



Αρχές Βιοτεχνολογίας Τροφίμων

Ενότητα 4:

Στοιχεία Βιοχημικής
Μηχανικής(3/3), 2ΔΩ

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

- Αρχές και έννοιες βιοαντιδραστήρων
- Κλειστή, ημισυνεχής και συνεχής καλλιέργεια
- Ισοζύγια μάζας στους βιοαντιδραστήρες
- Υπολογισμοί στους βιοαντιδραστήρες
- Στοιχεία Ενζυμικής Βιοτεχνολογίας
- Προτυποποίηση (Μοντελοποίηση) Βιοδιεργασιών



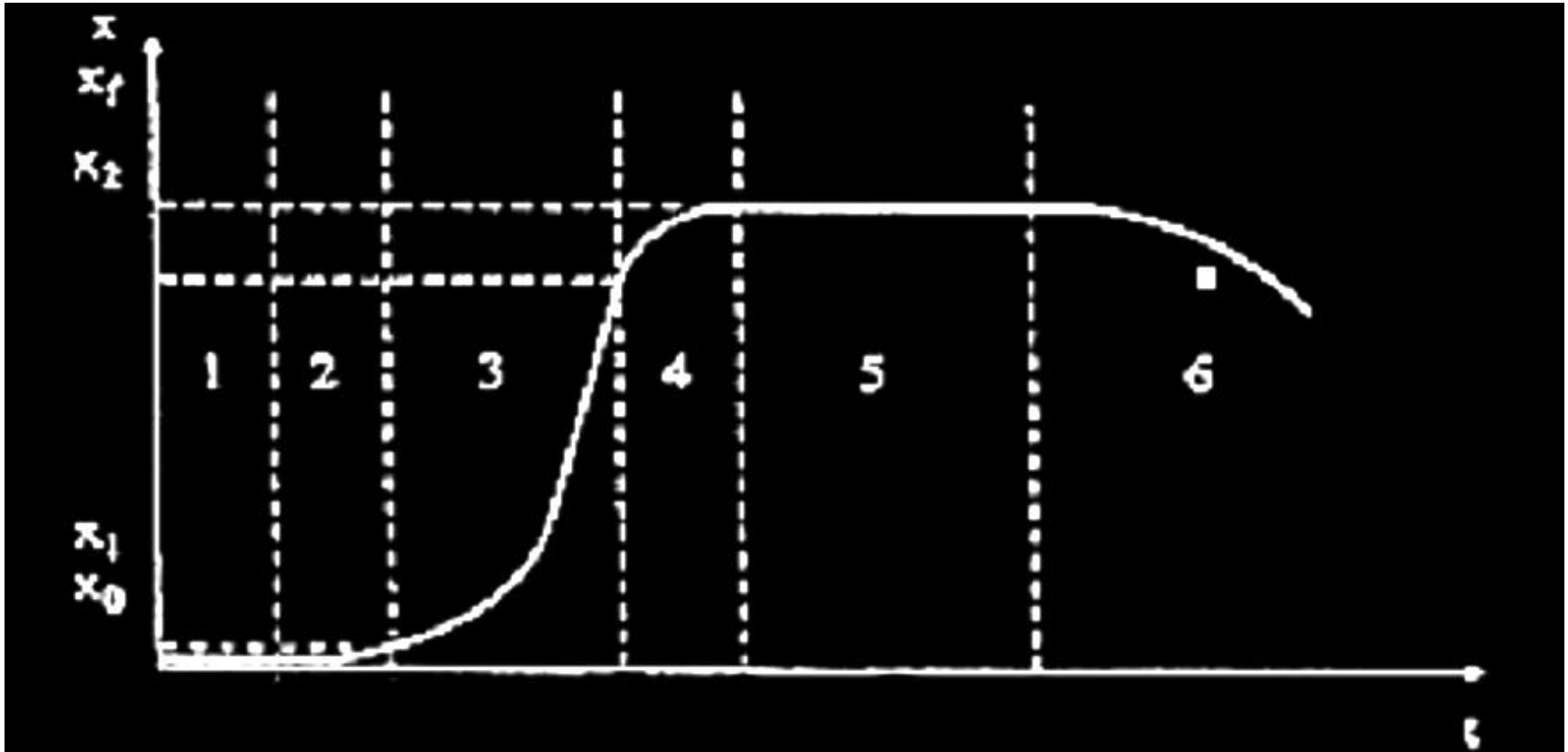
Λέξεις Κλειδιά

- Βιοαντιδραστήρες
- Κινητική
- Ισοζύγια
- Κλειστή καλλιέργεια
- Ημισυνεχής καλλιέργεια
- Συνεχής καλλιέργεια
- Ενζυμική κινητική
- Προτυποποίηση (Μοντελοποίηση) Βιοδιεργασιών



