκων: Δρ. Σεραφείμ Παπανικολαου



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

- Μικροβιακή κινητική (συνέχεια)
- Μοντέλα (πρότυπα) μικροβιακής αύξησης
- Παραγωγή μεταβολικών προϊόντων



# Λέξεις Κλειδιά

- Εκθετική αύξηση
- Μοντέλα μικροβιακής αύξησης
- Συνδεδεμένοι, μερικώς συνδεδεμένοι και μη-συνδεδεμένοι μεταβολίτες με την αύξηση.



# Κλειστή Καλλιέργεια 1/6

- Στην πράξη ο εκθετικός νόμος αύξησης έχει ισχύ για ένα μικρό μόνο χρονικό διάστημα.
- Είναι το διάστημα κατά το οποίο όλα τα θρεπτικά συστατικά βρίσκονται στο περιβάλλον της αύξησης σε συγκεντρώσεις κορεσμού των μεταβολικών δραστηριοτήτων όλων των κυττάρων του πληθυσμού.
- Στην κατάσταση κορεσμού ο πληθυσμός αυξάνεται με το μέγιστο ειδικό ρυθμό αύξησης, για δεδομένες τις λοιπές συνθήκες αύξησης (θερμοκρασίας, pH κλπ).



# Κλειστή Καλλιέργεια 2/6

- Ένα περιβάλλον, στο οποίο δεν υπάρχει εξωτερική προσθήκη θρεπτικών συστατικών, σύντομα καθίσταται περιοριστικό για την αύξηση.
- Τα θρεπτικά συστατικά του γρήγορα μειώνονται σε συγκεντρώσεις κατώτερες των ορίων στήριξης του μέγιστου ειδικού ρυθμού αύξησης.
- Ο μικροβιακός πληθυσμός παύει να ευρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού.



# Κλειστή Καλλιέργεια 3/6

- Όσο τα θρεπτικά συστατικά του υποστρώματος λιγοστεύουν, τόσο ο ειδικός ρυθμός αύξησης θα απομακρύνεται του μεγίστου.
- Τις περισσότερες φορές ένα θρεπτικό συστατικό, ο περιοριστικός για την αύξηση παράγοντας (limiting growth factor), καθίσταται περιοριστικό για την αύξηση.



# Κλειστή Καλλιέργεια 4/6

Ενδεικτικές Τιμές των Παραμέτρων  $M_{max}$  και  $T_g$  για Τις Διάφορες Κατηγορίες Μικροοργανισμών.

	$M_{max} (h^{-1})$	$t_g (h)$
Μύκητες	0,1-0,34	6,9-2,0
Ζύμες	0,34-0,6	2,0-1,15
Βακτήρια	0,69-3,0	1,0-0,15



# Κλειστή Καλλιέργεια 5/6

- Έστω ένα βακτήριο εμφανίζει  $\mu_{\max}$   $2,1 \text{ h}^{-1}$  και εμφανίζει εκθετική αύξηση για 48 ώρες.
  - Το ένα κύτταρο θα παρήγαγε περίπου  $6 \times 10^{43}$  κύτταρα.
- Έστω ότι το ένα κύτταρο ζυγίζει  $\sim 10^{-12} \text{ g}$ .
  - Θα παραγόταν μάζα  $\sim 6 \times 10^{31} \text{ g}$  (η μάζα του πλανήτη είναι  $\sim 6 \times 10^{27} \text{ g}$ ) ήτοι 4000 φορές περισσότερη από τη μάζα του πλανήτη.





# Κλειστή Καλλιέργεια 6/6

- Η διαθεσιμότητα του περιοριστικού για την αύξηση παράγοντα καθορίζει την κινητική της αύξησης των μικροβιακών πληθυσμών.
- Ο ειδικός ρυθμός αύξησης βρίσκεται διαρκώς υπό τον αυστηρό έλεγχο της διαθεσιμότητας του περιοριστικού για την αύξηση παράγοντα.



# Μοντέλα (Πρότυπα) Σχετιζόμενα με Μικροβιακή Αύξηση 1/11

$$\mu = \mu_{\max} \cdot \frac{S}{K_s + S} \quad (25)$$



# Μοντέλα (Πρότυπα) Σχετιζόμενα με Μικροβιακή Αύξηση 2/11

## Jacques Monod



- Ο Jacques Monod (1942), ήταν μεταξύ των πρώτων που μελέτησαν λεπτομερειακά το φαινόμενο της μικροβιακής αύξησης.



