

Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΟΙΝΟΛΟΓΙΑ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΛΚΟΟΛΟΥΧΩΝ ΠΟΤΩΝ

Ενότητα 6^η: Μικροοργανισμοί & βιοχημεία ζυμώσεων II

Δημήτρης Π. Μακρής *PhD DIC*

Αναπληρωτής Καθηγητής



© 2022 - 2023

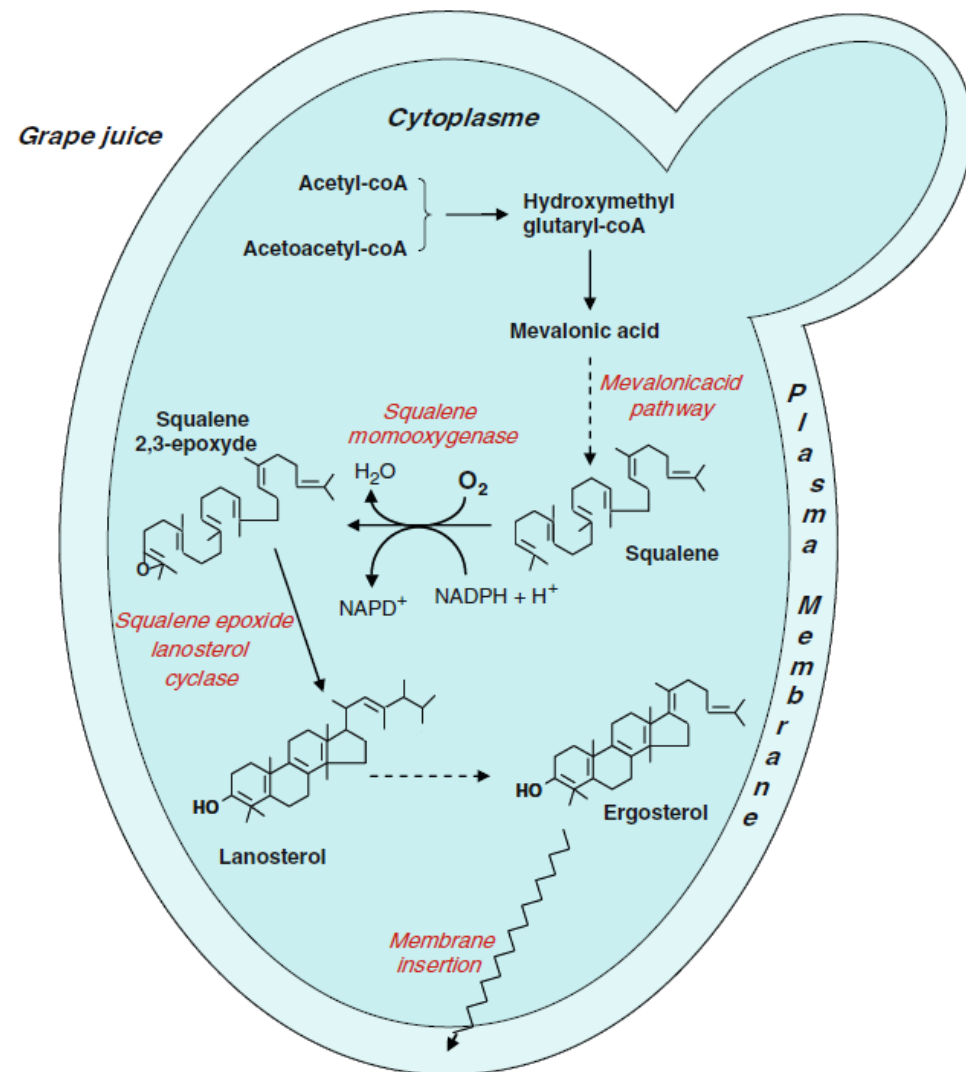
9. Οξυγόνο και βιοσύνθεση λιπιδίων

Ο *S. cerevisiae* δεν χρειάζεται O_2 για την παραγωγή ενέργειας όταν ζυμώνει το γλεύκος. Εντούτοις, υπάρχουν μερικές σημαντικές βιοσυνθετικές οδοί, οι οποίες χρησιμοποιούν O_2 ως υπόστρωμα. Αυτή είναι η περίπτωση στερολών και ακόρεστων λιπαρών οξέων.

Κατά την αυξητική τάση, ενόσω είναι ενεργός ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων, οι ζύμες χρειάζονται την συνεχή σύνθεση κυτταρικών μεμβρανών.

Γι' αυτό, οι ζύμες πρέπει να συνθέσουν σημαντικές ποσότητες στερολών, λιπαρών οξέων και φωσφολιπιδίων, κατά τα πρώτα στάδια της αλκοολικής ζύμωσης.

Το στάδιο-κλειδί σ' αυτήν την οδό είναι μια αντίδραση που καταλύεται από την μονοοξυγενάση σκουαλενίου. Το ένζυμο χρησιμοποιεί O_2 ως υπόστρωμα και μετατρέπει το σκουαλένιο σε 2,3-εποξείδιο του σκουαλενίου.



