



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Βυνοποίηση και ζυθοποίηση στη διαδικασία παρασκευής μύρας.
Νέες τάσεις στη βιομηχανία»**

THESIS TITLE

**«Malting and brewing in the beer processing. New trends in the
industry»**



**ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF
STUDENT
Α.Μ./STUDENT NUMBER**

**ΚΕΡΟΠΟΥΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ/
KEROPOULOU KONSTANTINA
71617158**

**ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/
NAME OF THE SUPERVISOR**

**ΚΡΙΤΣΗ ΕΥΤΥΧΙΑ/
KRITSI EFTICHIA**



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

**«Βυνοποίηση και ζυθοποίηση στη διαδικασία παρασκευής μπύρας.
Νέες τάσεις στη βιομηχανία»**

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η πτυχιακή εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

| A/a | ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ | ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ | ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ |
|------------|----------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| 1 | ΕΥΤΥΧΙΑ ΚΡΙΤΣΗ | ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ / ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ | |
| 2 | ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΠΑΡΤΖΗΣ | ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ / ΜΕΛΟΣ | |
| 3 | ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΜΠΡΑΤΑΚΟΣ | Ε.ΔΙ.Π / ΜΕΛΟΣ | |

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

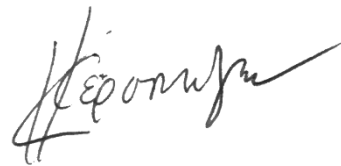
Η κάτωθι υπογεγραμμένη ΚΕΡΟΠΟΥΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ του ΘΕΟΔΩΡΟΥ, με αριθμό μητρώου 71617158 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ του Τμήματος ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

ΚΕΡΟΠΟΥΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ



Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς, την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου την κα. Κρίτση, που με τη καθοδήγησή της και με τις στοχευμένες της παρατηρήσεις, κατάφερα να συγγράψω την πτυχιακή μου εργασία. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή της παρούσας εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, που κατά τη διάρκεια συγγραφής της πτυχιακής μου εργασίας, προσπάθησαν να με υποστηρίξουν με τον τρόπο τους. Τελειώνοντας, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στις φίλες μου και πιο συγκεκριμένα στην Ηλιάνα, η οποία ήταν πάντα δίπλα μου για όλα.

Με πολλή αγάπη,

Κωνσταντίνα Κ.

Περιεχόμενα

| | |
|--|-----------|
| <i>Περιεχόμενες Εικόνες</i> | 5 |
| <i>Περιεχόμενοι Πίνακες</i> | 7 |
| <i>Περιεχόμενες Εξισώσεις</i> | 8 |
| <i>Περίληψη</i> | 9 |
| <i>Abstract</i> | 10 |
| 1^ο Κεφάλαιο: Ιστορική αναδρομή στην παρασκευή μύρας | 11 |
| 1.1 Η ιστορία της μύρας: Από τη Μεσοποταμία μέχρι τη Κεντρική Ευρώπη | 11 |
| 1.1.1 Ετοιμολογία - προέλευση της λέξης μύρα..... | 11 |
| 1.1.2 Σουμέριοι, Μεσοποταμία και Αίγυπτος | 11 |
| 1.1.3 Ελληνιστική Περίοδος: Μια περίοδος κρίσης για την μύρα | 12 |
| 1.1.4 Κεντρική Ευρώπη: Κέλτες και Γερμανοί, μια διαφορετική προσέγγιση στη παραγωγή της μύρας..... | 13 |
| 1.2 Οι ανακαλύψεις του 19ου αιώνα, σχετικά με τη βελτίωση της παρασκευής μύρας | 14 |
| 2^ο Κεφάλαιο: Τα βασικά συστατικά της μύρας | 15 |
| 2.1 Η βύνη | 16 |
| 2.1.1 Πληροφορίες σχετικά με τη βύνη..... | 16 |
| 2.1.2 Βόνες για ζυθοποίηση..... | 16 |
| 2.1.3 Ποιότητα βύνης κριθαριού – Καθοριστικός παράγοντας για τη χρήση της, στην παραγωγή μύρας | 20 |
| 2.2 Το νερό | 25 |
| 2.2.1 Ο ρόλος του νερού στην παραγωγή μύρας..... | 25 |
| 2.2.2 Απαιτήσεις τύπων νερού (επεξεργασμένου νερού) στη βιομηχανία της ζυθοποίησης..... | 26 |
| 2.2.3 Νέες βιώσιμες προσεγγίσεις, των λυμάτων ζυθοποιίας για χρήση στη βιομηχανία | 31 |
| 2.3 Ο Λυκίσκος | 32 |
| 2.3.1 Προέλευση και ανατομία του λυκίσκου | 32 |
| 2.3.2 Τα φυτοχημικά του λυκίσκου..... | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 2.3.3 Χρήσιμες ιδιότητες του λυκίσκου στη ζυθοποίηση και στην ανθρώπινη υγεία..... | 34 |
| 2.3.4 Χρήση του λυκίσκου στη βιομηχανία ζυθοποίησης..... | 36 |
| 2.4 Η ζύμη <i>Saccharomyces cerevisiae</i>..... | 36 |
| 2.4.1 Οι ζύμες και ο μικροοργανισμός <i>S. cerevisiae</i> | 36 |
| 2.4.2 Μορφολογία και αναπαραγωγή των ζυμών του γένους <i>Saccharomyces</i> και του μικροοργανισμού <i>S. cerevisiae</i> | 37 |
| 2.4.3 Η αποδοτικότητα της ζύμης <i>S. cerevisiae</i> σε βιομηχανικές συνθήκες, αποτελεί απόρροια “εξημέρωσης” της από τον άνθρωπο | 39 |
| 2.4.4 Ζύμωση των σακχάρων από τη μαγιά - <i>S. cerevisiae</i> | 40 |
| 3^ο Κεφάλαιο: Τα βασικά στάδια παραγωγής μύρας..... | 43 |
| 3.1 Βυνοποίηση | 43 |
| 3.1.1 Γενικά για τη βυνοποίηση (<i>modification</i>) | 43 |
| 3.1.2 Καθαρισμός της πρώτης ύλης, προεργασία και αποθήκευση | 43 |
| 3.1.3 Τα βασικά στάδια της βυνοποίησης | 44 |
| 3.2 Ζυθοποίηση..... | 52 |
| 3.2.1 Γενικά για τη μύρα | 52 |
| 3.2.2 Τα βασικά στάδια της ζυθοποίησης | 52 |
| 3.2.3 Η ζύμωση της μύρας στα εργοστάσια παραγωγής μύρας | 58 |
| 4^ο Κεφάλαιο: Γεύση και Άρωμα (Οργανοληπτικές ιδιότητες)..... | 59 |
| 4.1 Χρώμα: Αντιδράσεις στις οποίες οφείλεται το χαρακτηριστικό χρώμα της μύρας | 59 |
| 4.1.1 Η σημαντικότητα του χρώματος της μύρας | 59 |
| 4.1.2 Τα συστατικά της μύρας που συμβάλλουν στο τελικό της χρώμα..... | 59 |
| 4.1.3 Αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την παραγωγή του χρώματος της μύρας | 60 |
| 4.1.4 Διαφορές ανάμεσα στις “απλές” και τις “ειδικές” βύνες για παραγωγή μύρας | 62 |
| 4.1.5 Αξιολόγηση του χρώματος της μύρας..... | 62 |
| 4.2 Άρωμα-Γεύση και μεταβολισμός κατά τη διάρκεια της ζύμωσης της μύρας | 64 |
| 4.2.1 Μεταβολισμός και προϊόντα κατά τη διαδικασία της ζύμωσης | 64 |
| 4.2.2 Δευτερογενείς μεταβολίτες: “πηγή” αρώματος και γεύσης της μύρας | 64 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2.3 Ενώσεις που ευθύνονται για τη γεύση και το άρωμα της μύρας..... | 65 |
| 5^ο Κεφάλαιο: Νέες τάσεις στην παραγωγή μύρας και η εμπορική τους αξία..... | 67 |
| 5.1 Η χρήση non <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ζυμών στην παραγωγή μύρας.... | 67 |
| 5.1.1 Ζύμες του γένους <i>Saccharomyces</i> που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή μύρας και οι ανερχόμενες ζύμες non- <i>Saccharomyces cerevisiae</i> στη ζυθοπαραγωγή | 67 |
| 5.1.2 Τι είναι οι ζύμες non- <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 68 |
| 5.1.3 Που χρησιμοποιούνται οι ζύμες non- <i>Saccharomyces cerevisiae</i> στην παραγωγή μύρας και με ποιόν τρόπο | 68 |
| 5.1.4 Σύγκριση των <i>Saccharomyces</i> με τους non- <i>Saccharomyces</i> μικροοργανισμούς | 69 |
| 5.2 Εμπορική αξιοποίηση των non <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ζυμών..... | 70 |
| 5.2.1 Ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις ζύμες του συμπλέγματος <i>Saccharomyces sensu stricto</i> | 70 |
| Γενικά συμπεράσματα..... | 71 |
| Βιβλιογραφία..... | 73 |