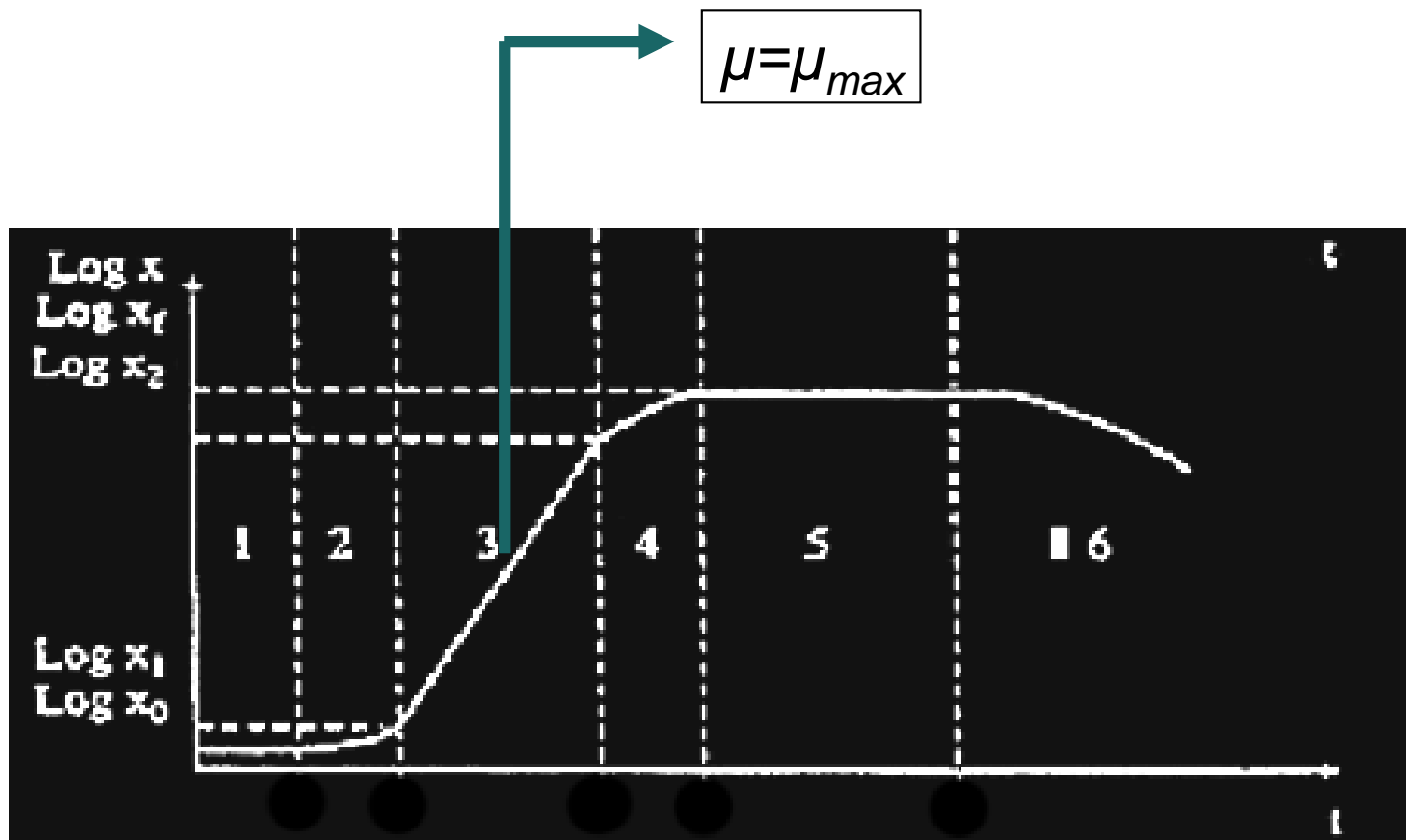
Αυξητικός Κύκλος σε Κλειστή Καλλιέργεια 1/4