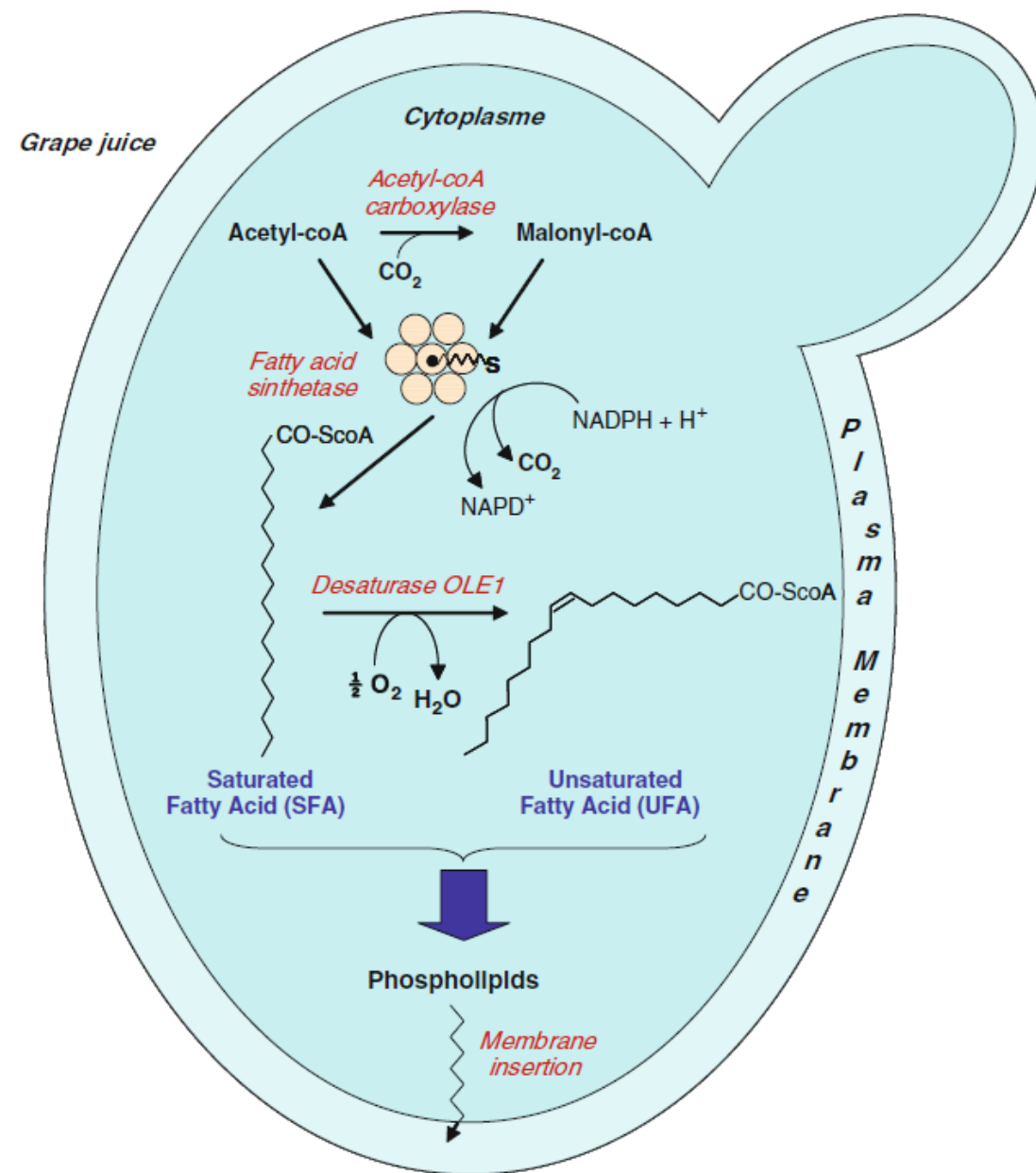
9. Οξυγόνο και βιοσύνθεση λιπιδίων

Τα επόμενα στάδια έχουν ως αποτέλεσμα την σύνθεση εργοστερόλης, που είναι η κύρια στερόλη του *S. cerevisiae*.

Επομένως, υπό την απουσία O_2 , αυτή η οδός απενεργοποιείται εντελώς και δεν παράγεται εργοστερόλη.

Η σύνθεση ακόρεστων λιπαρών οξέων απαιτεί επίσης την ύπαρξη O_2 .

Αμφότερα τα κορεσμένα και ακόρεστα λιπαρά οξέα χρησιμοποιούνται για την σύνθεση φωσφολιπιδίων, τα οποία ενσωματώνονται στις κυτταρικές μεμβράνες.



9. Οξυγόνο και βιοσύνθεση λιπιδίων

Εφόσον το O_2 είναι απαραίτητο για την σύνθεση της εργοστερόλης και των ακόλεστων λιπαρών οξέων, η έλλειψη O_2 μπορεί μερικές φορές να προκαλέσει κολλημένες ή νωθρές ζυμώσεις. Γι' αυτό, συνιστάται ο αερισμός του γλεύκους κατά την εκθετική φάση, με σκοπό την διευκόλυνση των ζυμών στην σύνθεση των κυτταρικών μεμβρανών.

Οι κυτταρικές μεμβράνες θα πρέπει να έχουν μια συγκεκριμένη ρευστότητα, γιατί η υψηλή ακαμψία προκαλεί δυσλειτουργία στα συστήματα μεταφοράς. Αντιθέτως, υπερβολική ρευστότητα μπορεί να μεταβάλλει την οργάνωση και τις ιδιότητες των φωσφολιπιδικών στρωμάτων.

Η ρευστότητα της κυτταρικής μεμβράνης εξαρτάται σημαντικά από την θερμοκρασία και την συγκέντρωση αιθανόλης. Επομένως, κατά την αλκοολική ζύμωση, ο *S. cerevisiae* πρέπει να προσαρμόσει την ρευστότητα της μεμβράνης στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Πρέπει να τονισθεί ότι η θερμοκρασία ζύμωσης και ο αερισμός εξαρτώνται από τον τύπο της οινοποίησης. Συνήθως, η λευκή οινοποίηση πραγματοποιείται σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (14–18 °C) και χωρίς αερισμό, για την διατήρηση των αρωμάτων.

Αντιθέτως, οι ερυθροί οίνοι ζυμώνονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες (28–30 °C) και γίνεται αερισμός κατά την ανακύκλωση, η οποία είναι απαραίτητη για την εκχύλιση των χρωστικών.

9. Οξυγόνο και βιοσύνθεση λιπιδίων

Στην λευκή οινοποίηση, ο *S. cerevisiae* πρέπει ν' αναπτυχθεί σε χαμηλή θερμοκρασία, που μειώνει την ρευστότητα της μεμβράνης. Για να διατηρήσει την κατάλληλη ρευστότητα, ο ζυμομύκητας αυξάνει την αναλογία των ακόρεστων λιπαρών οξέων στα φωσφολιπίδια.

Εντούτοις, υπό τις συνήθεις συνθήκες λευκής οινοποίησης, το γλεύκος είναι φτωχό σε λιπαρά οξέα και η ζύμωση διεξάγεται υπό πλήρως αναερόβιες συνθήκες. Έτσι, οι ζύμες δεν μπορούν να συνθέσουν ακόρεστα λιπαρά οξέα.

Συνεπώς, ο *S. cerevisiae* χρειάζεται να χρησιμοποιήσει άλλη στρατηγική για την ρευστοποίηση των μεμβρανών και η μόνη πιθανότητα είναι η ενσωμάτωση λιπαρών οξέων μεσαίας αλύσου στα φωσφολιπίδια.