Περιεχόμενες Εικόνες

| | |
|---|----|
| Εικόνα 1. 1: Απόσπασμα του πίνακα II του έπους του Γκιγλαμές | 11 |
| Εικόνα 1. 2: Πίνακας του Ύμνου στη Νινκάσι..... | 11 |
| Εικόνα 1. 3: Κέλτικο χαντάκι με απανθρακωμένους σπόρους, πρώιμο Κέλτικο Hochdorf | 13 |
| Εικόνα 1. 4: Ευρήματα βύνης κριθαριού απο Κέλτικο χαντάκι με εμφανή βλάστηση | 13 |
| Εικόνα 2. 1: Το κριθάρι Πηγή: https://www.scoular.com/grains-seeds-products/barley/ | 15 |
| Εικόνα 2. 2: Το νερό Πηγή: https://www.prominent.com/en/Applications/Applications/Water-Treatment-and-Water-Disinfection/Water-Treatment-and-Water-Disinfection.html | 15 |
| Εικόνα 2. 3: Ο λυκίσκος Πηγή: https://sierranevada.com/blog/what-are-hops/ | 15 |
| Εικόνα 2. 4: Ο μύκητας <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (μαγιά) | 15 |
| Εικόνα 2. 5: Βυνοποιημένοι σπόροι κριθαριού με εμφανή εκβλάστηση | 18 |
| Εικόνα 2. 6: Βύνη σίτου..... | 19 |
| Εικόνα 2. 7: Βυνοποιημένοι σπόροι σόργου (red grain)..... | 20 |
| Εικόνα 2. 8: Αναπαράσταση κόκκου κριθαριού..... | 21 |
| Εικόνα 2. 9: Το νερό στη βιομηχανία ζυθοποίησης | 26 |
| Εικόνα 2. 10: Νερά εργασίας στη ζυθοβιομηχανία | 27 |
| Εικόνα 2. 11: Τύποι νερού για τη διαδικασία της ζυθοποίησης | 28 |
| Εικόνα 2. 12: Διατομή του λουλουδιού του θηλυκού λυκίσκου | 33 |
| Εικόνα 2. 13: Διατομή λυκίσκου, με έμφαση στους αδένες λουπουλίνης και στα αδενικά τριχώματα..... | 33 |
| Εικόνα 2. 14: Λυκίσκος σε μορφή pellet | 36 |
| Εικόνα 2. 15: Εκχύλισμα λυκίσκου | 36 |
| Εικόνα 2. 16: Ζύμη <i>S. cerevisiae</i> σε μεγέθυνση × 400 | 37 |
| Εικόνα 2. 17: Αναπαραγωγή της ζύμης-μαγιάς (<i>S. cerevisiae</i>) | 38 |
| Εικόνα 2. 18: Πρόσληψη σακχάρων από τη μαγιά (<i>S. cerevisiae</i>) | 41 |
| Εικόνα 2. 19: Μεταβολισμός γλυκόζης από τη ζύμη <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (ζύμωση) | 42 |
| Εικόνα 3. 1: Τα στάδια της βυνοποίησης του κριθαριού..... | 44 |
| Εικόνα 3. 2: Διαβροχή κόκκων κριθαριού σε δεξαμενή επίπεδου πυθμένα (βιομηχανικές συνθήκες) | 45 |

