



Άσκηση 13^η

ΤΜΗΜΑ ΟΙΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΟΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΖΥΜΩΣΕΩΝ

ΤΙΤΛΟΣ: Παραγωγή αιθανόλης με ζύμωση στερεάς φάσης

ΣΚΟΠΟΣ:

Η θεματική ενότητα αυτή αποσκοπεί να καταστήσει το σπουδαστή ικανό να παράγει προϊόντα με ζύμωση στερεάς φάσης.

ΣΤΟΧΟΙ:

Με την ολοκλήρωση της θεματικής ενότητας ο σπουδαστής θα είναι σε θέση να :

1. διεξάγει ζυμώσεις στερεάς φάσης
2. μελετά την κινητική παραγωγής βακτηριακής κυτταρίνης
3. γνωρίζει εναλλακτικούς τρόπους αξιοποίησης οινολογικών αποβλήτων

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΘΕΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Η ζύμωση στερεάς φάσης (solid state fermentation) ή SSF είναι ένα είδος ζύμωσης που έχει χρησιμοποιηθεί για αιώνες και χρησιμοποιείται κυρίως σήμερα. Είναι η καλλιέργεια των οργανισμών σε στερεές πρώτες ύλες με αρκετή υγρασία (κυρίως μύκητες) ελλείπει του νερού ελεύθερης ροής, όπως είναι τα σιτάρια, τα φασόλια ή το πύουρο σίτου, το ρύζι, το καλαμπόκι. Η μικροβιακή ανάπτυξη και η σύνθεση του προϊόντος εμφανίζεται στις επιφάνειες στερεών υποστρωμάτων. Τέτοιου είδους ζυμώσεις περιλαμβάνουν ένα μεγάλο αριθμό από γνωστές μικροβιολογικές διεργασίες, όπως η ανάπτυξη μικροοργανισμών στο έδαφος, η βιολιπασματογένεση, η αποσύνθεση του ξύλου, η ανάπτυξη σε διάφορες επιφάνειες στερεών, η καλλιέργεια μανιταριών, η παραγωγή τροφίμων όπως άρτου, τυριών, αλλαντικών κλπ, και η παραγωγή διαφόρων παραδοσιακών τροφίμων της Άπω Ανατολής. Αυτή είναι μια εναλλακτική λύση στην καλλιέργεια των μικροοργανισμών από τους υγρούς θρεπτικούς ζωμούς (submerged fermentation) ή (καταδυόμενη ζύμωση), η οποία είναι το κύριο μέσο εργασίας της βιομηχανίας ζύμωσης στη δύση. Οι ζυμώσεις της στερεάς φάσης διαφέρουν ως προς τις βυθιζόμενες ζυμώσεις από το γεγονός ότι η μικροβιακή καλλιέργεια και η παραγωγή του προϊόντος εμφανίζονται στην επιφάνεια σε περιοχές στερεών υλικών με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία.

Περιληπτικές σημειώσεις

Η SSF χρησιμοποιείται σήμερα για να παρασκευάζουμε τρόφιμα όπως η σάλτσα σόγιας και τα μανιτάρια. Οι παραδοσιακές διαδικασίες στερεάς κατάστασης ζύμωσης που είναι ακόμα σε χρήση περιλαμβάνουν σήμερα τις ασιατικές ζυμώσεις τροφίμων, όπως το miso, το sufu, το tempeh, και την αιθανόλη που παράγεται από το σόργο, την κατασκευή καστανού ωριμασμένου τυριού, το λίπασμα και τις ζυμώσεις με ζύμες. Στην Ιαπωνία, είναι η κύρια τεχνολογία που χρησιμοποιείται για να παράγουν ένζυμα. . Είναι

