

10^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας στη βιομηχανία

Εισαγωγή

• Ποιά είναι η σημασία των μικροοργανισμών στην παραγωγή προϊόντων εμπορικής αξίας; Ποια είναι τα παραδοσιακά προϊόντα και με ποια διαδικασία παράγονταν;

Οι μικροοργανισμοί βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή στη βιομηχανία όπου χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα για να παράγουν προϊόντα εμπορικής αξίας. Στις παλαιότερες εφαρμογές περιλαμβάνεται η παραγωγή μπίρας και κρασιού με αλκοολική ζύμωση.

• Ποιά άλλα προϊόντα παράγονται στην βιομηχανία με τη διαδικασία της βιοτεχνολογίας; Ακολούθησε η παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων, αντιβιοτικών, ενζύμων και άλλων χημικών ουσιών.

• Ποιός είναι ο κυριότερος παράγοντας για επιτυχημένη βιομηχανική παραγωγή; Σε όλες αυτές τις διαδικασίες γινόταν προσπάθεια να παραχθεί το προϊόν που ενδιαφέρει σε μεγάλη ποσότητα, δηλαδή να υπάρχει υψηλή απόδοση.

• Με ποιές παραδοσιακές μεθόδους γινόταν κατά το παρελθόν αποδοτικότερη η βιομηχανική παραγωγή με τη διαδικασία της βιοτεχνολογίας;

Αυτό γινόταν με δύο μεθόδους:

1) Τη γενετική βελτίωση των οργανισμών με παραδοσιακό τρόπο (επιλογή στελεχών με υψηλή απόδοση και διασταυρώσεις).

2) Τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας που ακολουθείται για την παραγωγή του προϊόντος.

• Με ποιά διαδικασία της βιοτεχνολογίας γίνεται σήμερα αποδοτικότερη η βιομηχανική παραγωγή;

Σήμερα η Βιοτεχνολογία έρχεται να συμβάλει στις παραδοσιακές μεθόδους. Έτσι με την τεχνολογία του ανασυνδυασμένου DNA δημιουργήθηκαν **γενετικά τροποποιημένοι μικροοργανισμοί** που παράγουν προϊόντα με βελτιωμένες ιδιότητες.

• Ποιά είναι τα πλεονεκτήματα των γενετικά τροποποιημένοι μικροοργανισμών για την παραγωγή βιοτεχνολογικών προϊόντων

Οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την παραγωγή βιοτεχνολογικών προϊόντων επειδή παρουσιάζουν σειρά πλεονεκτημάτων, δηλαδή:

1) Έχουν ταχύτατο ρυθμό ανάπτυξης.

2) Μπορούν να αναπτυχθούν σε ποικιλία θρεπτικών υποστρωμάτων και συνθηκών καλλιέργειας.

3) Εμφανίζουν τεράστια ποικιλία στα μεταβολικά μονοπάτια.

4) Παράγουν, όταν καλλιεργηθούν στις κατάλληλες συνθήκες, μεγάλες ποσότητες προϊόντων.

5) Τα προϊόντα που παράγουν απομονώνονται και «καθαρίζονται» σχετικά εύκολα.

• Για ποιό λόγο η ποικιλία στα μεταβολικά μονοπάτια των μικροοργανισμών τους καθιστά κατάλληλους για την παραγωγή βιοτεχνολογικών προϊόντων;

Εμφανίζουν τεράστια ποικιλία στα μεταβολικά μονοπάτια και κατά συνέπεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή πολλών ειδών προϊόντων.

- Για ποιό λόγο τα προϊόντα που παράγουν οι μικροοργανισμοί απομονώνονται και «καθαρίζονται» σχετικά εύκολα;

Τα προϊόντα που παράγουν απομονώνονται και «καθαρίζονται» σχετικά εύκολα, επειδή τα περισσότερα από αυτά είναι εξωκυτταρικά, δηλαδή εκκρίνονται στο θρεπτικό υλικό.

Η Βιομάζα είναι ένα από τα προϊόντα των μικροβιακών ζυμώσεων

- Τι ονομάζεται βιομάζα; (βλ. ορισμό στο κεφάλαιο 7)

Βιομάζα ονομάζονται τα προϊόντα της ζύμωσης και είναι:

- 1) είτε τα ίδια τα κύτταρα των μικροοργανισμών. Η μικροβιακή βιομάζα αποτελείται από μεγάλο αριθμό κυττάρων των μικροοργανισμών που έχουν παραχθεί σε βιοαντιδραστήρες.
- 2) είτε προϊόντα των κυττάρων όπως πρωτεΐνες και αντιβιοτικά. Η βιομάζα περιέχει μεγάλη ποσότητα πρωτεϊνών και άλλων θρεπτικών συστατικών και χρησιμοποιείται ως τροφή από τον άνθρωπο ή τα ζώα.