Βιομάζα





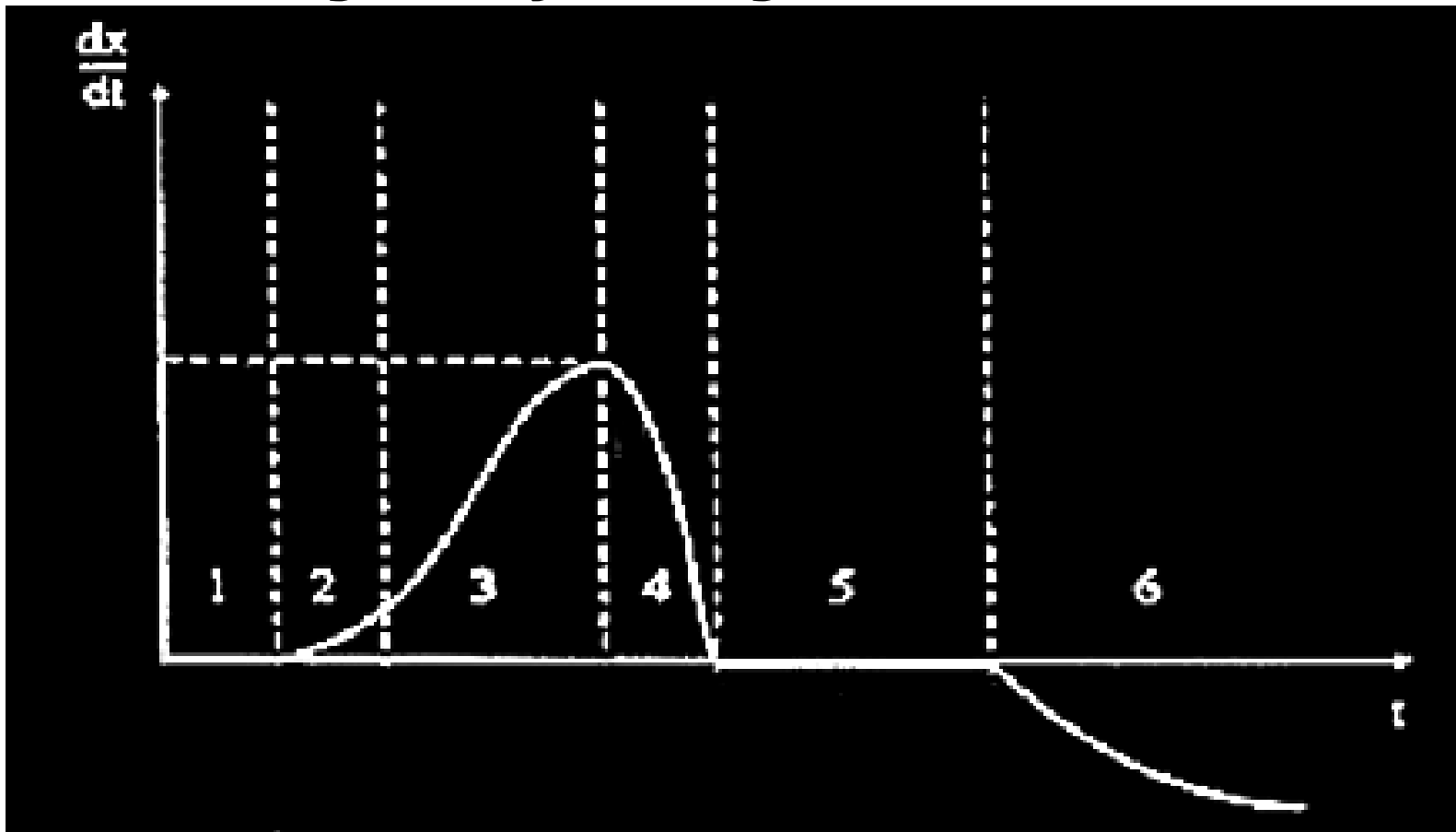
Αυξητικός Κύκλος σε Κλειστή Καλλιέργεια 2/4