επίσης γνωστή ως koji (ιαπωνικά), ή Qu (κινεζικά). Η παραγωγή πενικιλίνης στις Η.Π.Α. κατά τη διάρκεια του δεύτερου παγκόσμιου πολέμου βασίστηκε στη ζύμωση στερεάς φάσης. Εντούτοις, μετά από τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο η ζύμωση στερεάς φάσης εγκαταλείφθηκε στη δύση, επειδή τα προβλήματα ελέγχου διεργασίας λύθηκαν γρηγορότερα στα καταδυόμενα συστήματα ζύμωσης (submerged fermentation). Πρόσφατα η ζύμωση στερεάς φάσης χρησιμοποιήθηκε στη δύση για να προσδιορίσει τους βιολογικούς παράγοντες ελέγχου των παρασίτων για τη γεωργία. Η δυτική βιομηχανία τροφίμων αναπτύσσει ένα ενδιαφέρον για τη ζύμωση στερεάς φάσης επειδή έχει πλεονεκτήματα στην παραγωγή ορισμένων τροφίμων και συστατικών τροφίμων και επειδή διασφαλίζεται η υγιεινή των τροφίμων αυτών.

Η SSF έχει χρησιμοποιείται συνήθως για την παραγωγή τροφίμων προστιθέμενης αξίας όπως τα αντιβιοτικά και τα αλκακαλοειδή, για την παραγωγή βιολογικών καυσίμων, ενζύμων, οργανικών οξέων, αρωματικών ενώσεων, τη βιολογική αποτοξίνωση των αγροβιομηχανικών υπολειμμάτων, το θρεπτικό εμπλουτισμό και για βιοφαρμακευτικά προϊόντα.

Σε πολλές περιπτώσεις οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται στη ζύμωση στερεάς φάσης είναι μύκητες, επειδή αυτοί είναι ιδανικά ταιριασμένοι για να αποικίσουν και να διαπεράσουν τα στερεά μόρια. Οι μύκητες είναι πολύ αποδοτικοί παραγωγοί ενζύμων, μπορούν να παράγουν αρώματα, να προάγουν ενδιαφέρουσες ουσίες στη βιομηχανία τροφίμων και μπορούν να ενεργήσουν ως φυσικοί αντίπαλοι στα παράσιτα στη γεωργία. Κάποια παραδείγματα είναι ο *aspergillus oryzae* που χρησιμοποιείται στην παραγωγή σάλτσας σόγιας. Ο *rhizopus oligosporus* που χρησιμοποιείται για να κάνει το ινδονησιακό Tempoh ή το ινδικό ragi από τους βρασμένους στον ατμό και ραγισμένους σπόρους οσπρίων, ο *penicillium roquefortii* που χρησιμοποιείται ως εμβόλιο σε διάτρητο φρέσκο τυρί για να φτιάξει το τυρί roquefort, ο *Agaricus Bisporus* χρησιμοποιημένος ως εδωδιμο μανιτάρι, ο *Coniothyrium minitans* που χρησιμοποιείται ως βιολογικός παράγοντας ελέγχου παρασίτων και άλλοι.

Εκτός από τις παραδοσιακές SSF έχουν εφευρεθεί και νέες ζυμώσεις SSF. Παραδείγματος χάριν, υπολογίζεται ότι έχει εκσυγχρονιστεί σχεδόν το ένα τρίτο των βιομηχανικών διαδικασιών της SSF και της koji στην Ιαπωνία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή μεγάλης κλίμακας κιτρικών οξέων. Το παραδοσιακό koji παρασκευαζόταν σε μικρούς ξύλινους και από μπαμπού δίσκους. Σήμερα παρασκευάζεται με σταθερές ζυμώσεις σε fix bed ζυμώσεις, σε αντιδραστήρες περιστρεφόμενων τύμπανων, και σε αυτοματοποιημένους ανοξειδωτους χαλύβδινους αντιδραστήρες έως και 20 τόνων.

Επιπλέον, νέες εφαρμογές SSF έχουν προταθεί για την παραγωγή των αντιβιοτικών, των δευτερευόντων μεταβολιτών ή των εμπλουτισμένων τροφίμων. Η ζύμωση στερεάς φάσης χρησιμοποιείται επίσης για την παραγωγή ενζύμων (πχ μέθοδος koji), για την παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών (παραγωγή κιτρικού οξέως με το μύκητα *niger* σε αδρανή υλικά τα οποία έχουν εμποτιστεί με μελάσα ή σακχαρόζη), για παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών (αντιβακτηριακοί παράγοντες έχουν με στελέχη των μυκήτων *Rhizopus* και *Actionomucor* οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην παραδοσιακή παραγωγή ζυμωμένων τροφίμων.