# Μοντέλα (Πρότυπα) Σχετιζόμενα με Μικροβιακή Αύξηση 3/11

- Ο Monod χρησιμοποίησε την κλασσική εξίσωση της ενζυμικής κινητικής των Michaelis-Menten, για να περιγράψει την εξάρτηση του ειδικού ρυθμού αύξησης από τη συγκέντρωση του περιοριστικού για την αύξηση παράγοντα.
- Οι λειτουργικές μονάδες στους μικροοργανισμούς που τελούν στις αντιδράσεις είναι τα ένζυμα, και δοθέντος του γεγονότος ότι πλείστα όσα εξ αυτών υπακούουν σε κινητική τύπου Michaelis-Menten, η αύξηση του μικροοργανισμού θα υπακούει σε αντίστοιχο πρότυπο.



# Μοντέλα (Πρότυπα) Σχετιζόμενα με Μικροβιακή Αύξηση 4/11

$\mu$  αυξανόμενο με την αύξηση της συγκέντρωσης του περιοριστικού της αύξησης παράγοντα, όχι όμως αναλογικά αλλά με μειούμενο ρυθμό, ούτως ώστε για

$$S \gg K_S$$

$$\mu = \mu_{\max}$$



# Μοντέλα (Πρότυπα) Σχετιζόμενα με Μικροβιακή Αύξηση 5/11

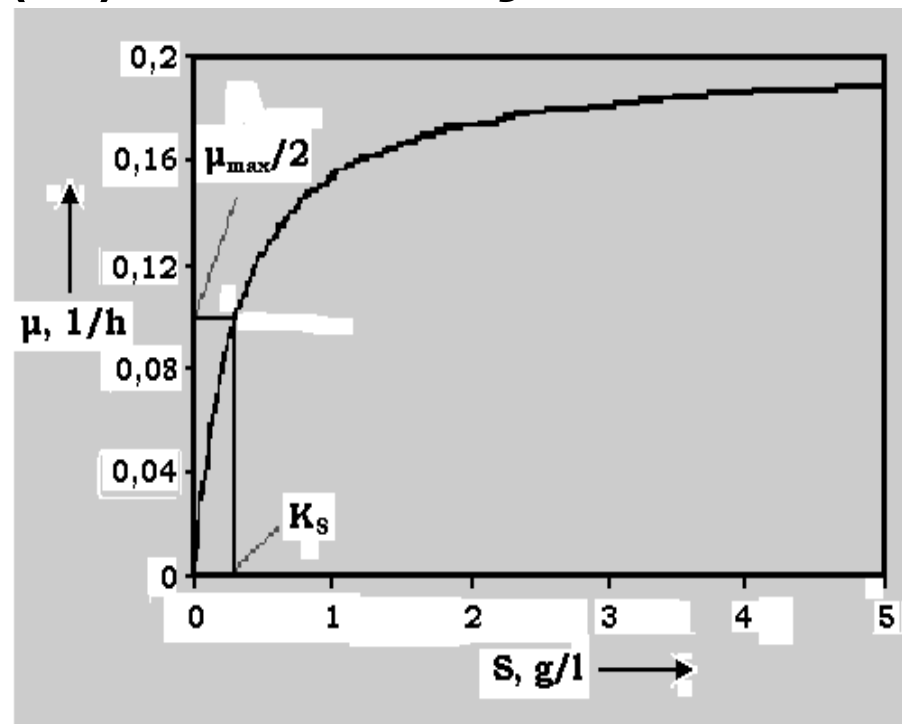
$$\mu = \mu_{\max} \cdot \frac{S}{K_s + S} \quad (25)$$

Με βάση την εξίσωση (25), και θέτοντες όπου

$$\mu = 0.5\mu_{\max}$$

$$S = K_s$$

$K_s$ : σταθερά  
κορεσμού





# Μοντέλα (Πρότυπα) Σχετιζόμενα με Μικροβιακή Αύξηση 6/11

Ποσοτική έκφραση ικανότητας μικροοργανισμού να αυξάνεται σε ένα συγκεκριμένο υπόστρωμα

Χαμηλές τιμές  $K_s$

$\mu$  διατηρούμενο υψηλό μέχρις ότου [S]