| | |
|--|----|
| Εικόνα 3. 3: Εισχώρηση νερού στον κόκκο κριθαριού μέσω της μικροπύλης (micropyle)..... | 46 |
| Εικόνα 3. 4: Δοχείο εκβλάστησης (βιομηχανικές συνθήκες) | 47 |
| Εικόνα 3. 5: Μεταβολικές διεργασίες κατά την εκβλάστηση κόκκου κριθαριού | 48 |
| Εικόνα 3. 6: Κλίβανος ξήρανσης (βιομηχανικές συνθήκες) | 49 |
| Εικόνα 3. 7: Τα βασικά στάδια παραγωγής μύρας. | 53 |
| Εικόνα 3. 8: Αλεσμένη βύνη κριθαριού..... | 53 |
| Εικόνα 3. 9: Η διαδικασία της πολτοποιήσης (βιομηχανικές συνθήκες)..... | 53 |
| Εικόνα 3. 10: Δεξαμενή διήθησης (βιομηχανικές συνθήκες) | 54 |
| Εικόνα 3. 11: Φυγοκέντρωση ζυθογλεύκους (βιομηχανικές συνθήκες) | 54 |
| Εικόνα 3. 12: Βρασμός ζυθογλεύκους (βιομηχανικές συνθήκες)..... | 54 |
| Εικόνα 3. 13: Ενάλλακτης θερμότητας για ψύξη ζυθογλεύκους (βιομηχανικές συνθήκες)..... | 55 |
| Εικόνα 3. 14: Δεξαμενές για τη δευτερεύουσα ζύμωση (ωρίμανση)-(βιομηχανικές συνθήκες)..... | 55 |
| Εικόνα 3. 15: Δεξαμενές για τη πρωταρχική ζύμωση (βιομηχανικές συνθήκες) | 55 |
| Εικόνα 3. 16: Δεξαμενές Bright Beer Tanks- BBT (βιομηχανικές συνθήκες)..... | 56 |
| Εικόνα 3. 17: Επαναχρησιμοποιούμενα βαρέλια για διακίνηση μύρας..... | 56 |
| Εικόνα 3. 18: Γυάλινοι περιέκτες για μύρες | 57 |
| Εικόνα 3. 19: Διανομή μπυρών και άλλων ποτών | 57 |
| Εικόνα 4. 1: Χαρακτηριστικά χρώματα μπυρών..... | 59 |
| Εικόνα 4. 2: Γραφήματα των απορροφήσεων συναρτήσει του μήκους κύματος τεσσάρων διαφορετικών τύπων μύρας | 63 |
| Εικόνα 4. 3: Σχηματική αναπαράσταση των μεταβολικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα κατά την παραγωγή ανώτερων αλκοολών και εστέρων στην μύρα..... | 65 |
| Εικόνα 5. 1: Αναπαράσταση των δέκα ζυμών που ανήκουν στο σύμπλεγμα “Sss”. Με (+), συμβολίζονται οι ζύμες που λαμβάνουν χώρα σε ζυμώσεις μύρας και με (-) οι ζύμες που δε λαμβάνουν χώρα, σε ζυμώσεις μύρας..... | 68 |

Περιεχόμενοι Πίνακες

| | |
|--|----|
| ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 1: Συνεισφορά από την κατανάλωση μύρας στην πρόληψη νοσημάτων | 17 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 2: Οι χαρακτηριστικότερες πολυφαινολικές ενώσεις που περιέχονται στην μύρα..... | 17 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 3: Παράγοντες που επιδρούν στην ποιότητα της βύνης κριθαριού | 21 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 4: Διαφορές μεταξύ δίστιχου και εξάστιχου κριθαριού | 22 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 5: Πηγές ακατέργαστου νερού για τη βιομηχανία ζυθοποίησης | 26 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 6 Συσχέτιση ουσιών που περιέχονται στο χρησιμοποιούμενο για ζυθοποίηση νερό | 30 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 7: Είδη βιοαντιδραστήρων / bioreactors για τον καθαρισμό των λυμάτων ζυθοποίησης..... | 32 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 8: Τα φυτοχημικά που περιέχονται στο λυκίσκο..... | 33 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 9: Δευτερογενείς μεταβολίτες του λυκίσκου..... | 35 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 10: Ταυτότητα του μικροοργανισμού <i>S. cerevisiae</i> | 38 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 11: Είδη μυρών τύπου “Ale” | 38 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 1: Τα στάδια καθαρισμού της πρώτης ύλης..... | 43 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 2: Είδη δεξαμενών διαβροχής κόκκων κριθαριού στη βιομηχανία..... | 45 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 3: Είδη κλιβάνων ξήρανσης στη βιομηχανία..... | 49 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 4: Τα βασικά στάδια παραγωγής της μύρας | 52 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 1: Τα συστατικά της μύρας που συνεισφέρουν στο χρώμα του τελικού προϊόντος..... | 60 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 2: Ενώσεις που προσδίδουν στην μύρα το χαρακτηριστικό της χρώμα | 61 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 3: Κατηγοριοποίηση διαφόρων ειδών μύρας με κριτήριο το χρώμα και τη συμβολή των κλιμάκων SRM και EBC | 63 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 4: Μεταβολισμός κατά τη ζύμωση της μύρας από τη μαγιά | 64 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 5: Παράγοντες που επιδρούν στο άρωμα και στη γένυση της μύρας.. | 65 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 6: Χαρακτηριστικές ενώσεις υπεύθυνες για τη “γένυση” | 66 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 1: Κατηγορίες ενώσεων που παράγονται κατά τη ζύμωση non- <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ζυμών και συμβάλλουν στο άρωμα και τη γένυση της μύρας..... | 69 |

Περιεχόμενες Εξισώσεις

| | |
|---|----|
| Εξίσωση 2. 1: Εξίσωση Kolbalch | 30 |
|---|----|

Περίληψη

Είναι ευρέως γνωστό ότι η παγκόσμια δημοφιλία της μύρας, ξεκινάει από την αρχαιότητα και δεν παύει μέχρι και σήμερα να αποτελεί αγαπητό ποτό πολλών καταναλωτών. Οι σημαντικές ανακαλύψεις που πραγματοποιήθηκαν τον 19^ο αιώνα, σχετικά με τον μικροοργανισμό που προκαλεί τη ζύμωση στην μύρα, από διάφορους επιστήμονες, μεταξύ αυτών οι Λουί Παστέρ, Εμίλ Κρίστιαν Χάνσεν και πολλών άλλων καταξιωμένων επιστημόνων, πυροδότησαν πολλές εξελίξεις στην παραγωγή μύρας.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η επεξήγηση των βασικών σταδίων παραγωγής του ζύθου, καθώς επίσης και η πληροφόρηση σχετικά με τις νέες τάσεις που εφαρμόζονται στη βιομηχανία. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στις ευεργετικές ιδιότητες που προσδίδουν τα συστατικά του (κριθάρι, λυκίσκος, μαγιά- *S. cerevisiae*, νερό) στον άνθρωπο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο λυκίσκος, ο οποίος είναι πλούσιος σε πολυφαινολικές ενώσεις, όπως οι xanthohumol, ferulic acid, α-οξέα και β-οξέα, οι οποίες διαθέτουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Στη συνέχεια, αναλύονται εκτενώς τα κύρια στάδια παραγωγής της μύρας, τα οποία περιλαμβάνουν τη βυνοποίηση και τη ζυθοποίηση. Στο στάδιο τη βυνοποίησης, αναφέρονται και αναλύονται τα στάδια (διαβροχή, εκβλάστηση και ξήρανση) που λαμβάνουν χώρα για την παρασκευή της βύνης κριθαριού. Στο στάδιο της ζυθοποίησης, γίνεται περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας της μύρας και αναφορά στη “διαδικασία συνεχούς ζύμωσης” η οποία εμφανίζει αρκετά πλεονεκτήματα στη ζυθοπαραγωγή. Επιπλέον, αναφέρονται οι παράγοντες που επιδρούν στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της μύρας (χρώμα, άρωμα και γεύση), οι σημαντικότερες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα (αντίδραση Maillard, αντίδραση καραμελοποίησης και αντίδραση οξειδωσης) καθώς και οι ουσίες που παράγονται από τις αντιδράσεις.