Γιατί χρησιμοποιείται η solid state fermentation

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η solid state fermentation είναι τα ακόλουθα:

- Υψηλότερη παραγωγή προϊόντων
- Καλύτερη ποιότητα των προϊόντων
- Φτηνότερη αποκατάσταση προϊόντων
- Φτηνότερη τεχνολογία

Τα πρώτα δύο πλεονεκτήματα έχουν καταδειχθεί για τα ένζυμα και τις γεύσεις των τροφίμων. Είναι επίσης αρκετά προφανείς για τα μυκητιακά σπόρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιολογικοί παράγοντες ελέγχου παρασίτων στη γεωργία: Πολλοί μύκητες είτε δεν παράγουν υψηλούς αριθμούς σπορίων στις υγρές καλλιέργειες ή παράγουν μόνο σπόρια τα οποία δεν μπορούν να επιζήσουν στις υγρές απαιτήσεις για αποθήκευση ή στις συνθήκες για καλλιέργεια. Η φτηνότερη αποκατάσταση προϊόντων είναι μια άμεση συνέπεια του περιορισμένου ποσού ύδατος στην στερεά καλλιέργεια. Η αξίωση για τη φτηνότερη τεχνολογία ισχύει για μερικά προϊόντα. Σαφή παραδείγματα είναι κάποια ασιατικά τρόφιμα όπως η σάλτσα σόγιας και κάποια ευρωπαϊκά προϊόντα όπως τα μανιτάρια. Αυτά τα προϊόντα επιτρέπουν τη χρήση φτηνών ζυμωτήρων, που δεν επιτρέπουν τις στείρες καλλιέργειες γιατί γίνονται με τους πολύ ταχέως αναπτυσσόμενους μύκητες ή τις πρώτες ύλες που δεν υποστηρίζουν την αύξηση των ανεπιθύμητων μικροοργανισμών. Εντούτοις, αυτά τα συστήματα δεν επιτρέπουν την καλλιέργεια των χαμηλής ταχύτητας παραγωγής μυκήτων σε πλούσια υποστρώματα όπως είναι τα σιτάρια.

Η SSF χρησιμοποιείται ακόμα για τους εξής λόγους:

1. Λιγότερες απαιτήσεις νερού (ιδιαίτερα στους θερινούς μήνες όταν το νερό είναι λιγοστό)
2. Μικρότεροι όγκοι σακχαρούχων πολτών που χρησιμοποιούνται για ζύμωση.
3. Μικρότερες ανάγκες ενέργειας . Σε μερικές περιπτώσεις η χρήση ατμού, η αποστείρωση, η μηχανική αναταραχή και ο αερισμός δεν είναι απαραίτητα.
4. Μικρότερα οικονομικά ποσά για επενδύσεις
5. Λιγότερες λειτουργικές δαπάνες και χαμηλότερες απαιτήσεις χώρου
6. Μειωμένοι όγκοι αντιδραστήρων λόγω του μικρότερου όγκου των υποστρωμάτων τα οποία χρησιμοποιούνται.
7. Ευκολότερη αποκατάσταση προϊόντων
8. Μικρότερες ποσότητες χρησιμοποιούμενου νερού και ως εκ τούτου λιγότερα προβλήματα ρύπανσης.
9. Παρόμοιες ή υψηλότερες παραγωγές από εκείνες που λαμβάνονται από τις ζυμώσεις σε υγρή φάση
10. Παρόμοιες περιβαλλοντικές συνθήκες σε εκείνες των φυσικών βιότοπων για τους μύκητες, οι οποίοι αποτελούν την κύρια ομάδα μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται στην SSF.
11. Πιο υψηλά επίπεδα αερισμού, ιδιαίτερα επαρκή σε εκείνες τις διαδικασίες που απαιτούν έναν εντατικό οξειδωτικό μεταβολισμό.