Αυξητικός Κύκλος σε Κλειστή Καλλιέργεια 3/4

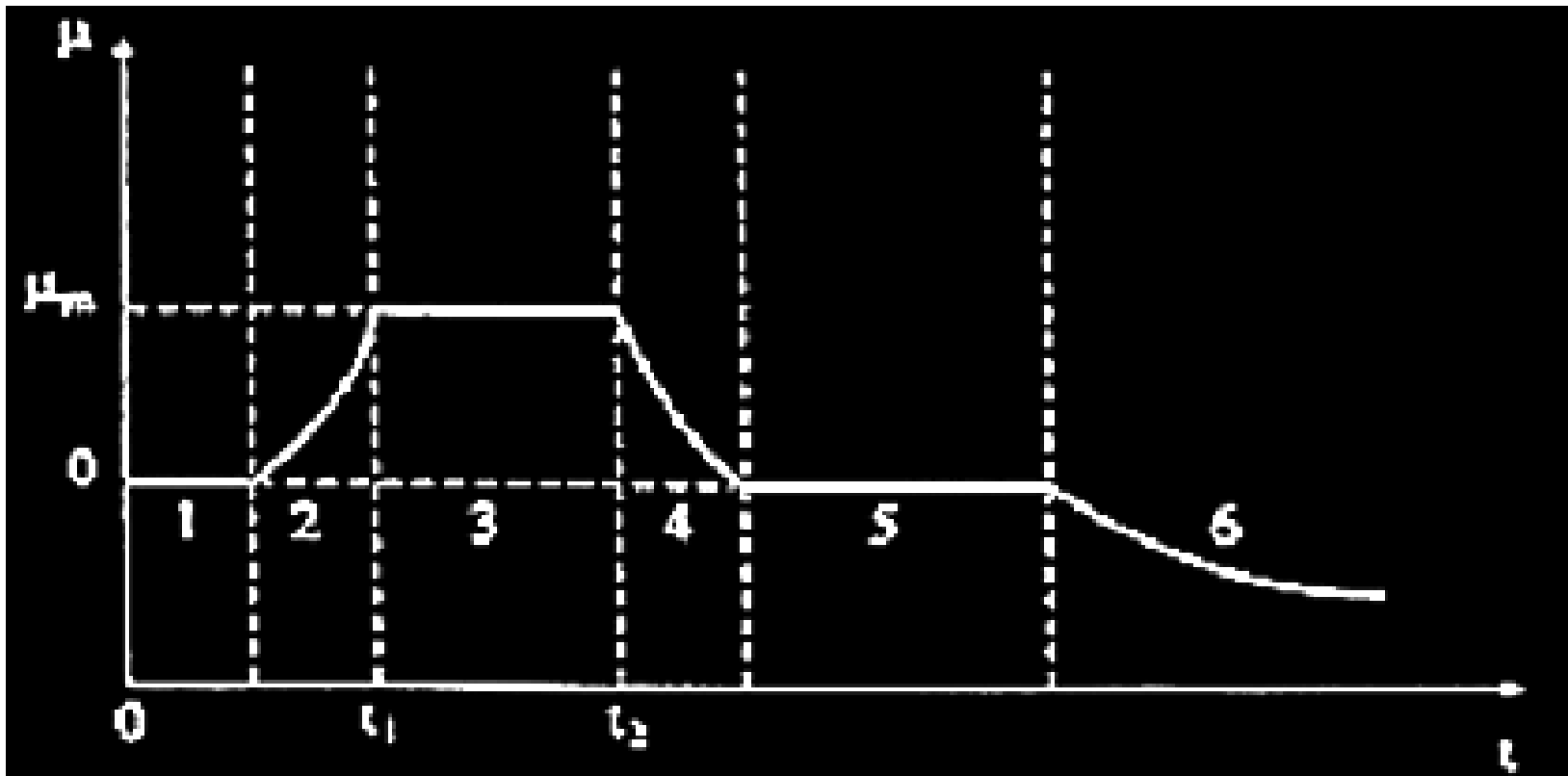
Ρυθμός Αύξησης





Αυξητικός Κύκλος σε Κλειστή Καλλιέργεια 4/4

Ειδικός ρυθμός αύξησης





Κυτταρική Αύξηση και Απόδοση 1/5

- Αύξηση μικροβιακού πληθυσμού και παραγωγή μεταβολικών προϊόντων συνιστούν βιομετατροπή χημικών συστατικών σε κυτταρική μάζα και μεταβολίτες .
- Βιομετατροπές εκφραζόμενες ποσοτικά με τους Συντελεστές Απόδοσης (Y – yields).