Τέλος, γίνεται αναφορά στις νέες τάσεις στη βιομηχανία του ζύθου, για την παραγωγή μύρας με μικροοργανισμούς που ανήκουν στην ομάδα ζυμών non-*Saccharomyces cerevisiae* καθώς και στην εμπορική εφαρμογή τους στη ζυθοβιομηχανία.

Λέξεις-Κλειδιά: *S. cerevisiae*, non - *Saccharomyces cerevisiae*, μύρα, ζυθοποίηση, βυνοποίηση, βύνη, λυκίσκος, οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

Abstract

It is widely known that the global popularity of beer, begins in ancient times and until the present time, continues to be a favorite drink of many consumers. Important discoveries made in the 19th century, about the microorganism that causes fermentation in beer by various scientists, including Louis Pasteur, Emile Christian Hansen and many other distinguished scientists, triggered many developments in beer production.

The purpose of this thesis is to explain the main stages of beer production, as well as to provide information on the new trends applied in the industry. More specifically, reference is made to the beneficial properties of its ingredients (barley, hops, yeast - *S. cerevisiae*, water) confer to humans. A typical example is hops, which are rich in polyphenolic compounds, such as xanthohumol, ferulic acid, α -acids and β -acids, which have antioxidant properties. The main stages of beer production are analyzed in detail, which include malting and brewing. In the malting stage, the stages (steeping, germination and kilning) that take place for the preparation of barley malt, are mentioned and analyzed. In the brewing stage, a description of the beer production process is made and reference is made to the “continuous fermentation process” which shows several advantages in beer production. In addition, the factors affecting the organoleptic characteristics of beer (color, aroma and taste), the most important reactions that take place (Maillard reaction, caramelization reaction and oxidation reaction) as well as the substances produced by the reactions are mentioned.

Concluding, a reference is made to the new trends in the beer industry, for the production of beer with microorganisms belonging to the non-*Saccharomyces cerevisiae* group of yeasts as well as their commercial application in the brewing industry.

Key-Words: *S. cerevisiae*, non - *Saccharomyces cerevisiae*, beer, brewing, malting, malt, hops, organoleptic characteristics

1^ο Κεφάλαιο: Ιστορική αναδρομή στην παρασκευή μύρας

1.1 Η ιστορία της μύρας: Από τη Μεσοποταμία μέχρι τη Κεντρική Ευρώπη

1.1.1 Ετοιμολογία - προέλευση της λέξης μύρα

Η ετοιμολογία της λέξης «μύρα», δεν είναι ξεκάθαρο από που έχει προέλθει, καθώς έχουν προκύψει διάφορα αρχαιολογικά ευρήματα. Μια πιθανή προέλευση της λέξης αυτής, είναι από τον Ινδο-Γερμανικό όρο *beor* που είναι πιθανό να σχετίζεται ετοιμολογικά με την λέξη “beer” (μτφ. μύρα) (Franz G. Meussdoerffer, 2009).

1.1.2 Σουμέριοι, Μεσοποταμία και Αίγυπτος

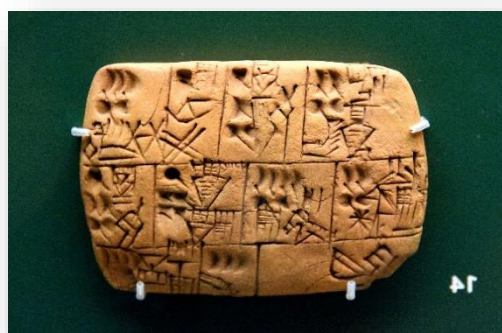
Πρώτα αρχαιολογικά ευρήματα για την μύρα

Από την αρχαιότητα, η μύρα αποτελούσε αναπόσπαστο κομμάτι του πολιτισμού και της ιδεολογίας των λαών. Με παραστατικό τρόπο, στο έπος του Γκιγκλαμές (Εικόνα 1.1), τονίζεται ο “εκπολιτισμός” του βάρβαρου βασιλιά Ένκιντου, της Ούρ. Ο “εκπολιτισμός” του, γίνεται από μια γυναίκα η οποία τον διδάσκει να καταναλώνει ψωμί και να πίνει μύρα. Η γνώση για την μύρα προέρχεται κυρίως από αρχαιολογικά ευρήματα διαφόρων λογοτεχνικών και διοικητικών κειμένων. Ένα από πλέον γνωστά κείμενα, είναι ο ύμνος στη Νινκάσι (Εικόνα 1.2). Σ’ αυτό το κείμενο, περιγράφεται η διαδικασία της ζυθοποίησης, καθώς και τα συστατικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της μύρας (Franz G. Meussdoerffer, 2009).



Εικόνα 1. 1: Απόσπασμα του πίνακα II του έπους του Γκιγκλαμές

Πηγή:
https://en.wikipedia.org/wiki/Epic_of_Gilgamesh#/media/File:Fragment_of_Tablet_II_of_the_Epic_of_Gilgamesh. Old-Babylonian period, from southern Iraq. Sulaymaniyah Museum, Iraqi Kurdistan.jpg



Εικόνα 1. 2: Πίνακας του Ύμνου στη Νινκάσι

Πηγή:
<https://www.worldhistory.org/article/222/the-hymn-to-ninkasi-goddess-of-beer/>

Ανακάλυψη - δημιουργία της πρώιμης μύρας

Στην περιοχή των Σουμέριων, κοντά στη Μεσοποταμία, εικάζεται από ιστορικούς και ανθρωπολόγους, ότι *η ανακάλυψη της μύρας, έγινε τυχαία*. Τα σιτηρά, τοποθετούνταν σε πήλινα δοχεία με σκοπό την αποθήκευσή τους. Οι βροχοπτώσεις όμως προκαλούσαν τη διαβροχή των σιτηρών και προκειμένου να μην καταστραφούν αφήνονταν να στεγνώσουν. Όταν χρησιμοποιούνταν το σιτηρό, για τη παραγωγή ψωμιού, το ψωμί προέκυπτε να διαθέτει γλυκιά γεύση. Πιθανότατα μ' αυτό τον τρόπο, ανακαλύφθηκε η *βύνη*. (Dan Rabin et al., 1998)

Οι Σουμέριοι, αποθήκευαν τα ψωμιά που παρασκεύαζαν με χρήση βύνης εντός πήλινων δοχείων, τα οποία λόγω των βροχοπτώσεων διαβρέχονταν και αυτά. Η βροχή συμπάρεσυρε αερόβιους μικροοργανισμούς ένας από τους οποίους ήταν η μαγιά (*Saccharomyces cerevisiae*) και έτσι, χωρίς να το γνωρίζουν επιτυγχάνονταν αλκοολική ζύμωση (Dan Rabin et al., 1998).