Η επίδραση της μικρότερης αλυσίδας στις ιδιότητες των φωσφολιπιδίων είναι παρόμοια μ' αυτή την διπλών δεσμών στα ακόρεστα λιπαρά οξέα. Επομένως, η αυξημένη σύνθεση λιπαρών οξέων μεσαίας αλύσου μπορεί να ρυθμίσει την ρευστότητα των μεμβρανών.

Όμως, η αυξημένη συγκέντρωση αυτών των οξέων στο γλεύκος δρα τοξικά για τις ζύμες, και ενέχει τον κίνδυνο μειωμένης ζωτικότητας και ανάσχεσης της ζύμωσης.

9. Οξυγόνο και βιοσύνθεση λιπιδίων

Στην ερυθρή οινοποίηση δεν υπάρχει αυτό το πρόβλημα, γιατί η ζύμωση διεξάγεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες και υπάρχει εμπλουτισμός με O_2 κατά την ανακύκλωση του γλεύκους.

Κατά την διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης, υπάρχει προοδευτική αύξηση στην συγκέντρωση της αιθανόλης και οι ζύμες χρειάζεται να προσαρμόσουν τις κυτταρικές τους μεμβράνες σ' αυτό το περιβάλλον. Προφανώς, η παρουσία αιθανόλης μεταβάλλει την ρευστότητα των μεμβρανών.

Υπό αυτές τις συνθήκες, ο *S. cerevisiae* πρέπει ν' αυξήσει, εκτός από την αναλογία ακόρεστων λιπαρών οξέων, και την αναλογία στερολών, έτσι ώστε ν' αυξήσει την ανθεκτικότητα στην αιθανόλη. Σε περίπτωση έλλειψης O_2 (λευκή οινοποίηση), οι ζύμες δυσκολεύονται να προσαρμοστούν.

10. «Κολλημένες» και «νωθρές» ζυμώσεις – Αιτίες και λύσεις

Μερικές φορές η αλκοολική ζύμωση εξελίσσεται πολύ αργά προς την περάτωσή της. Οι ζύμες μειώνουν δραστικά την κατανάλωση σακχάρων και η ζύμωση μπορεί ακόμα και να διακοπεί πριν μεταβολιστούν όλα τα ζυμώσιμα σάκχαρα.

Όταν συμβεί αυτό, δημιουργούνται δύο προβλήματα. Πρώτον, η οινοποίηση δεν έχει ολοκληρωθεί και, δεύτερον, υπάρχει υψηλός κίνδυνος μικροβιακής προσβολής. Τα ετερογαλακτικά βακτήρια μπορούν να μεταβολίσουν τα σάκχαρα, παράγοντας υψηλές ποσότητες οξικού οξέος.

Παρακάτω συνοψίζονται οι πιθανές αιτίες και λύσεις για τις νωθρές και κολλημένες ζυμώσεις:

- Πολύ υψηλή συγκέντρωση σακχάρων: Μπορεί ν' αναστείλει την ανάπτυξη των ζυμών. Επιπλέον, η υψηλή συγκέντρωση αιθανόλης κατά τα τελευταία στάδια της ζύμωσης μπορεί να περιπλέξει σημαντικά την πλήρη κατανάλωση των σακχάρων. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, συνιστάται η χρήση αλκοολοανθεκτικών στελεχών.
- Ακραίες θερμοκρασίες: Σε χαμηλές θερμοκρασίες κατά την έναρξη της ζύμωσης μπορεί να υπάρξει ανεπαρκής πληθυσμός ζυμών, ενώ σε θερμοκρασίες $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, υπάρχει σημαντικός κίνδυνος αναστολής της ζύμωσης. Επίσης, οι απότομες μεταβολές θερμοκρασίας μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στην εξέλιξη της ζύμωσης. Γι' αυτό συνιστάται η ρύθμιση της θερμοκρασίας καθ' όλη την διάρκεια της ζύμωσης.

10. «Κολλημένες» και «νωθρές» ζυμώσεις – Αιτίες και λύσεις

- Πλήρης αναεροβίωση: Χωρίς O_2 , οι ζύμες δυσκολεύονται ν' αναπτυχθούν και να προσαρμόσουν τις κυτταρικές τους μεμβράνες στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες. Γι' αυτό συνιστάται αερισμός τουλάχιστον κατά την φάση της εκθετικής αύξησης.
- Έλλειψη θρεπτικών συστατικών: Το γλεύκος μπορεί να παρουσιάζει ελλείψεις σε άζωτο, βιταμίνες, ιχνοστοιχεία κτλ. Γι' αυτό προστίθενται συνήθως ενεργοποιητές ζυμών (yeast activators). Η τυπική σύσταση είναι άλατα αμμωνίου (φωσφορικά ή θειικά) και θειαμίνη.
- Παρουσία αντι-μυκητιακών ενώσεων (φυτοφαρμάκων): Σε ορισμένες περιπτώσεις το γλεύκος περιέχει υπολείμματα φυτοφαρμάκων, τα οποία μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά την αλκοολική ζύμωση. Προς αποφυγή αυτού, πρέπει να υπάρχει αυστηρή εφαρμογή των σκευασμάτων στο αμπέλι.

Οι νωθρές ή κολλημένες ζυμώσεις είναι συνήθως ένα συνδυαστικό αποτέλεσμα των παραπάνω. Όταν παρουσιαστεί το πρόβλημα, θα πρέπει να γίνεται άφθονος αερισμός και προσθήκη ενεργοποιητών. Αν υπάρξει διακοπή της ζύμωσης, θα πρέπει να γίνει επανεμβολιασμός.

Η επιλογή του στελέχους και η μέθοδος προσαρμογής στην αιθανόλη είναι παράγοντες-κλειδιά για την επιτυχία του εμβολιασμού. Συνιστάται η χρήση αλκοολοανθεκτικών στελεχών.

11. Λοιπά υποπροϊόντα αλκοολικής ζύμωσης

- Διακετύλιο, ακετοΐνη, και 2,3-βουτανοδιόλη: Η ακετοΐνη μπορεί να σχηματιστεί απευθείας μέσω αναγωγής του διακετυλίου. Τελικώς, η ακετοΐνη ανάγεται σε 2,3-βουτανοδιόλη. Η ακετοΐνη και το διακετύλιο προσδίδουν μια βουτυρώδη οσμή, που συνεισφέρει στο άρωμα των οίνων.

Αν και δεν παράγονται υψηλές ποσότητες ακετοΐνης και διακετυλίου κατά την αλκοολική ζύμωση, υπάρχει σημαντική αύξηση στην συγκέντρωση αμφοτέρων αυτών των ουσιών κατά την μηλογαλακτική ζύμωση.