12. Ο εμβολιασμός με τα σπόρια (σε εκείνες τις διαδικασίες που χρησιμοποιούμε μύκητες) διευκολύνει την ομοιόμορφη διασπορά του εμβολίου στο υπόστρωμα.
13. Η περιεκτικότητα σε χαμηλή υγρασία μπορεί να ευνοήσει την παραγωγή κάποιων συγκεκριμένων ενώσεων που δεν μπορούν να παραχθούν ή μπορούν να είναι κακώς παραχθείσες κατά την SLF.
14. Σε μερικές περιπτώσεις, τα αποκτηθέντα προϊόντα έχουν ελαφρώς διαφορετικές ιδιότητες (π.χ. περισσότερο θερμοανθεκτικά) όταν παράγονται με SSF σε σύγκριση με την SLF.

Υπάρχουν, εντούτοις, μερικά μειονεκτήματα τα οποία παρουσιάζει η ζύμωση στερεάς φάσης :

1. Ο έλεγχος των ζυμωτήρων είναι πιο δύσκολος
2. Δεν καταλαβαίνουμε γιατί εμφανίζονται διαφορές στην παραγωγή και την ποιότητα
3. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μικροοργανισμοί που μπορούν να αναπτυχθούν μόνο σε επίπεδα χαμηλής υγρασίας.
4. Συνήθως τα υποστρώματα απαιτούν προγενέστερη επεξεργασία (μείωση μεγέθους με λείανση, τρίψιμο ή τεμαχισμό, ομογενοποίηση, φυσική, χημική ή ενζυματική υδρόλυση, μαγείρεμα ή επεξεργασία ατμού).
5. Ο προσδιορισμός της βιομάζας είναι πολύ δύσκολος.
6. Η στερεά φύση του υποστρώματος προκαλεί προβλήματα στον έλεγχο των παραμέτρων της διαδικασίας (pH, περιεκτικότητα σε υγρασία, συγκέντρωση υποστρωμάτων, οξυγόνου και βιομάζας).
7. Η αναταραχή μπορεί να είναι πολύ δύσκολη. Για αυτόν τον λόγο προτιμώνται οι στατικοί όροι.
8. Συχνή ανάγκη υψηλών όγκων εμβολίου.
9. Πολλές σημαντικές βασικές επιστημονικές πτυχές της εφαρμοσμένης μηχανικής ακόμα χαρακτηρίζονται ως φτωχές. Οι πληροφορίες για το σχεδιασμό και τη λειτουργία των βιοαντιδραστήρων σε μια μεγάλη εργοστασιακή κλίμακα είναι λιγοστές.
10. Δυνατότητα μόλυνσης από τους ανεπιθύμητους μύκητες.
11. Η αφαίρεση της θερμότητας που παράγεται από το μεταβολισμό κατά τη διάρκεια της ζύμωσης μπορεί να είναι πολύ δύσκολη.
12. Η μεταφορά της μάζας περιορίζεται κατά τη διάχυση
13. Σε κάποιες SSF ο αερισμός μπορεί να είναι δύσκολος λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης των στερεών.

Το πρώτο πρόβλημα μπορεί να λυθεί με διάφορους μεθόδους της εφαρμοσμένης μηχανικής διαδικασίας, ενώ το δεύτερο πρόβλημα απαιτεί περισσότερη γνώση σχετικά με το ίδιο του μήκητα τον οποίο προσπαθούμε. Πάντα θα πρέπει να υπάρχει στενή συνεργασία με τους μικροβιολόγους.