1.1.3 Ελληνιστική Περίοδος: Μια περίοδος κρίσης για την μύρα

Η αποδοχή της μύρας κατά την Ελληνιστική περίοδο, φέρει διάφορες διακυμάνσεις, κυρίως από τους Έλληνες και τους Ρωμαίους αλλά και από τους υπόλοιπους γειτονικούς λαούς. Παρόλο που η μύρα αποτελούσε ένα ποτό το οποίο ήταν αρεστό για τους Έλληνες, λόγω διαφόρων συγκυριών, όπως η επέλαση των “βάρβαρων”, περιπλέχθηκε η σχέση τους με το ποτό αυτό. (Franz G. Meussdoerffer, 2009; Nelson M., 2005)

Η επέλαση των Ελλήνων το 331 π.Χ., στην Αίγυπτο και η μετέπειτα ίδρυση της Πτολεμαϊκής Δυναστείας, προκάλεσε την επιβολή των πολιτισμικών και ιδεολογικών αντιλήψεων των Ελλήνων στην Αίγυπτο. Η κατανάλωση μύρας βρισκόταν σε δεύτερη μοίρα λόγω της υπεροχής του κρασιού. Οι Έλληνες, πραγματοποίησαν σειρά ενεργειών, ώστε η κατανάλωση μύρας να μειωθεί σημαντικά έως και να εξαλειφθεί. Οι ενέργειες αυτές, στόχευαν στην εμφύσηση διάφορων προκαταλήψεων στους πολίτες της Αιγύπτου, σχετικά με την μύρα. Πιστεύεται ότι, η υιοθέτηση της συγκεκριμένης στάσης, απέναντι στο ποτό αυτό, προέρχεται από τις επεκτατικές πολιτικές λαών, οι οποίοι προσπαθούσαν να επιβληθούν στον τόπο τους. Οι λαοί αυτοί, αποτελούσαν βασικούς καταναλωτές μύρας. (Franz G. Meussdoerffer, 2009)

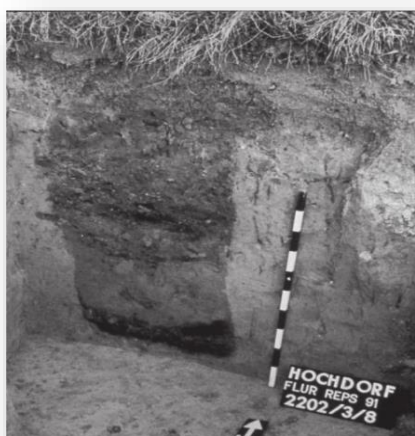
Οι Ρωμαίοι, ακολουθώντας το παράδειγμα των Ελλήνων, υιοθέτησαν παρόμοια στάση για τους λαούς που εισέβαλλαν στον τόπο τους, υποτιμώντας περαιτέρω την μύρα. Από γραπτά επιφανών ανθρώπων, όπως του *τραγωδού Αισχύλου*, φαίνεται η αποστροφή του για την μύρα, μέσω των ποιημάτων του λέγοντας: *‘Αλήθεια, θα*

διαπιστώσετε ότι οι κάτοικοι αυτής της γης είναι πράγματι άνθρωποι, όχι πότες μύρας'. Από την άλλη πλευρά, οι επιδρομές των Ρωμαίων σε περιοχές οι οποίες δεν διέθεταν αμπελοκαλλιέργειες, τους “ανάγκασε” να καταναλώσουν μύρα. Έτσι, αναπτύχθηκε και από τους Ρωμαίους ζυθοποιία σε υψηλό για την εποχή επαγγελματισμό (Franz G. Meussdoerffer, 2009).

1.1.4 Κεντρική Ευρώπη: Κέλτες και Γερμανοί, μια διαφορετική προσέγγιση στη παραγωγή της μύρας

Η καλλιέργεια σιτηρών, στη Βόρεια Ευρώπη ξεκίνησε κατά τη Νεολιθική εποχή, πριν περίπου 6.000 χρόνια. Οι λαοί με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη ζυθοποίηση και την μύρα γενικότερα, ήταν κυρίως οι **Κέλτες και οι Γερμανοί**. (Franz G. Meussdoerffer, 2009)

Οι Κέλτες είχαν μια διαφορετική αντιμετώπιση των σιτηρών από τους Σουμέριους, για την παραγωγή της βύνης (Εικόνα 1.3). Διέβρεχαν τα σιτηρά, και τα άφηναν να μουχλιάζουν (Εικόνα 1.4). Στη συνέχεια, τα έψηναν σε φούρνους και έτσι παραγόταν η **βύνη**. Οι Κέλτες μετανάστευσαν στη Κεντρική Ευρώπη, από το 700 π.Χ. και μετακινήθηκαν Νότια προς την Ιταλία και Δυτικά της Ευρώπης περίπου τον 5^ο με 3^ο αιώνα π.Χ. Τα μόνα ευρήματα που αφορούν, τον τρόπο παραγωγή μύρας από τους



Εικόνα 1. 3: Κέλτικο χαντάκι με αποξηραμένους σπόρους, πρώιμο Κέλτικο Hochdorf

Πηγή:

Stika, Hans-Peter. “BEER IN PREHISTORIC EUROPE.” In *Liquid Bread: Beer and Brewing in Cross-Cultural Perspective*, edited by Wulf Schiefenhövel and Helen Macbeth, NED-New edition, 1., 55–62. Berghahn Books, 2011.



Εικόνα 1. 4: Ευρήματα βύνης κριθαριού από Κέλτικο χαντάκι με εμφανή βλάστηση

Πηγή:

Stika, Hans-Peter. “BEER IN PREHISTORIC EUROPE.” In *Liquid Bread: Beer and Brewing in Cross-Cultural Perspective*, edited by Wulf Schiefenhövel and Helen Macbeth, NED-New edition, 1., 55–62. Berghahn Books, 2011.