Κυτταρική Αύξηση και Απόδοση 2/5

Συντελεστής Απόδοσης Βιομάζας ($Y_{X/S}$)

$$Y_{X/S} = \frac{\Delta X}{\Delta S} \quad (15)$$

Παραγόμενη βιομάζα ανά μονάδα υποστρώματος (g/g)

$$Y_{X/S} = \frac{X - X_0}{S_0 - S} \quad (16)$$



Κυτταρική Αύξηση και Απόδοση 3/5

Συντελεστής Απόδοσης Μεταβολικού Προϊόντος ($Y_{P/S}$)

$$Y_{P/S} = \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad (17)$$

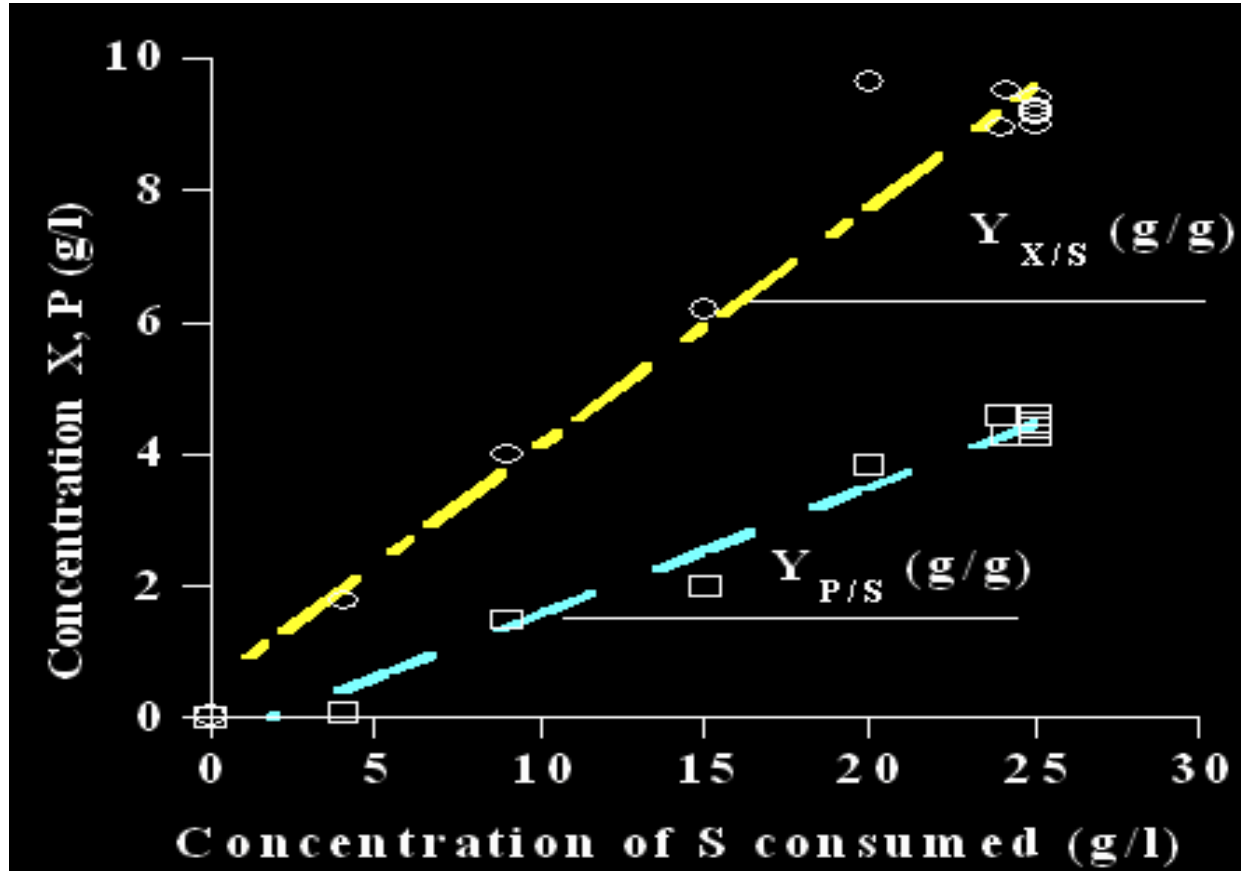
Παραγόμενο μεταβολικό προϊόν ανά μονάδα υποστρώματος (g/g)