- Αιθανάλη (ακεταλδεΐδη): Είναι ενδιάμεσο προϊόν της αλκοολικής ζύμωσης, προερχόμενο από την αποκαρβοξυλίωση του πυροσταφυλικού. Ακολουθώς, η ακεταλδεΐδη ανάγεται σε αιθανόλη, αλλά μια μικρή ποσότητα απελευθερώνεται στο εν ζυμώσει γλεύκος.

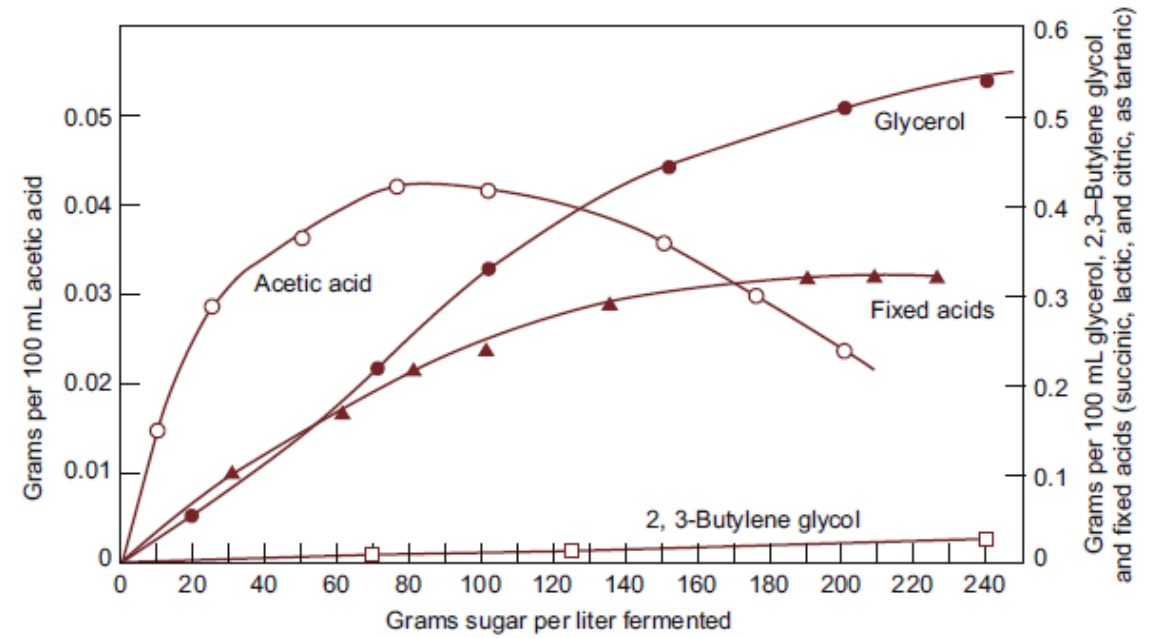
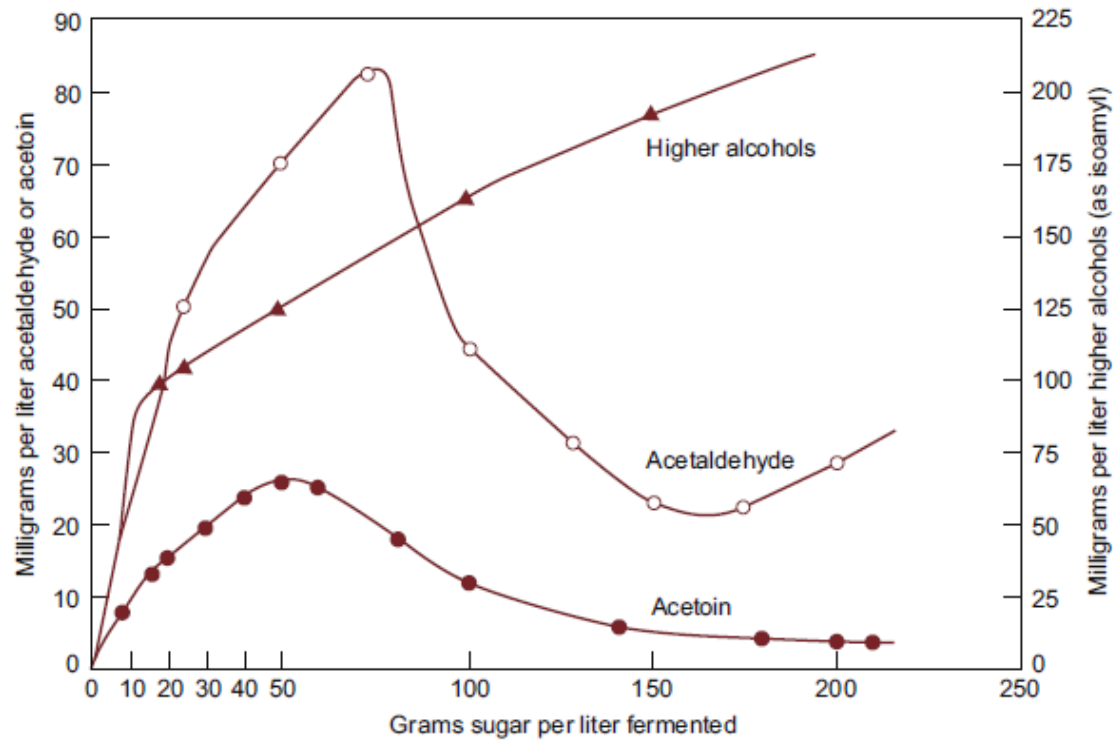
Η ακεταλδεΐδη προσδίδει χαρακτηριστικό άρωμα που συνεισφέρει στο προφίλ των οίνων (οσμή οξείδωσης), και μπορεί να παραχθεί μέσω βιολογικής οξείδωσης της αιθανόλης.

11. Λοιπά υποπροϊόντα αλκοολικής ζύμωσης

- Οξικό οξύ: Είναι το κύριο πτητικό οξύ των οίνων, και σε υψηλές συγκεντρώσεις προσδίδει δυσάρεστη οσμή ξυδιού και δυσάρεστη γεύση. Γι' αυτό, η πτητική οξύτητα είναι σημαντική αναλυτική παράμετρος στην οινολογία. Το οξικό οξύ παράγεται από τις ζύμες, τα γαλακτικά βακτήρια και τα οξικά βακτήρια.