Κέλτες προέρχεται από μαρτυρία του Πλίνιου. Στο γραπτό του, “*Φυσική Ιστορία*”, αναφέρεται η συνεισφορά των Κελτών στη ζυθοποίηση καθώς και η επιρροή που άσκησαν σε λαούς της Δυτικής και Νότιας Ευρώπης. (Franz G. Meussdoerffer, 2009)

Αναφορικά με την παραγωγή μύρας από τους Γερμανούς, δεν υπάρχουν πολλά καταγεγραμμένα ευρήματα. Πληροφορίες έχουν αντληθεί από έπη καθώς και από αναφορές επιφανών ανθρώπων, όπως του Τάκιτου. Ο προαναφερθής, αναφέρει ότι η κατανάλωση μύρας γινόνταν σε σημαντικές ποσότητες. Επίσης, περιγράφει το ποτό αυτό σ’ ένα από τα συγγράμματα του. Ακόμη, αρχαιολογικά ευρήματα, υποδεικνύουν, την πρακτική της εκβλάστησης των δημητριακών από Γερμανικές φυλές (Franz G. Meussdoerffer, 2009)

1.2 Οι ανακαλύψεις του 19ου αιώνα, σχετικά με τη βελτίωση της παρασκευής μύρας

Ο 19^{ος} αιώνας αποτέλεσε σταθμό για την ανακάλυψη των αιτιών ζύμωσης της μύρας. Πολύ σημαντική ανακάλυψη αποτελεί η ταυτοποίηση των μικροοργανισμών, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για το φαινόμενο της αλκοολικής ζύμωσης. (Luis Raihofer et al., 2022)

Αρχικά, ο **Θίοντορ Σουάν (1810-1882)**, με την πειραματική δουλειά του, το 1837, στη ζύμωση, απέδειξε ότι η μαγιά αποτελεί έναν ζωντανό μικροοργανισμό. Η παρούσα ανακάλυψη, πυροδότησε τη μετέπειτα έρευνα στη μικροβιακή φυσιολογία. (Smith K. A., 2012)

Ο Δανός βοτανολόγος **Εμίλ Κριστιάν Χάνσεν (1842-1909)** και ο Γερμανός υγειονομικός **Ρόμπερτ Κοχ (1843-1910)**, συνέβαλλαν στην απομόνωση στελεχών της μαγιάς, υπό ασηπτικές συνθήκες και στη συνέχεια ακολούθησε πολλαπλασιασμός των κυττάρων. Με αυτόν τον τρόπο, δημιουργήθηκαν οι πρώτες καθαρές καλλιέργειες μικροοργανισμών. Ο **Χάνσεν**, απομόνωσε άγριες μαγιές και ανακάλυψε ότι μόνο ορισμένα στελέχη τους, μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία της ζυθοποίησης. Ακόμη, ο **Λουί Παστέρ**, ταυτοποίησε το ρόλο των βακτηρίων που προκαλούν οξίνιση καθώς και αλλοίωση της μύρας. (Smith K. A., 2012)

Στα τέλη του 19ου αιώνα η αποκωδικοποίηση της γλυκόλυσης καθώς και νέα ευρήματα για το μεταβολισμό της ζύμωσης, βοήθησαν στον έλεγχο της ζυθοποίησης μέσω της θερμοκρασίας και του pH. Μια από τις χώρες που απέκτησαν σημαντική τεχνολογική ανάπτυξη στη ζυθοποίηση ήταν η Αγγλία. Μεγάλη εξέλιξη, από τεχνολογικής άποψης, έγινε κυρίως σε βιομηχανική κλίμακα και αποτέλεσε μυστικό της κάθε εταιρίας, παραγωγής μύρας. (Luis Raihofer et al., 2022)

2^ο Κεφάλαιο: Τα βασικά συστατικά της μύρας

Τα **βασικά συστατικά** για την παραγωγή μύρας, είναι το **κριθάρι** (Εικόνα 2.1), το **νερό** (Εικόνα 2.2), ο **λυκίσκος** (Εικόνα 2.3) και η **μαγιά** (*Saccharomyces cerevisiae*) (Εικόνα 2.4). Αυτά τα τέσσερα συστατικά, είναι τα επιτρεπόμενα, σύμφωνα με το ‘Γερμανικό νόμο καθαρότητας της μύρας’. Ο παραπάνω νόμος, αποτελεί εξέλιξη του Βαυαρικού ‘*Reinheitsgebot*’ ο οποίος κωδικοποιήθηκε το 1516. (Chen W., et al., 2013)



Εικόνα 2. 1: Το κριθάρι

Πηγή: <https://www.scoular.com/grains-seeds-products/barley/>



Εικόνα 2. 2: Το νερό

Πηγή: <https://www.prominent.com/en/Applications/Applications/Water-Treatment-and-Water->



Εικόνα 2. 3: Ο λυκίσκος

Πηγή: <https://sierranevada.com/blog/what-are-hops/>



Εικόνα 2. 4: Ο μύκητας Saccharomyces cerevisiae (μαγιά)

Πηγή: <https://www.quora.com/What-is-Saccharomyces-cerevisiae-used-for>

2.1 Η βύνη

2.1.1 Πληροφορίες σχετικά με τη βύνη

Η βύνη είναι ένα προϊόν δημητριακού, το οποίο χρησιμοποιείται σε ποτά και φαγητά. Αποτελεί τη βάση για ζυμώμενα προϊόντα και χρησιμοποιείται ως ενισχυτής γεύσης και θρεπτικών συστατικών. Είναι προϊόν μερικής εκβλάστησης και προέρχεται από τους σπόρους των δημητριακών. **Όλα τα δημητριακά μπορούν να μετατραπούν σε βύνη.** Το δημητριακό, όμως που χρησιμοποιείται ευρέως, είναι το κριθάρι και αυτό που χρησιμοποιείται λιγότερο είναι το καλαμπόκι. Η βύνη, χρησιμοποιείται σε μεγάλες ποσότητες από τη βιομηχανία ζυθοποίησης, προσδίδοντας στην μύρα κατά ένα πολύ μεγάλο βαθμό, την τελική της γεύση. Ακόμη, σε μικρότερες ποσότητες, χρησιμοποιείται στη βιομηχανία των ποτών απόσταξης (π.χ. ούισκι, κ.λ.π). (Britannica, T. Editors of Encyclopaedia, 2021)