$$Y_{P/S} = \frac{P}{S_0 - S} \quad (18)$$



Κυτταρική Αύξηση και Απόδοση 4/5

Γραφική Απεικόνιση των Συντελεστών Βιομετατροπής μιας Ζύμωσης





Κυτταρική Αύξηση και Απόδοση 5/5

Τιμές τις οποίες παίρνουν οι συντελεστές

- Απόδοσης Βιομάζας (YX/S)
- Μεταβολικού Προϊόντος (YP/S)
 - Συνήθως < 1.0 g/g
- Εξαρτώμενες από:
 - ποσοστό (% , wt/wt) άνθρακα του υποστρώματος
 - βιοχημικό σχήμα διεργασίας
 - ΠΑΝΤΟΤΕ στο τέλος της ζύμωσης

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΑΝΘΡΑΚΑ

Input C > Output C



Ισοζύγιο Υποστρώματος Κλειστής Καλλιέργειας 1/3

$$E + Cr = S + \frac{d}{dt} [\quad] \quad (1)$$

$$- r_S''' \cdot V = \frac{d [S \cdot V]}{dt} \quad (19)$$



Ισοζύγιο Υποστρώματος Κλειστής Καλλιέργειας 2/3

Όπου:

r_s ''' σε g/l·h η ταχύτητα κατανάλωσης υποστρώματος ανά μονάδα όγκου (V) σε l (V = όγκος βιοαντιδραστήρα)

Δεδομένου:

- Της μη εισόδου ή εξόδου υλικού από το βιοαντιδραστήρα
- $V = ct$

$$- r_s''' = \frac{dS}{dt} \quad (20)$$



Ισοζύγιο Υποστρώματος Κλειστής Καλλιέργειας 3/3

- Ειδική ταχύτητα (ειδικός ρυθμός) κατανάλωσης υποστρώματος (V_s ή q_s) ορίζεται ως η ταχύτητα κατανάλωσης υποστρώματος ανά μονάδα όγκου (r_s''') διαιρουμένη με την αντίστοιχη ποσότητα βιομάζας X .

$$q_s = V_s = \frac{r_s'''}{X} \quad (21)$$

(g καταναλωθέντος υποστρώματος / g βιομάζας h, ή αλλιώς g/g·h)



Ισοζυγίο Μεταβολικού Προϊόντος Κλειστής Καλλιέργειας 1/3

$$E + Cr = S + \frac{d [\quad]}{dt} \quad (1)$$

$$r_P''' \cdot V = \frac{d [P \cdot V]}{dt} \quad (22)$$



Ισοζυγίο Μεταβολικού Προϊόντος Κλειστής Καλλιέργειας 2/3

Όπου:

r_p''' σε $g/l \cdot h$ η ταχύτητα παραγωγής μεταβολικού προϊόντος ανά μονάδα όγκου (V) σε l (V =όγκος βιοαντιδραστήρα)

$$r_p''' = \frac{dP}{dt} \quad (23)$$



Ισοζυγίο Μεταβολικού Προϊόντος Κλειστής Καλλιέργειας 3/3

- Ειδική ταχύτητα (ειδικός ρυθμός) παραγωγής μεταβολικού προϊόντος (πρ ή q_p) ορίζεται ως η ταχύτητα παραγωγής μεταβολικού προϊόντος ανά μονάδα όγκου (r_p''') διαιρουμένη με την αντίστοιχη ποσότητα βιομάζας X.

$$q_p = \pi_p = \frac{r_p'''}{X} \quad (24)$$

(g παραχθέντος προϊόντος / g βιομάζας h, ή αλλιώς g/g·h)



Υπολογισμοί στους Βιοαντιδραστήρες 1/8

Επίσης Ισχύουν οι Σχέσεις:

$$Y_{X/S} = \frac{\Delta X}{\Delta S} = \frac{dX}{dS}$$

$$\Rightarrow Y_{X/S} = \frac{dX}{dS} \cdot \frac{dt}{dt} \Rightarrow \frac{dX}{dt} = \frac{dS}{dt} \cdot Y_{X/S}$$