Φυσιολογικά, ο *S. cerevisiae* παράγει μόνο χαμηλές ποσότητες οξικού οξέος (0.1–0.3 g/L). Εντούτοις, σε κολλημένες ή νωθρές ζυμώσεις παράγονται υψηλές ποσότητες. Η υψηλή παραγωγή μπορεί να οφείλεται στην «γαλακτική ασθένεια» ή σε ασυνήθιστη δραστηριότητα των ζυμών.

- Ανώτερες αλκοόλες: Παράγονται από τον μεταβολισμό των αμινοξέων και η συγκέντρωσή τους δεν ξεπερνά το κατώφλι αντίληψης. Είναι πρόδρομες ουσίες εστέρων, οι οποίοι έχουν σημαντικότερο αρωματικό αντίκτυπο.
- Εστέρες: Στους οίνους υπάρχουν οι εστέρες του οξικού οξέος με ανώτερες αλκοόλες και οι εστέρες της αιθανόλης με λιπαρά οξέα. Προσδίδουν οσμές όπως μπανάνας (οξικός ισοαμυλεστέρας), τριαντάφυλλου (οξικός φαινυλαιθυλεστέρας) κτλ. Οι εστέρες με λιπαρά οξέα προσδίδουν φρουτώδη αρώματα.
- Ηλεκτρικό οξύ (succinic acid): Είναι ποσοτικώς το τρίτο προϊόν της αλκοολικής ζύμωσης και υπάρχει στους οίνους σε συγκεντρώσεις μεταξύ 0.6 and 1.2 g/L. Δηλαδή, συνεισφέρει σημαντικά στην οξύτητα.



12. Μηλογαλακτική ζύμωση - Εισαγωγή

Η μηλογαλακτική ζύμωση (ΜΓΖ) είναι εξορισμού η ενζυμική μετατροπή του L-μηλικού οξέος σε L-γαλακτικό οξύ. Είναι μια δευτερεύουσα βιοχημική διεργασία, η οποία συνήθως ακολουθεί την αλκοολική ζύμωση.

Η αναγωγή του μηλικού σε γαλακτικό οξύ δεν είναι πραγματική ζύμωση, αλλά μάλλον μια ενζυμική αντίδραση που γίνεται από τα γαλακτικά βακτήρια (LAB) μετά την εκθετική φάση αύξησης.

Η ΜΓΖ διεξάγεται κυρίως από τον *Oenococcus oeni*, ένα είδος που έχει ανθεκτικότητα σε χαμηλό pH (< 3.5), σε υψηλή περιεκτικότητα αιθανόλης (> 10 % v/v) και υψηλά επίπεδα SO₂ (50 mg/L). Πιο ανθεκτικά στελέχη των ειδών *Lactobacillus*, *Leuconostoc* και *Pediococcus* μπορούν επίσης ν' αναπτυχθούν στους οίνους και να συνεισφέρουν στην ΜΓΖ, ιδιαίτερα όταν το pH υπερβαίνει το 3.5.

Τα σημαντικότερα οφέλη της ΜΓΖ είναι η μείωση της οξύτητας οίνων που έχουν υψηλά επίπεδα (ψυχρά κλίματα), η βελτίωση και η πολυπλοκότητα του αρωματικού προφίλ, και η μικροβιολογική σταθερότητα.

Εντούτοις, η ανεξέλεγκτη ΜΓΖ παρουσιάζει κινδύνους μικροβιολογικής αλλοίωσης, τόσο όσον αφορά στους οργανοληπτικούς χαρακτήρες (υπερβολική παραγωγή οξικού οξέος, πτητικών φαινολών), όσο και στην ασφάλεια (καρβαμικός αιθυλεστέρας, βιογενείς αμίνες).

13. Γαλακτικά βακτήρια στους οίνους

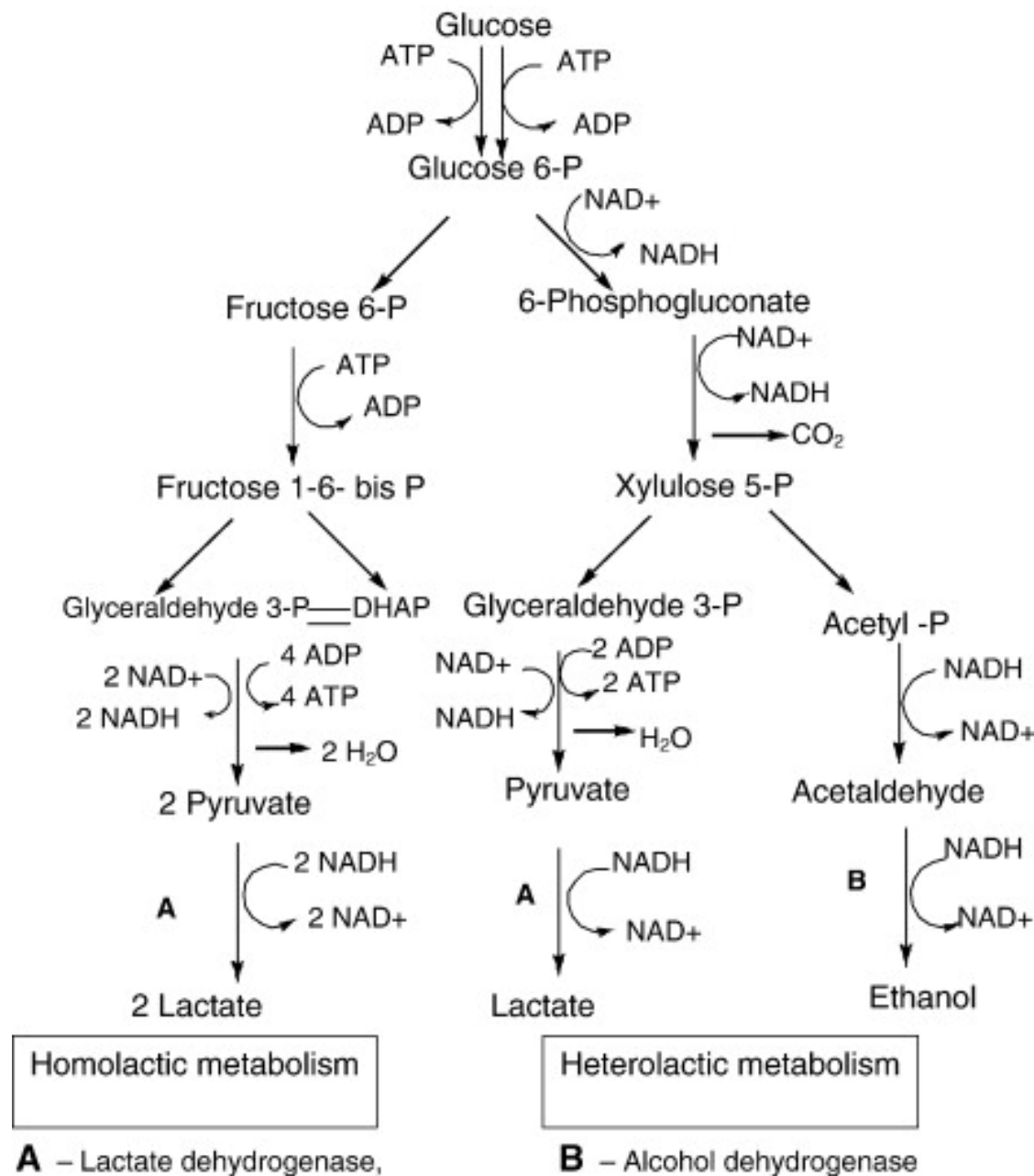
Γαλακτοβάκιλοι (Lactobacillus)