- Ποιά πλεονεκτήματα παρουσιάζει η παραγωγή βιομάζας;

Η παραγωγή βιομάζας παρουσιάζει πλεονεκτήματα όπως:

- 1) χαμηλό κόστος,
- 2) προστασία του περιβάλλοντος,
- 3) υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη,
- 4) γρήγορη και ελεγχόμενη παραγωγή και
- 5) απαίτηση σχετικά μικρού χώρου για την παραγωγή της.

- Ποιά είναι η παλαιότερη εφαρμογή παραγωγής βιομάζας;

Η παραγωγή μαγιάς αρτοποιίας (ζυμομυκήτων) αποτελεί την παλαιότερη εφαρμογή παραγωγής βιομάζας. Η μαγιά παράγεται σε βιομηχανική κλίμακα από τις αρχές του 20ού αιώνα.

Ζύμες (ζυμομύκητες)

- Τι είναι οι ζύμες (ή ζυμομύκητες);

Οι ζύμες είναι μία ομάδα μονοκύτταρων μυκήτων (που είναι ευκαρυωτικοί οργανισμοί).

- Ποιά είναι τα χαρακτηριστικά των ζυμών;

- 1) Πολλαπλασιάζονται ταχύτατα κάτω από αερόβιες συνθήκες,
- 2) Απουσία O_2 (δηλαδή σε αναερόβιες συνθήκες) μετατρέπουν τη γλυκόζη σε αιθυλική αλκοόλη.

- Πού χρησιμοποιούνται οι ζύμες;

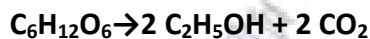
Αποτελούν την πιο σημαντική και ευρύτερα χρησιμοποιούμενη κατηγορία μικροοργανισμών στη βιομηχανία.

- 1) Καλλιεργούνται με σκοπό την παραγωγή ζύμης αρτοποιίας (μαγιά),
- 2) τη χρήση τους στις αντιδράσεις αλκοολικής ζύμωσης και
- 3) την παραγωγή διάφορων προϊόντων όπως οι βιταμίνες C και D.

- Πού παράγεται η ζύμη αρτοποιίας;
Η ζύμη αρτοποιίας παράγεται ύστερα από ανάπτυξη αρχικής καλλιέργειας μυκήτων σε βιοαντιδραστήρες και χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή του ψωμιού.
- Ποιά είναι τα στάδια παραγωγής ζύμης αρτοποιίας;
Η πρώτη ύλη για την παρασκευή ψωμιού είναι το αλεύρι, που περιέχει σε μεγάλες ποσότητες άμυλο.
 - 1) Διάσπαση του αμύλου σε μαλτόζη (δισακχαρίτης που αποτελείται από 2 μόρια γλυκόζης) και γλυκόζη (μονοσακχαρίτης) από τα ένζυμα που περιέχονται στους κόκκους του σιταριού.
 - 2) Στη συνέχεια προστίθενται μύκητες σε αναερόβιες συνθήκες, που διασπούν αναερόβια τη γλυκόζη σε αιθανόλη και απελευθερώνουν CO₂ (βλ. αλκοολική ζύμωση).
 - 3) Το παραγόμενο CO₂ διογκώνει τη ζύμη, η οποία φουσκώνει. Η αιθανόλη που παράγεται κατά την αλκοολική ζύμωση εξατμίζεται στο ψήσιμο του ψωμιού.
- Ποιό είδος μυκήτων χρησιμοποιείται για την παραγωγή ζύμης;
Για τη διάσπαση της γλυκόζης χρησιμοποιούνται κυρίως μύκητες του είδους *Saccharomyces cerevisiae*, επειδή παράγουν μεγάλες ποσότητες CO₂ (βλ. παρακάτω).