2.1.2 Βύνες για ζυθοποίηση

Βύνη κριθαριού (*Hordeum vulgare* L.) – Η πιο κοινή βύνη για την παραγωγή μύρας

Το κριθάρι (*Hordeum vulgare* L.) αποτελεί το δημοφιλέστερο δημητριακό για την παραγωγή βύνης σε παγκόσμιο επίπεδο. Αυτό συμβαίνει, διότι διαθέτει υψηλότερη περιεκτικότητα σε άμυλο (συνδυασμός αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης) από ότι σε πρωτεΐνη (αποθηκευτικές και μη). Ο συνδυασμός τους όμως ποικίλει, ανάλογα με την ποικιλία του κριθαριού. Αποτελεί πηγή υδατανθράκων, πρωτεϊνών, βιταμινών, διαιτητικών ινών καθώς και μετάλλων. Η βύνη του κριθαριού (Εικόνα 2.5) αποτελεί κυρίαρχη βύνη για τη ζυθοποίηση. Απώτερος σκοπός της χρήσης της βύνης είναι η παραγωγή του ζυθόγλευκου - ένα ζυμώμενο εκχύλισμα, το οποίο μπορεί να μεταβολιστεί από τη μαγιά και να μετατραπεί σε μύρα. Η βύνη, αποτελεί πηγή σακχάρων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αλκοολική ζύμωση κατά τη διαδικασία παραγωγής της μύρας. (Heena R., Rachana D.,2021; Gupta M., et al., 2010; Kok Y. J., et al., 2018)

Η μύρα κριθαριού, περιέχει βιταμίνες της ομάδας Β, αποτελεί πηγή μετάλλων, όπως Ca, K και Mg και μιας μεγάλης ποικιλίας πολυφαινολών. Η δημοτικότητα της μύρας κριθαριού, είναι σημαντική και οφείλεται κατά μεγάλο βαθμό στη θρεπτικότητα της καθώς και στη σύνδεσή της με τη βελτίωση της υγείας και πρόληψης νοσημάτων (Πίνακας 2.1). Από τα περιεχόμενα συστατικά της (κριθάρι, νερό, λυκίσκος, μαγιά) έχει διαπιστωθεί ότι ο λυκίσκος αποτελεί το συστατικό με την μεγαλύτερη θετική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία. Περιέχει πληθώρα

πολυφαινολικών ενώσεων (Πίνακας 2.2), οι οποίες έχουν αντιβακτηριακές, αντιφλεγμονώδεις, αντιοξειδωτικές καθώς και αντικαρκινικές ιδιότητες. (Heena R., Rachana D., 2021; Chen W. et al., 2013)

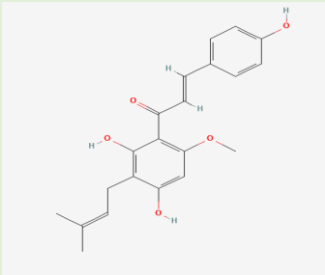
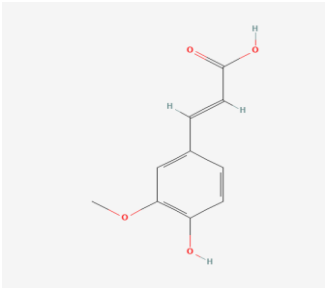
ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 1: Συνεισφορά από την κατανάλωση μύρας στην πρόληψη νοσημάτων

| | |
|---|------------------|
| Κατανάλωση μύρας και πρόληψη νοσημάτων | Γυναικολογικά |
| | Καρδιαγγειακά |
| | Νευροεκφυλιστικά |
| | Οστεοπορωτικά |
| | Νεοπλασματικά |

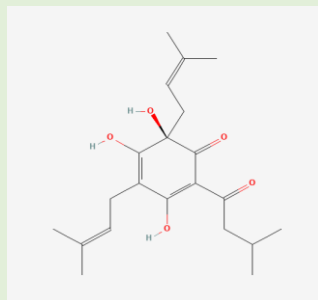
Πηγή: Chen W. et al., 2013

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 2: Οι χαρακτηριστικότερες πολυφαινολικές ενώσεις που περιέχονται στην μύρα

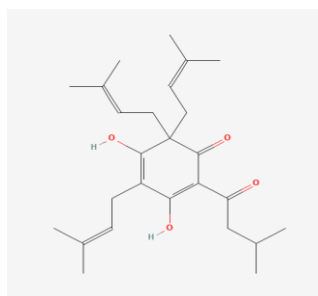
Πολυφαινολικές ενώσεις από τον λυκίσκο:

| | |
|---------------------|--|
| Xanthohumol |  |
| Ferulic acid |  |

α-οξέα (π.χ. humulone)



β-οξέα (π.χ. lupulone)



Πηγή: Chen W., et al., 2013

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Lupulone#section=3D-Conformer>

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Humulone>

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ferulic-acid>

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Xanthohumol>



Εικόνα 2. 5: Βυνοποιημένοι σπόροι κριθαριού με εμφανή εκβλάστηση

Πηγή:

<https://www.quora.com/Is-malt-an-alcohol>

Λοιπές βύνες

Βύνη κοινού σίτου (*Triticum aestivum* L.)

Ο σίτος (*Triticum aestivum* L.) έχει χρησιμοποιηθεί ως ακατέργαστη πρώτη ύλη για την παραγωγή της **βύνης σίτου** (Εικόνα 2.6) καθώς και μύρας. Η χρήση της βύνης σίτου στη βιομηχανία της ζυθοποίησης, γίνεται ως συμπληρωματική βύνη σε είδη μύρας (π.χ. *German Weissbier*). Ακόμη, προσδίδει ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στην παραγόμενη μύρα. Η περιεκτικότητα του σίτου σε πρωτεΐνη

κυμαίνεται σε ποσοστό 6-20%. Για τη βιομηχανία της ζυθοποίησης, απαιτείται σίτος με χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη καθώς ποικιλίες με μεγάλη περιεκτικότητα, προκαλούν προβλήματα στη ζυθοποίηση. Τα προβλήματα αφορούν το φιλτράρισμα καθώς και τη ζύμωση της μύρας. Επομένως, η παραγωγή μύρας μόνο με βύνη σίτου δεν είναι εφικτή, λόγω παρουσίας των παραπάνω προβλημάτων. (Villacreces S., et al., 2022; Faltermaier A., et al., 2014)



Εικόνα 2. 6: Βύνη σίτου

Πηγή:
<https://www.simpsonsmalt.co.uk/our-malts/wheat-malt/>

Βύνη Σόργου (*Sorghum* L.)