κατέλθει σε αρκετά χαμηλά επίπεδα



# Μοντέλα (Πρότυπα) Σχετιζόμενα με Μικροβιακή Αύξηση 7/11

- Εξίσωση Monod συνιστά το «μακροσκοπικό αποτέλεσμα» των επιμέρους ενζυμικών αντιδράσεων και συνεπώς της πολυενζυμικής δραστηριότητας του μικροβιακού κυττάρου.
  - Ομοιότητα εξίσωσης Monod με Michaelis-Menten (τυπική εξίσωση ενζυμικής κινητικής)
  - «εξάρτηση» της αύξησης από τις «βαθύτερες» ενζυμικές & βιοχημικές διεργασίες κυττάρου





# Μοντέλα (Πρότυπα) Σχετιζόμενα με Μικροβιακή Αύξηση 8/11

## Σχέση Μεταξύ Εξίσωσης Michaelis-menten Και Monod

- Η εξίσωση Michaelis-Menten (τυπική εξίσωση ενζυμικής κινητικής) έχει **θεωρητική υπόσταση**.
- Η εξίσωση Monod (τυπική εξίσωση μικροβιακής κινητικής) είναι **εμπειρική** ενίοτε απλουστεύοντας την πραγματικότητα.



# Μοντέλα (Πρότυπα) Σχετιζόμενα με Μικροβιακή Αύξηση 9/11

Προσδιορισμός των Σταθερών  $K_s$  και  $\mu_{\max}$

$$\mu = \mu_{\max} \cdot \frac{S}{K_s + S} \quad (25)$$

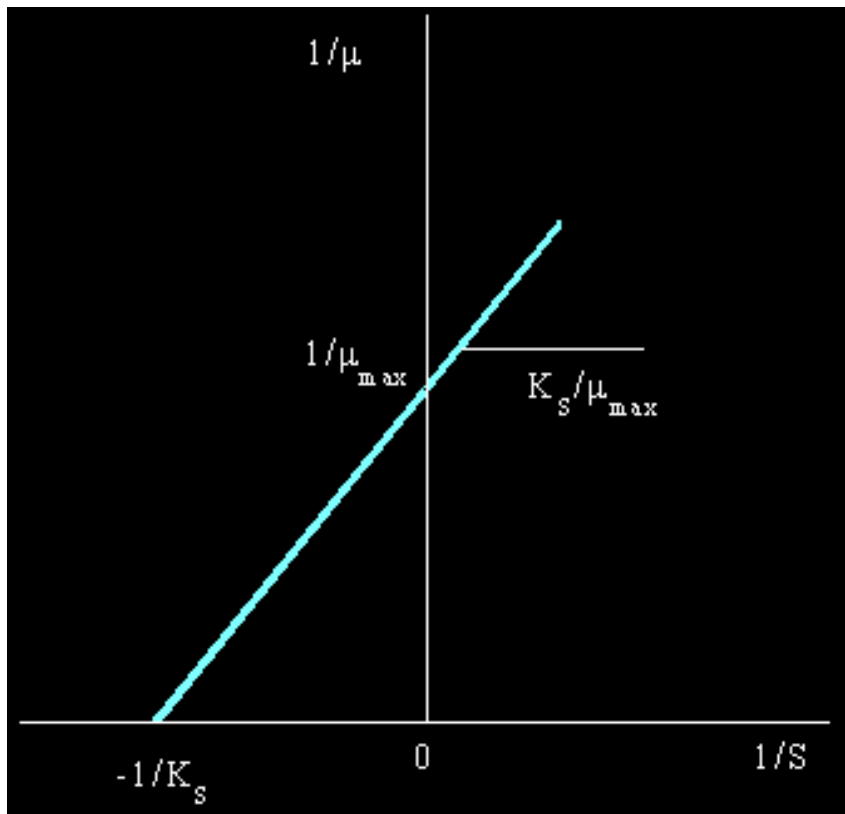
Εκ της (25), με αντιστροφή των όρων προκύπτει η εξίσωση:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_{\max}} + \frac{K_s}{\mu_{\max}} \cdot \frac{1}{S} \quad (26)$$



# Μοντέλα (Πρότυπα) Σχετιζόμενα με Μικροβιακή Αύξηση 10/11

Αντιστοιχία με την εξίσωση τύπου Lineweaver-Burk της ενζυμικής κινητικής.