Τα βακτήρια που ανήκουν σ' αυτό το γένος είναι προαιρετικά αναερόβια και απαιτούν μέσο πλούσιο σε ζυμώσιμα σάκχαρα.

Με βάση τον μεταβολισμό των εξοζών, υποδιαιρούνται σε δύο ομάδες:

- Αυστηρώς ετεροζυμωτικά (strict heterofermenters)
- Προαιρετικώς ετεροζυμωτικά (facultative heterofermenters)

Στον ετεροζυμωτικό μεταβολισμό, η γλυκόζη μετατρέπεται σε γαλακτικό οξύ και άλλες ουσίες, όπως οξικό οξύ, αιθανόλη και CO₂.



13. Γαλακτικά βακτήρια στους οίνους

Πεδιόκοκκοι (*Pediococcus*)

Τα βακτήρια που ανήκουν σ' αυτό το γένος είναι προαιρετικά αναερόβια και απαιτούν ένα μέσο πλούσιο σε αυξητικούς παράγοντες και ζυμώσιμα σάκχαρα. Η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης είναι οι 25 - 30 °C, και το βέλτιστο pH είναι 6.

Είναι ομοζυμωτικά, που σημαίνει ότι μεταβολίζουν το σύνολο της γλυκόζης σε γαλακτικό οξύ και δεν ζυμώνουν πεντόζες.

Οινόκοκκοι (*Oenococcus*)

Είναι προαιρετικά οξεόφιλα αναερόβια βακτήρια και αναπτύσσονται σε pH 4.8, και σε θερμοκρασίες μεταξύ 18 και 30 °C. Η ανάπτυξή τους δεν αναστέλλεται από 10% (v/v) αιθανόλη.

Είναι ετεροζυμωτικά και μετατρέπουν την γλυκόζη σε γαλακτικό οξύ, οξικό οξύ, αιθανόλη και CO₂. Η μετατροπή μηλικού σε γαλακτικό γίνεται υπό την παρουσία ζυμώσιμων υδατανθράκων.

14. Ανάπτυξη κατά την διάρκεια της οινοποίησης

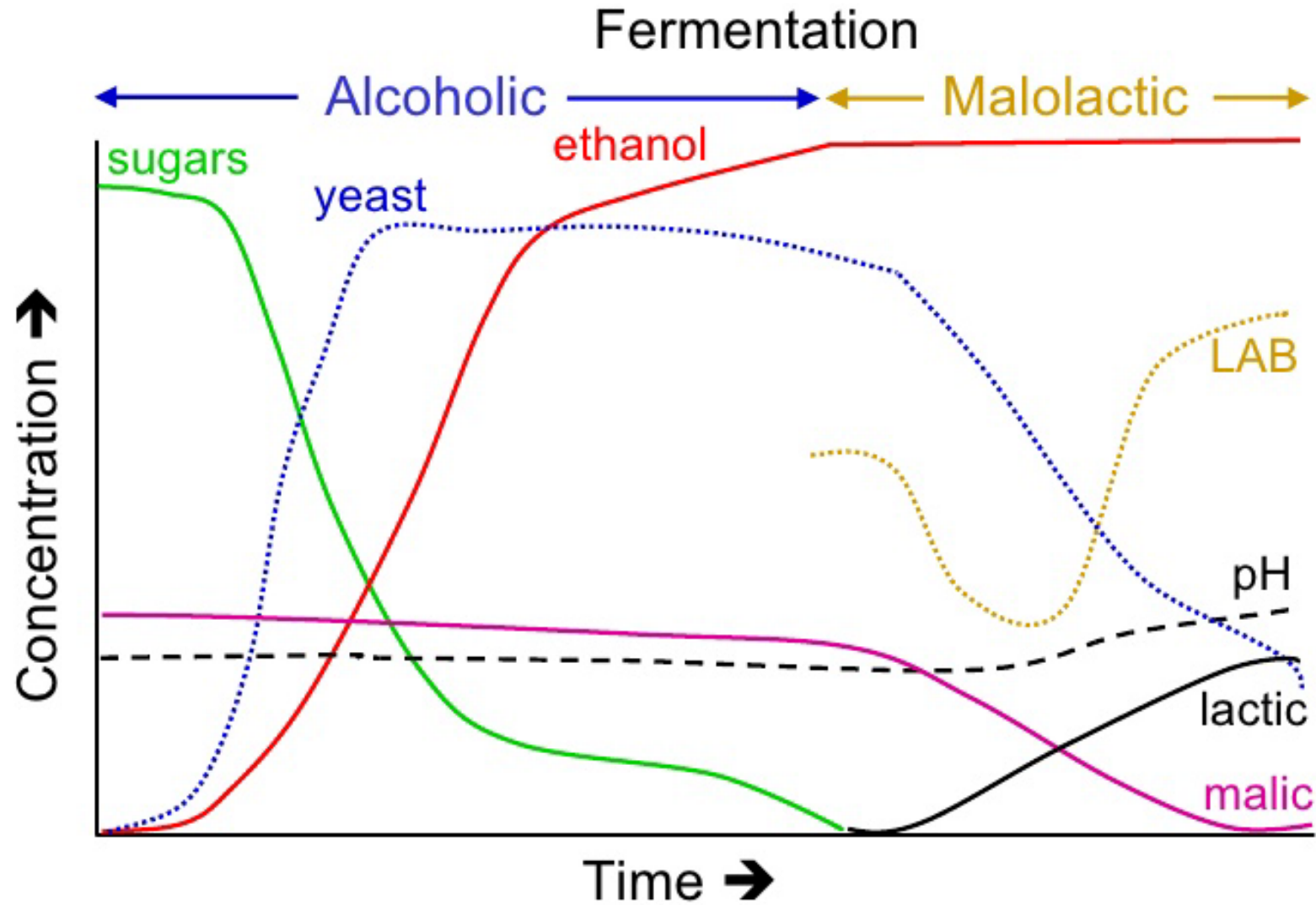
Η ανάπτυξη διάφορων μικροοργανισμών στο γλεύκος τείνει ν' ακολουθεί μια συγκεκριμένη ακολουθία. Κατά την περίοδο του τρύγου, ζύμες και βακτήρια αποικίζουν τα οινοποιία. Τα LAB είναι παρόντα στην επιφάνεια των σταφυλιών και στα γλεύκη, σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Στις πρώτες μέρες της ζύμωσης, αναπαράγονται αλλά ο πληθυσμός τους περιορίζεται σε επίπεδα 10^4 κύτταρα/mL. Καθώς εξελίσσεται η αλκοολική ζύμωση, αυτά τα επίπεδα μειώνονται σε 10^2 κύτταρα/mL. Η ευαισθησία στην αιθανόλη και το χαμηλό pH ευθύνονται γι' αυτήν την μείωση.