Σύγκριση μεταξύ της ζύμωσης στερεάς φάσης SSF και της ζύμωσης υγρής φάσης LSF.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ	Υγρή Ζύμωση υποστρωμάτων (LSF)	Στερεά Ζύμωση υποστρωμάτων (SSF)
Υποστρώματα	Διαλυτά υποστρώματα (σάκχαρα)	Πολυμερή αδιάλυτα υποστρώματα: λιγνίνη, πηκτίνη, κυτταρίνη, άμυλο
Ασηπτικές συνθήκες	Θερμική αποστείρωση και ασηπτικός έλεγχος	Επεξεργασία ατμού, μη αποστειρωμένοι όροι
Νερό	Μεγάλες ποσότητες νερού καταναλώνονται και μεγάλες ποσότητες απόβλητων απορρίπτονται στην αποχέτευση	Περιορισμένη κατανάλωση ύδατος χαμηλής ενεργότητας Κανένα απόβλητο αποχέτευσης
Μεταβολική θέρμανση	Εύκολος έλεγχος της θερμοκρασίας	Χαμηλή ικανότητα μεταφοράς θερμότητας
Αερισμός	Περιορισμός του διαλυτού οξυγόνου. Απαιτείται υψηλό επίπεδο αέρα	Εύκολος αερισμός και υψηλή αναλογία ανταλλαγής αέρα μεταξύ του αέρα και του υποστρώματος.
Έλεγχος pH	Περιορισμός του διαλυτού οξυγόνου. Το επίπεδο του αέρα που απαιτείται είναι υψηλό	Αποθηκευμένα στερεά υποστρώματα
Μηχανική ανάδευση	Καλό ομογενοποίηση	Προτιμούνται στατικές συνθήκες
Scale up	Βιομηχανικοί εξοπλισμοί διαθέσιμοι	Ανάγκη για την εφαρμοσμένη μηχανική & το νέο εξοπλισμό σχεδίου
Εμβολιασμός	Εύκολος εμβολιασμός, συνεχής διαδικασία	εμβολιασμός σπορίων, batch
Μόλυνση	Κίνδυνοι μόλυνσης για τα ενιαία βακτηρίδια πίεσης	Κίνδυνος μόλυνσης για το χαμηλό ποσοστό αύξησης των μυκήτων
Ενεργητική εκτίμηση	Υψηλή ενεργειακή κατανάλωση	Χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση
Υγρά απόβλητα και μόλυνση	Μεγάλες ποσότητες μολυσμένων αποβλήτων	Καθόλου απόβλητα λιγότερη μόλυνση
Συγκέντρωση υποστρώματος/ προϊόντα	30-80 gr/lit	100-300 gr/lit
Μέγεθος εξοπλισμού	Μεγάλες ποσότητες και υψηλό κόστος τεχνολογίας	Μικρές ποσότητες και χαμηλό κόστος εξοπλισμού

Παραγωγή αιθανόλης με SSF.

Έχουν μελετηθεί δύο διαφορετικές μέθοδοι παραγωγής αιθανόλης με ζύμωση στερεάς φάσης από φλοιδες πρώτων υλών γεωργικής προέλευσης. Η πρώτη είναι παραγωγή αιθανόλης από φλοιδες μήλων και η δεύτερη από χαρούπια. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται κάποια υποστρώματα και μικροοργανισμοί με τους οποίους μπορεί να παραχθεί αιθανόλη.

Υπόστρωμα	Μικροοργανισμός	Προϊόν	Συγγραφέας	Χρονιά
Ογκώδη στερεά	<i>M. bacilliformis</i>	Αιθανόλη, Πρωτεάση οξέων	Héctor M. Fernández-Lahore	1998
	<i>schwanniomyces castellii</i>	αιθανόλη	G. Saucedo-Castaneda	1992
Μανιόκες και φοίνικες	<i>Kluyveromyces marxianus</i>	Αιθανόλη, ακετόνη, αρώματα	Adriane B. P. Medeiros	2000
Καλαμπόκι	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 1031R	αιθανόλη	Kazuo Sato	1988
Άμυλο βύνης	<i>Bacillus</i> sp. PS-7	αιθανόλη	Harmeet K. Sodhi,	2003
Σάκχαρα	<i>Tabernaemontana</i> Div <i>Aricata</i>	Αιθανόλη, υδρογονάνθρακες πετρελαίου	B. K. Behera	1994
Γλυκό σόργο	<i>Leuconostoc dextranicum</i>	αιθανόλη	William L. Bryan	1990
Λάδι ελιάς		αιθανόλη	Mercedes Ballesteros	
Πούλπα μήλων		αιθανόλη		
Πούλπα μήλων	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	αιθανόλη	S.A. Shojaosadati	2003
Χαρούπια	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	αιθανόλη	Vourdoubas J	2000
Χαρούπια	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	αιθανόλη	T Roukas	1994
Σόργο	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	αιθανόλη	Hang et al,	1982
Μελάσα, γλυκοπατάτες, γλυκό σόργο, άμυλο αραβοσιτου, καλαμοσάκχαρο, ζαχαρότευτλο	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> το VS3 και <i>Bacillus</i> sp. (VB9).	αιθανόλη	Kiran Sree et al	1999
Wood chips οξιών	<i>Ceriporiopsis subvermispota</i> , <i>Dichomitus squalens</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> , και <i>Coriolus versicolor</i>	αιθανόλη	Hirohichi Itoh	2003
Ξύλο από λεύκες	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	αιθανόλη	Maria Cantarella	2003