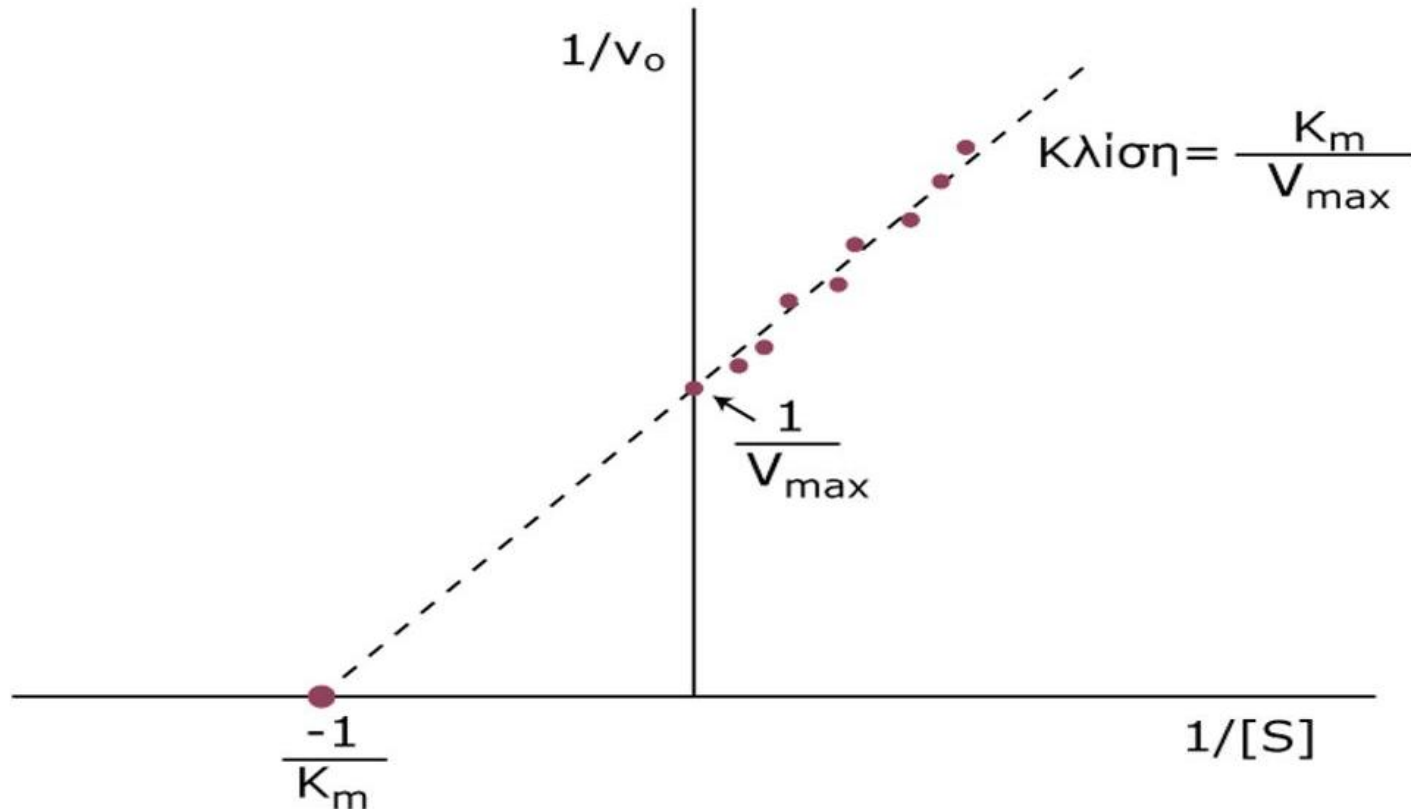




# Μοντέλα (Πρότυπα) Σχετιζόμενα με Μικροβιακή Αύξηση 11/11

## Γραφική Παράσταση Lineweaver - Burk

$$1/v_o = K_m/V_{max} \cdot 1/[S] + 1/V_{max}$$





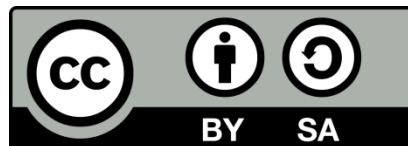
# Βιβλιογραφία

- Αγγελής (2007) Μικροβιολογία και Μικροβιακή Τεχνολογία, 1η έκδοση, Α. Σταμούλης.
- Shuler, Kargi (2002) Bioprocess Engineering, Basic Concepts Second Edition, Prentice Hall (Editions)



# 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



# Σημείωμα Αναφοράς

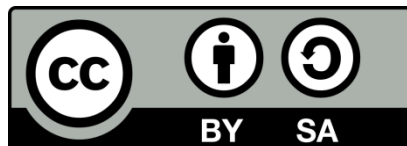
- Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, Σεραφείμ Παπανικολάου, «Αρχές Βιοτεχνολογίας Τροφίμων». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014.  
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<http://mediasrv.aua.gr/eclass/>





# 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.