Η αλκοολική ζύμωση είναι μία αντίδραση που χρησιμοποιείται για την παραγωγή κρασιού και μπύρας

- Τι ονομάζεται αλκοολική ζύμωση;
Η αλκοολική ζύμωση είναι η διαδικασία παραγωγής αιθυλικής αλκοόλης και διοξειδίου του άνθρακα από τη διάσπαση σακχάρων, όπως η γλυκόζη, σύμφωνα με την αντίδραση:



- Ποιό είδος μυκήτων χρησιμοποιείται για την παραγωγή ζύμης;
Τη σειρά αυτή των βιοχημικών αντιδράσεων την πραγματοποιούν ορισμένα είδη ζυμών όπως ο *Saccharomyces cerevisiae*.
- Πού βρίσκει γενικά εφαρμογή η αλκοολική ζύμωση;
Η αλκοολική ζύμωση έχει εφαρμογή:
 - 1) στη βιομηχανική παραγωγή αλκοόλης για χρησιμοποίηση της ως βιοκαύσιμο και
 - 2) στην παραγωγή των αλκοολούχων ποτών.
- Πώς γίνεται η παραγωγή αλκοόλης για βιοκαύσιμο;
 - 1) Χρησιμοποίηση στη Βραζιλία και στις ΗΠΑ φθηνών πρώτων υλών, όπως:
 - α) μελάσα, υποπροϊόν παραγωγής ζάχαρης που περιέχει γλυκόζη και φρουκτόζη
 - β) αραβόσιτο που περιέχει άμυλο
 - 2) Μετατροπή των παραπάνω ουσιών παρουσία του μύκητα *Saccharomyces cerevisiae* σε αιθανόλη
 - 3) Η αιθανόλη που παράγεται με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιείται σε μείγμα με βενζίνη ως καύσιμο αυτοκινήτων.
- Ποιές είναι οι σημαντικότερες εφαρμογές της αλκοολικής ζύμωσης για την παραγωγή αλκοολούχων ποτών;

- 1) Το κρασί, το οποίο παράγεται με ζύμωση των σακχάρων του σταφυλιού και
- 2) Η μπίρα, η οποία παράγεται με ζύμωση των σακχάρων που περιέχονται στους σπόρους διάφορων σιτηρών.

- *Ποιά είναι η πρώτη ύλη για την παραγωγή κρασιού;*

Στην Ευρώπη για την παραγωγή κρασιού χρησιμοποιούνται ποικιλίες αμπέλου που ανήκουν στο είδος *Vitis vinifera*.

- *Ποιά είναι τα στάδια παραγωγής κρασιού;*

1) Τα σταφύλια συλλέγονται όταν ωριμάσουν, οπότε και η συγκέντρωση των σακχάρων είναι αρκετά υψηλή. Στη συνέχεια συνθλίβονται με μηχανικό τρόπο και παράγεται ο μούστος, που είναι πλούσιος σε σάκχαρα.

2) Η ζύμωση του μούστου γίνεται σε δύο στάδια.

α) Στο αρχικό στάδιο ο μύκητας αναπτύσσεται κάτω από αερόβιες συνθήκες.

β) Όταν εξαντληθεί το οξυγόνο που περιέχεται στο μούστο, αναστέλλεται η ανάπτυξη του μύκητα και αρχίζει η αναερόβια μετατροπή των σακχάρων σε αιθυλική αλκοόλη.

3) Ολοκλήρωση της ζύμωσης. Οι ζύμες όμως δεν μπορούν να επιβιώσουν σε συγκέντρωση αλκοόλης μεγαλύτερη από 14%, έτσι με την αύξηση της συγκέντρωσης της αλκοόλης στο μούστο ολοκληρώνεται η ζύμωση.

- *Ποιές είναι οι ιδανικές συνθήκες αλκοολικής ζύμωσης;*

Η διαδικασία της ζύμωσης πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 21-24°C, διότι οι ζύμες αδρανοποιούνται σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες.

- *Ποιά συγκεκριμένα είδη *Saccharomyces* χρησιμοποιούνται για την παραγωγή κρασιού;*

Η ζύμωση πραγματοποιείται:

1) είτε από μύκητες φυσικού τύπου, που υπάρχουν στα σταφύλια όταν αυτά συλλέγονται,

2) είτε από ειδικούς μύκητες που αναπτύσσονται σε εργαστηριακή καλλιέργεια. Οι τελευταίοι μπορούν και αναπτύσσονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση αλκοόλης από τους φυσικούς.

- *Από ποιούς παράγοντες εξαρτάται η ποιότητα του κρασιού;*

Η ποιότητα του κρασιού που παράγεται εξαρτάται από:

1) την ποικιλία της αμπέλου που χρησιμοποιείται,

2) το συγκεκριμένο είδος του ζυμομύκητα που πραγματοποίησε την αλκοολική ζύμωση και

3) από τις συνθήκες ζύμωσης.