Βιοαντιδραστήρες στην SSF

Ο τύπος των βιοαντιδραστήρων που χρησιμοποιούνται στη ζύμωση στερεάς φάσης επιλέγεται ανάλογα με το είδος της ζύμωσης, με το προϊόν το οποίο θα παράγουμε, με το υπόστρωμα και άλλους παράγοντες. Οι βιοαντιδραστήρες μπορούν κυρίως να ταξινομηθούν σε : packed-beds, σε βιοαντιδραστήρες με περιστρεφόμενο τύμπανο (rotating drum), σε στερεάς αερίου ρευστής κλίνης (gas–solid fluidized beds), σε stirred aerated beds, σε βιοαντιδραστήρες παλλόμενων τυμπάνων (rocking drums) και σε βιοαντιδραστήρες δίσκων (tray bioreactors). Από πρακτική άποψη η SSF θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για ασυνεχής καλλιέργεια (batch), για ημιτροφοδοτούμενη (fed-batch) ή και για συνεχείς διαδικασίες αν και οι ασυνεχείς διαδικασίες είναι πιο κοινές.

Οι βιοαντιδραστήρες περιστρεφόμενων τυμπάνων (RDBs) που δεν διαθέτουν άξονα με πτερύγια έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν τα καλύτερα χαρακτηριστικά μεταφοράς θερμότητας και μάζας σε σχέση με τους βιοαντιδραστήρες που χρησιμοποιούνται στην ζύμωση στερεάς κατάστασης, παρέχοντας ομαλότερη αναταραχή σε σχέση με τους βιοαντιδραστήρες οι οποίοι έχουν εσωτερικούς αναδευτήρες. Επιπλέον, η απουσία εσωτερικών κινούμενων μερών για τη μίξη καθιστά το σχέδιο, την κατασκευή και τη λειτουργία απλούστερα και μειώνονται πολύ οι λειτουργικές δαπάνες που συνδέονται με το σύστημα αερισμού. Η ομαλή αναταραχή που συνδέεται με την πτώση του στρώματος των υποστρωμάτων ελαχιστοποιεί την καταστροφή των μορίων των υποστρωμάτων, και καθιστά ιδανικό τον RDBs για εκείνους τους μικροοργανισμούς που μπορούν να υποστούν κάποια ζημιά.

Ένα σημαντικό εμπόδιο που αποτρέπει αυτήν την στιγμή τη διαδεδομένη χρήση τους στην SSF είναι η δυσκολία ρύθμισης της θερμοκρασία στις μεγάλης κλίμακας ζυμώσεις (βιομηχανία). Σε ένα RDB, η ανταλλαγή θερμότητας, και ως εκ τούτου η μείωση της μεταβολικής θερμότητας, περιορίζεται στην εκ μεταφοράς ψύξη (από την επιφάνεια του τύμπανου στις άκρες ή από το υπόστρωμα στον υπερκείμενο αέρα) και στην ψύξη λόγω της εξάτμισης.