Όπου:

$Y_{X/S}$ ο συντελεστής απόδοσης βιομάζας (g/g),

S η συγκέντρωση του περιοριστικού παράγοντα της αύξησης (g/l)

X η συγκέντρωση βιομάζας (g/l)

μ ο ειδικός ρυθμός αύξησης (h⁻¹)



Υπολογισμοί στους Βιοαντιδραστήρες 2/8

- Η χρήση των πρόσχημων στο ισοζύγιο αποδίδει τελικώς στην κάτωθι σχέση:

$$-\frac{dS}{dt} = \frac{\mu \cdot X}{Y_{X/S}}$$



Υπολογισμοί στους Βιοαντιδραστήρες 3/8

- Σε ορισμένες περιπτώσεις υπεισέρχεται και ο παράγοντας της «ενέργειας συντήρησης» των κυττάρων (energy of maintenance).

$$-\frac{dS}{dt} = \frac{dx}{dt} \cdot \frac{1}{Y_{x/s}} + m_s \cdot x$$



Υπολογισμοί στους Βιοαντιδραστήρες 4/8

Επίσης Ισχύουν οι Σχέσεις:

$$Y_{P/S} = \frac{\Delta P}{\Delta S} = \frac{dP}{dS}$$

$$\Rightarrow Y_{P/S} = \frac{dP}{dS} \cdot \frac{dt}{dt} \Rightarrow \frac{dP}{dt} = \frac{dS}{dt} \cdot Y_{P/S}$$

Όπου:

$Y_{P/S}$ ο συντελεστής απόδοσης προϊόντος (g/g),

S η συγκέντρωση του περιοριστικού παράγοντα της αύξησης (g/l)

P η συγκέντρωση προϊόντος (g/l)



Υπολογισμοί στους Βιοαντιδραστήρες 5/8

- Η χρήση των πρόσχημων στο ισοζύγιο αποδίδει τελικώς στην κάτωθι σχέση:

$$-\frac{dS}{dt} = \frac{dP}{dt} \cdot \frac{1}{Y_{P/S}} = q_p \cdot X \cdot \frac{1}{Y_{P/S}}$$



Υπολογισμοί στους Βιοαντιδραστήρες 6/8

- Εφαρμόζοντας τα ισοζύγια μάζας για τη βιομάζα, το υπόστρωμα και το μεταβολικό προϊόν, και κάνοντας τους καταλλήλους μετασχηματισμούς, λαμβάνουμε το εξής σύστημα διαφορικών εξισώσεων:

$$\frac{dX}{dt} = \mu \cdot X$$

$$-\frac{dS}{dt} = \mu \cdot X \cdot \frac{1}{Y_{X/S}} + q_P \cdot X \cdot \frac{1}{Y_{P/S}} + m_S \cdot X$$

$$\frac{dP}{dt} = q_P \cdot X$$



Υπολογισμοί στους Βιοαντιδραστήρες 7/8

$$\frac{dX}{dt} = f(\mu_{\max})$$

$$-\frac{dS}{dt} = f\left(\mu_{\max} Y_{X/S} q_{P_{\max}} Y_{P/S}\right) \quad (24)$$

$$\frac{dP}{dt} = f(q_{P_{\max}})$$



Υπολογισμοί στους Βιοαντιδραστήρες 8/8

- Προκειμένου να επιλυθεί προσεγγιστικά το ανωτέρω σύστημα, μπορούν να εφαρμοστούν διάφορες μέθοδοι αριθμητικής ολοκλήρωσης.
(Runge-Kutta, Burlisch-Stoer, Mid Point)
- Η «καρδιά» του προτύπου (μοντέλου) είναι η έκφραση των ειδικών ρυθμών μ & q .



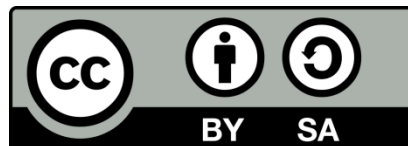
Βιβλιογραφία

- 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.





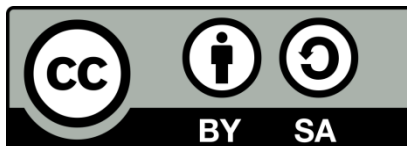
Σημείωμα Αναφοράς

- 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.