Μετά την φάση προσαρμογής, τα επιζώντα κύτταρα αρχίζουν να πολλαπλασιάζονται και μπορούν να φτάσουν σε 10^6 - 10^8 κύτταρα/mL. Σ' αυτό το στάδιο γίνεται η ΜΓΖ.

Η ΜΓΖ ολοκληρώνεται όταν τα κύτταρα εισέλθουν στην στατική φάση. Ο *O. oeni* είναι το κύριο είδος LAB μετά την αλκοολική ζύμωση και κατά την ΜΓΖ. Η ανάπτυξή του μπορεί να επιταχυνθεί αν η θερμοκρασία ανέλθει στους 20 - 25 °C, υπό συνθήκες χαμηλού SO_2 (< 15–20 mg/L “ελεύθερου”).

Key events in winemaking



14. Ανάπτυξη κατά την διάρκεια της οινοποίησης

Μετά την ολοκλήρωση της ΜΓΖ, μπορούν ν' αναπτυχθούν και άλλα βακτήρια όπως ο *Lactobacillus* και ο *Pediococcus*. Υπό τις συνήθεις συνθήκες, τα LAB παραμένουν βιώσιμα στους οίνους κατά την αποθήκευση, και δεν επιδεικνύουν τάση για περεταίρω ανάπτυξη.

Οι οίνοι είναι συχνά φτωχές πηγές θρεπτικών και αυτό καθιστά την ΜΓΖ δύσκολη. Η θερμοκρασία, το pH, η αιθανόλη, το SO₂ και η διαθεσιμότητα θρεπτικών επηρεάζουν την βακτηριακή ανάπτυξη και δραστηριότητα. Υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες αναστέλλουν την ανάπτυξη των LAB. Υψηλά επίπεδα αιθανόλης και SO₂ είναι θανατηφόρα.

Κολλημένες ή νωθρές ΜΓΖ μπορούν να προκληθούν από δυσμενείς συνθήκες ή από την ανικανότητα των LAB να πολλαπλασιαστούν και να φτάσουν το ελάχιστο απαιτούμενο πληθυσμό που απαιτείται.

Σε μερικές περιπτώσεις απαιτούνται εβδομάδες ή μήνες για την ανάπτυξη κατάλληλου αριθμού βακτηριακών κυττάρων, έτσι ώστε να διασπαστεί το μηλικό οξύ.

Πλέον, είναι κοινή πρακτική ο άμεσος εμβολιασμός με καλλιέργεια που περιέχει επιλεγμένα στελέχη LAB.

16. Συνεισφορά της ΜΓΖ στους οργανοληπτικούς χαρακτήρες

Η ΜΓΖ μεταβάλλει αισθητά σε μείζονα και ήσσονα πτητικά συστατικά που έχουν θετική επίδραση στο άρωμα των οίνων. Οι μεταβολές αυτές σχετίζονται με το στέλεχος των LAB που χρησιμοποιείται για να πραγματοποιηθεί η ΜΓΖ. Γενικά, η ΜΓΖ αυξάνει τα φρουτώδη και βουτυρώδη αρώματα και μειώνει τα χορτώδη.

Επίσης, οι χαρακτηριστικές αρωματικές νότες που μπορεί να προσδώσει στους οίνους η ΜΓΖ χαρακτηρίζονται ως:

- Αρώματα ανθών
- Οσμές καβουρντίσματος
- Βανίλια
- Γλυκές
- Ξυλώδεις
- Καπνιστές
- Πικρές
- Μελιού