- *Ποιές είναι οι διαφορές μεταξύ κόκκινων και λευκών κρασιών;*

Γενικά, τα κόκκινα κρασιά έχουν υψηλότερη συγκέντρωση αλκοόλης και περισσότερο άρωμα από τα λευκά.

- *Ποιά είναι η πρώτη ύλη για την παραγωγή μπίρας;*

Η πρώτη ύλη για την παραγωγή μπίρας είναι οι σπόροι κριθαριού και σε μερικές περιπτώσεις σιταριού.

- Ποιά είναι τα στάδια παραγωγής μπίρας;

1) Διέγερση βλάστησης των σπόρων.

Οι σπόροι επωάζονται σε συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας που ευνοούν τη μερική βλάστηση, οπότε το άμυλο το οποίο περιέχουν μετατρέπεται σε σάκχαρα όπως η μαλτόζη.

2) Τερματισμός βλάστησης.

Η διαδικασία της βλάστησης τερματίζεται με θέρμανση στους 80°C.

3) Έκθλιψη σπόρων και εκχύλιση σακχάρων από αυτούς.

Οι σπόροι στη συνέχεια σπάνε μηχανικά και τα σάκχαρα εκχυλίζονται με ζεστό νερό.

4) Προσθήκη λυκίσκου.

Στο εκχύλισμα προστίθεται λυκίσκος, βότανο με αντιμικροβιακές ιδιότητες, που προσδίδει άρωμα στο ποτό,

5) Συμπύκνωση εκχυλίσματος.

Στη συνέχεια το εκχύλισμα συμπυκνώνεται με βρασμό.

6) Στάδιο ζύμωσης.

Η ζύμωση των σακχάρων που περιέχονται στο εκχύλισμα πραγματοποιείται με τη βοήθεια μυκήτων. Τα προϊόντα της αναερόβιας ζύμωσης είναι η αιθανόλη, που φτάνει σε τελική συγκέντρωση 3,5-8% και το CO₂.

Τα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι προϊόντα ζυμώσεων

- Από τι εξαρτάται η παραγωγή διαφορετικών ειδών γαλακτοκομικών προϊόντων;

Η ζύμωση των σακχάρων του γάλακτος παράγει μεγάλη ποικιλία προϊόντων. Τα διαφορετικά είδη προϊόντων εξαρτώνται από:

- 1) τη σύνθεση και προέλευση του γάλακτος (πλήρες ή ημιαποβουτυρωμένο, από αιγοπρόβατα ή βοοειδή κτλ.),
- 2) το είδος των μικροοργανισμών,
- 3) συνθήκες ζύμωσης και
- 4) τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται.

- Ποιά είναι η χαρακτηριστική αντίδραση ζύμωσης για την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων;

Η χαρακτηριστική αντίδραση ζύμωσης αφορά τη μετατροπή των σακχάρων, όπως της γλυκόζης, που περιέχονται στο γάλα σε γαλακτικό οξύ.



- Ποιά είναι η χρησιμότητα του γαλακτικού οξέος;

Η παραγωγή του γαλακτικού οξέος μειώνει το pH του προϊόντος δίνοντας τη δυνατότητα συντήρησης του για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Γιαούρτι

- Τι είναι το γιαούρτι και από πού παρασκευάζεται;

Το γιαούρτι είναι προϊόν ζύμωσης του γάλακτος. Για την παρασκευή του μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι γάλακτος όπως το πλήρες, το ημιαποβουτυρωμένο κτλ.