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της μίξης του υποστρώματος σε ένα RDB είναι ότι είναι εύκολο να προστεθεί το νερό στο υπόστρωμα κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, παραδείγματος χάριν, με τον ψεκασμό νερού επάνω στην επιφάνεια του κινούμενου υποστρώματος.). Αυτό σημαίνει ότι η ψύξη λόγω της εξάτμισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σημαντικότερος μηχανισμός της μείωσης της θερμότητας, χωρίς τον κίνδυνο στεγνώματος του υποστρώματος. Δεδομένου ότι η μεταφορά μάζας είναι ανάλογη προς την διαθέσιμη επιφάνεια της επαφής μορίων/ αερίου, κάθε δραστηριότητα που βελτιώνει αυτήν την επιφάνεια θα βελτιώνει και τη μεταφορά μάζας. Επίσης η αύξηση της ταχύτητας περιστροφής και η προσθήκη κάποιων ανυψωτών θα βελτιώσουν την επαφή μορίων/ αερίου.

Στα περιστρεφόμενα τύμπανα ότι ο συντελεστής μεταφοράς της μάζας είναι σταθερός πέρα από το μήκος του τύμπανου και επομένως σημασία έχει η καθιέρωση της κατευθυντήριας δύναμης ως λειτουργία της αξονικής θέσης μέσα στο τύμπανο. Σε μια ζύμωση στερεάς φάσης η υγρασία καθορίζεται με τους ψεκασμούς του νερού.

Συνήθως το μέγιστο ποσοστό περιστροφών που χρησιμοποιείται στα πειράματα είναι 9 rpm. Αυτό δεν επιτρέπει στο υλικό να υπερβεί το όριο ελεύθερης πτώσης. Επίσης η επίδραση της επιφανειακής ταχύτητας αέρα στη μεταφορά της μάζας διαδραματίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο



Ζυμωτήρας Paddle Mixer (Αναμίκτης πτερυγίων)

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κάθε ομάδα σπουδαστών θα παραλάβει δύο δείγματα στεμφύλων των 200 γραμμών και θα μετρήσει το pH. Κατόπιν για ένα από αυτά θα εκχυλίσει τα στέμφυλα με διπλάσια ποσότητα νερού στους 60 °C για 30 λεπτά και θα μετρήσει τα ανάγοντα σάκχαρα και την οξύτητα.

Το δεύτερο δείγμα θα εμβολιασθεί με ποσότητα ζυμομυκήτων και έπειτα από καλή ανάδευση θα επωασθεί στους 25 °C. Μετά από μία εβδομάδα θα εκχυλίσει το δείγμα και θα επαναλάβει τις μετρήσεις. Τέλος θα υπολογίσει την απόδοση και την παραγωγικότητα της ζύμωσης σε αιθανόλη.



Ζύμωση στερεάς φάσης στο εργαστήριο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. MILLER G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.*, 1959, 31, 426-428.
2. Camacho-Ruiz L., Perez-Guerra N., Perez Roses R..(2003) Factors affecting the growth of *Saccharomyces cerevisiae* in batch culture and in solid state fermentation. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and food Chemistry*. ISSN 1579-4377.
3. Hang Y. D., Lee C. Y., and Woodams E. E. (1982). A solid state fermentation system for production of ethanol from apple pomace. *Journal of food science* (1982) Volume 47, Pag 1851-1852.
4. Raimbault Maurice (1998). General and microbiological aspects of solid substrate fermentation. *Electronic Journal of Biotechnology*. Vol 1 No. 3, Issue of August 15.
5. Roukas T (1994). Solid–state fermentation of carob pods for ethanol production. *Microbiol Biotechnol* 41: 296-301.
6. **Tataridis P.**, P. Mylonas, D. Mylona , E.T. Nerantzis. Ethanol Production via Solid State Fermentation of Grape Pomace: Combined Effect of Fermentation Parameters on Ethanol Yield. 2nd International Congress on Bioprocesses in Food Industries – ICBF 2006. Univ. of Patras, Rio-Patras, 18-21 June, 2006 Greece, pp. 93-94.
7. **Tataridis P.**, Pantelis Mylonas, Dionyssia Mylona , Elias.T. Nerantzis. Ethanol Production via Solid State Fermentation of Grape Pomace: Combined Effect of Fermentation Parameters on Ethanol Yield. In: LES EUX DE VIE TRADITIONNELLES D’ORIGINE VITICOLE Edited by A. Bertrand. Edition TEC&DOC LAVOISIER 2007, pp. 195-200. Patis, France. ISBN 987-2-7430-1040-9.