17. Αλλοίωση των οίνων από γαλακτικά βακτήρια

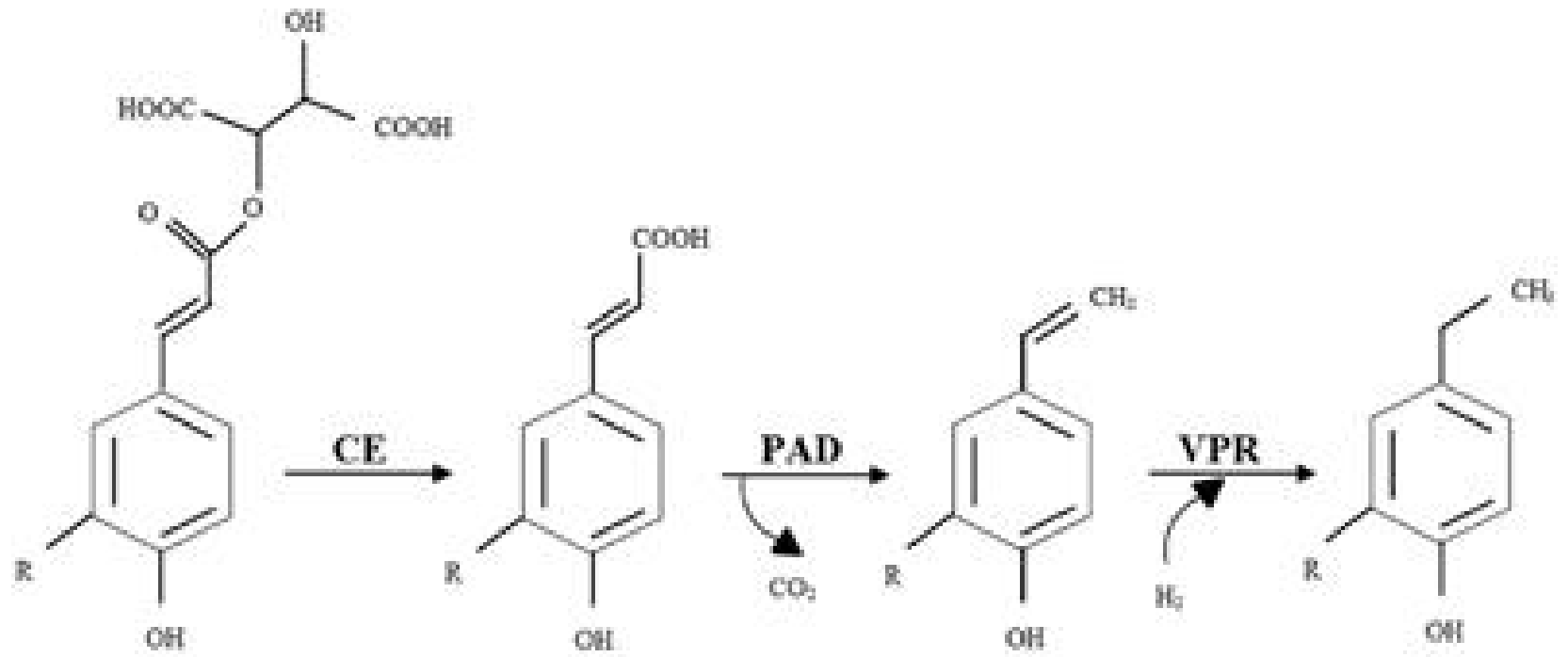
Υπό ορισμένες συνθήκες, τα LAB μπορούν να προκαλέσουν ανεπιθύμητες μεταβολές στο άρωμα των οίνων, που καθιστούν τους οίνους ακατάλληλους για κατανάλωση. Πολλά είδη LAB δεν διεξάγουν ΜΓΖ και η ανάπτυξή τους στους οίνους μπορεί να προκαλέσει σοβαρές αλλοιώσεις.

Υπέρμετρη πτητική οξύτητα, πάχυνση (αύξηση ιζώδους), σχηματισμός ακρολεΐνης, πικράδα, διάσπαση τρυγικού οξέος, υπερπαραγωγή διακετυλίου και τάγγιση, καθώς και οσμή «γερανιού» είναι συχνά οι συνέπειες της ανεξέλεγκτης ανάπτυξης ορισμένων LAB.

Μερικά LAB μπορούν να μεταβολίσουν πιο πολύπλοκες ουσίες, όπως ορισμένες φαινολικές ενώσεις, και τα προϊόντα έχουν αρνητικό αντίκτυπο στην ποιότητα των οίνων.

Ο μεταβολισμός των υδροξυκιναμμωνικών οξέων από LAB έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία πτητικών φαινολών (4-αιθυλγουαϊακόλης και 4-αιθυλφαινόλης). Το *trans*-καφταρικό και το *trans*-κουταρικό οξύ είναι υποστρώματα των LAB που συνθέτουν το ένζυμο κινναμμωνυλ εστεράση, και αυξάνουν την συγκέντρωση των ελεύθερων οξέων (καφφεϊκού, πικουμαρικού).

Οι πτητικές φαινόλες επιδρούν σημαντικά στο άρωμα των οίνων και θεωρούνται σημαντικό ελάττωμα, εξαιτίας της οσμής τους και του χαμηλού κατωφλίου αντίληψης.



Tartrate esters	HCAs	Vinylphenols	Ethylphenols
R = H: <i>p</i> -coumaric acid	<i>p</i> -coumaric acid	4-vinylphenol	4-ethylphenol
R = OH: caffeic acid	caffeic acid	4-vinylcatechol	4-ethylcatechol
R = OCH ₃ : ferulic acid	ferulic acid	4-vinylguaiacol	4-ethylguaiacol

17. Αλλοίωση των οίνων από γαλακτικά βακτήρια

Όταν η αλκοολική ζύμωση εξελίσσεται αργά ή παύει, οι συνθήκες είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη των LAB. Τα LAB ζυμώνουν τα σάκχαρα που δεν έχουν μεταβολιστεί από τις ζύμες και παράγουν οξικό οξύ και D-γαλακτικό οξύ.

Αυτή η αλλοίωση ονομάζεται «γαλακτική ασθένεια» και χαρακτηρίζεται από υψηλή πτητική οξύτητα που απαξιώνει τους οίνους. Αν η πτητική οξύτητα υπερβαίνει το όριο του 1 g/L, ο οίνος δεν είναι εμπορεύσιμος.

Η μικροβιολογική αποικοδόμιση της γλυκερόλης παράγει ακρολεΐνη, η οποία προκαλεί πικράδα. Η αιθανόλη αυξάνει την ένταση και την διάρκεια της πικράδας.

Το τρυγικό οξύ, αν και ανθεκτικό σε μικροβιολογικές επιθέσεις, μπορεί να μεταβολιστεί από ορισμένα είδη *Lactobacillus*, παράγοντας οξικό, γαλακτικό και ηλεκτρικό οξύ. Όταν διασπαστεί το τρυγικό οξύ, αυξάνει η πτητική οξύτητα και ο οίνος αποκτά οσμή ξυδιού και δυσάρεστη γεύση.

Βιβλιογραφία

Costantini A., García-Moruno E., Moreno-Arribas M.V., **2009**. Biochemical Transformations Produced by Malolactic Fermentation. In “**Wine Chemistry & Biochemistry**”, Moreno-Arribas M.V. and Carmen Polo M. Ed., Springer, ISBN: 978-0-387-74116-1.

Zamora F., **2009**. Biochemistry of alcoholic fermentation. In “**Wine Chemistry & Biochemistry**”, Moreno-Arribas M.V. and Carmen Polo M. Ed., Springer, ISBN: 978-0-387-74116-1.