- **Ποιά είναι τα στάδια παραγωγής του γιαουρτιού;**
 - 1) Παστερίωση του γάλακτος.
Το γάλα που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή γιαουρτιού αρχικά παστεριώνεται (στους 72°C για 15 λεπτά), για να καταστραφούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που περιέχονται σε αυτό.
 - 2) Ζύμωση του παστεριωμένου γάλακτος με προσθήκη στην καλλιέργεια μικροοργανισμών, όπως του γένους *Lactobacillus* και *Streptococcus*.
- **Ποιός είναι ο ρόλος των βακτηρίων του γένους *Lactobacillus* και *Streptococcus*;**
 - 1) Οι μικροοργανισμοί μετατρέπουν τη λακτόζη (δισακχαρίτης) του γάλακτος σε γαλακτικό οξύ, μειώνοντας το pH του γάλακτος σε 5,5 και προσδίδουν στο γιαούρτι τη χαρακτηριστική κρεμώδη υφή.
 - 2) Οι μικροοργανισμοί αυτοί παράγουν επίσης αιθανάλη (ακεταλδεΐδη), που προσδίδει χαρακτηριστικό άρωμα στο γιαούρτι.
- **Ποιές είναι οι ιδανικές συνθήκες της γαλακτικής ζύμωσης ;**
Για την πραγματοποίηση των παραπάνω αντιδράσεων το γάλα επωάζεται για 12 ώρες στους 32°C.
- **Ποιά είναι τα πλεονεκτήματα του γιαουρτιού;**
Εκτός από τη θρεπτική αξία του, το γιαούρτι προσφέρει τη δυνατότητα αξιοποίησης των πλεονασμάτων γάλακτος, αφού είναι ένα προϊόν με υψηλή θρεπτική αξία, που μπορεί να διατηρηθεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ότι το γάλα.

Άλλα προϊόντα μικροβιακών ζυμώσεων

- **Πού βρίσκουν εφαρμογή άλλα προϊόντα μικροβιακών ζυμώσεων;**
Εκτός από την παραγωγή βιομάζας, τροφίμων και αιθανόλης, οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούνται για την παραγωγή και άλλων προϊόντων, όπως:
 - i) ενζύμων, ii) αντιβιοτικών, iii) προσθέτων τροφίμων κτλ.,
 τα οποία έχουν εφαρμογές:
 - 1) στη βιομηχανία των τροφίμων,
 - 2) στην Ιατρική,
 - 3) στην Αναλυτική Χημεία,
 - 4) στην έρευνα, κτλ
- **Από πού εξαρτάται η φύση των προϊόντων τα οποία παράγονται κατά τη ζύμωση;**
Τα προϊόντα αυτά τα οποία παράγονται κατά τη ζύμωση εξαρτώνται από:
 - 1) Το συγκεκριμένο οργανισμό.
 - 2) Τις συνθήκες της ζύμωσης (θρεπτικό υλικό, θερμοκρασία, pH, O₂).
 - 3) Τη φάση ανάπτυξης της καλλιέργειας.
- **Πώς επιτυγχάνεται η παραγωγή προϊόντων σε μεγάλες ποσότητες;**
Το σύνολο των προϊόντων που παράγονται από τους οργανισμούς φυσικού τύπου είναι σε μικρές συνήθως ποσότητες που όμως επαρκούν για να καλύψουν τις μεταβολικές ανάγκες τους.

Είναι όμως προφανές ότι για να είναι πρακτικά χρήσιμος ένας μικροοργανισμός, πρέπει να παράγει προϊόντα, όπως ένζυμα ή αντιβιοτικά, σε μεγάλες ποσότητες.

Αυτό επιτυγχάνεται με δύο κυρίως τρόπους:

- 1) με τη ρύθμιση των συνθηκών της καλλιέργειας και
- 2) με τη γενετική τροποποίηση των οργανισμών.

Παραγωγή ενζύμων

- Από ποιά κατηγορία οργανισμών παράγονται τα περισσότερα ένζυμα;

Εκτός από μικρό αριθμό ενζύμων που παράγονται από ζωικά και φυτικά κύτταρα τα περισσότερα ένζυμα παράγονται από μικροοργανισμούς. Οι μικροοργανισμοί έχουν τη δυνατότητα παραγωγής μεγάλων ποσοτήτων ενζύμων.

- Τι είδους ένζυμα παράγουν οι μικροοργανισμοί;

Τα περισσότερα από τα ένζυμα που παράγουν οι μικροοργανισμοί είναι εξωκυτταρικά, δηλαδή εκκρίνονται έξω από το κύτταρο.

- Ποιά είναι σημασία από το γεγονός ότι τα περισσότερα παραγόμενα ένζυμα είναι εξωκυτταρικά;

Το γεγονός αυτό είναι σημαντικό, γιατί:

- 1) απλοποιεί τη διαδικασία και μειώνει κατά συνέπεια το κόστος απομόνωσης και καθαρισμού των ενζύμων.
- 2) επιπρόσθετα, επειδή οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται σε ποικιλία περιβαλλοντικών συνθηκών, είναι δυνατή η παραγωγή ενζύμων που παραμένουν λειτουργικά σε ακραίες συνθήκες, όπως σε υψηλή θερμοκρασία.