Το σόργο (*Sorghum* L.), αποτελεί το πιο κοινό δημητριακό της Αφρικανικής ηπείρου. Ανήκει στην οικογένεια *Graminae*, όπως και το κριθάρι. Η δυνατότητα παραγωγής του σε μεγάλο μέρος της Αφρικανικής ηπείρου, οφείλεται στην προσαρμογή του σε ημίξηρο και υποτροπικό κλίμα. Αντίθετα, το κριθάρι δεν μπορεί να ευδοκιμήσει σε τέτοιες συνθήκες. Στην Αφρική, το σόργο χρησιμοποιείται για την παραγωγή των παραδοσιακών “θολών” μπυρών. Δεν μπορούν όλες οι ποικιλίες σόργου, να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή μύρας. Υπάρχουν συγκεκριμένες ποικιλίες (όπως π.χ. κόκκινου σπόρου/*red grain*) (Εικόνα 2.7) που είναι κατάλληλες για ζυθοποίηση. (Lyumugabe F., et al., 2012)

Η βυνοποίηση του σόργου, δεν παρουσιάζει διαφορά στα στάδια συγκρινόμενη με τη βυνοποίηση του κριθαριού. Παρόλα αυτά, υπάρχουν σημαντικές διαφορές, μεταξύ των μπυρών (*lager*) και των μπυρών σόργου. Αρχικά, η μύρα σόργου μπορεί να καταναλωθεί στο στάδιο της ζύμωσης εν αντιθέσει με την μύρα κριθαριού, η οποία καταναλώνεται μετά το στάδιο της ζύμωσης. Η μύρα σόργου, ανήκει στις ελεύθερη γλουτένης (*gluten free*) μύρες, οι οποίες αρχίζουν να αποκτούν μεγάλη δημοτικότητα από την κατανάλωση τους από ανθρώπους με δυσανεξία στη γλουτένη (*gluten*), εν αντιθέσει με του κριθαριού που περιέχει τις ορδεΐνες (*hordeins*), οι οποίες έχουν χαρακτηριστεί ως “τοξικές” για τη συγκεκριμένη κατηγορία ανθρώπων. Ακόμη, παρόλο που η ενζυματική δραστηριότητα είναι παρόμοια με αυτή του κριθαριού, οι ακατέργαστοι κόκκοι σόργου, περιέχουν σε μικρές περιεκτικότητες το ένζυμο β-

αμυλάση (*β -amylase*), εν αντιθέσει με το κριθάρι όπου αναπτύσσεται σε μεγάλες ποσότητες. (Lyumugabe F., et al., 2012; Heena R. Rachana D., 2021; Taylor John R. N., et al., 2013)

Παρόλο που οι μύτερες σόργου, αποτελούν πηγή πολλών θρεπτικών συστατικών (Βιταμίνες Β, συμπεριλαμβανομένου της θειαμίνης, φολικού οξέος, ριβοφλαβίνης και σημαντικών αμινοξέων, όπως λυσίνη), όσον αφορά την αποδοχή από τους καταναλωτές, είναι λιγότερο αρεστή συγκριτικά με τις δυτικές μύτερες τύπου lager. Ένας από τους λόγους είναι ότι περιέχει ταννίνες (*tannins*), οι οποίες προσδίδουν πικράδα στην μύρα. Ακόμη, από τις δυτικές μύτερες διαφέρει σημαντικά στη διάρκεια ζωής, καθώς και στις συνθήκες παραγωγής της (έλλειψη επαρκούς υγιεινής). (Lyumugabe F., et al., 2012; Taylor John R. N., et al., 2013)



Εικόνα 2. 7: Βυνοποιημένοι σπόροι σόργου (*red grain*)

Πηγή:
<https://hoppydaysbrewingsupplies.com.au/product/sorghum-malt-voyager/>

2.1.3 Ποιότητα βύνης κριθαριού – Καθοριστικός παράγοντας για τη χρήση της, στην παραγωγή μύρας

Για την παραγωγή *ποιοτικής βύνης* (Πίνακας 2.3) είναι υψίστης σημασίας να πραγματοποιηθεί *σωστή διαλογή της πρώτης ύλης (κριθαριού)* και επιτυχής διαχείρισή της, κατά τη βυνοποίηση. Αυτό σημαίνει ότι οφείλει να πληρεί τις προϋποθέσεις για την απαιτούμενη ποιότητα. (Heena R., Rachana D., 2021)

Σε αυτές τις προϋποθέσεις, υπάγονται **η δομή των κόκκων κριθαριού**, οι **μορφο-φυσιολογικοί παράγοντες του** (σχήμα και μέγεθος, σκληρότητα, περιεκτικότητα υγρασίας, μικροβιακές μολύνσεις) και οι **βιοχημικοί παράγοντες** (δομή πρωτεϊνών και αμύλου, λειτουργία υδρολυτικών ενζύμων). Δεν μπορεί να παραληφθεί και η διαδικασία της **βυνοποίησης** των κόκκων, καθώς κάθε στάδιο της, αποτελεί κλειδί για την απαραίτητη ποιότητα της βύνης. (Heena R., Rachana D., 2021)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 3: Παράγοντες που επιδρούν στην ποιότητα της βύνης κριθαριού

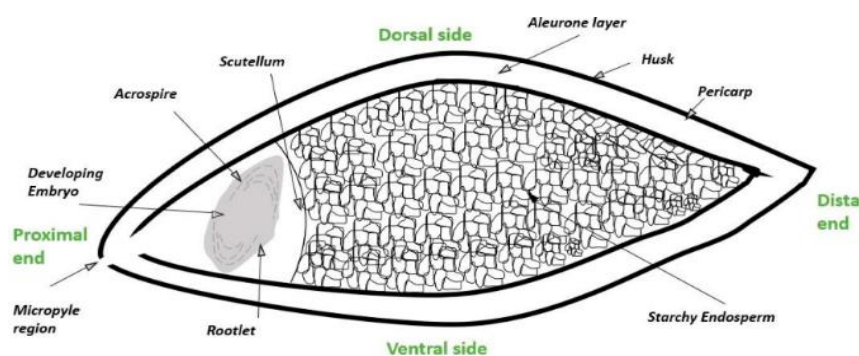
| | |
|-------------------------------------|--|
| ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΒΥΝΗΣ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ | I. Δομή των κόκκων (ακατέργαστων κόκκων κριθαριού) |
| | II. Μορφο-φυσιολογικοί παράγοντες των κόκκων (ακατέργαστων κόκκων κριθαριού) |
| | III. Βιοχημικοί παράγοντες |
| | IV. Βυνοποίηση |

Πηγή: Heena R., Rachana D., 2021

I. Δομή των κόκκων κριθαριού

Τα τρία σημαντικότερα μέρη των κόκκων κριθαριού (Εικόνα 2.8), είναι το αμυλούχο ενδοσπέρμιο (*starchy endosperm*) – σε ποσοστό 77-82%, το έμβρυο (*embryo*) – σε ποσοστό 2-3% και το εξωτερικό προστατευτικό στρώμα (*protective outer layer*). Το στρώμα αυτό, αποτελείται από το φλοιό (*husk*) – σε ποσοστό 10-12%, το περικάρπιο και το κάλυμμα (*pericarp and testa*) – σε ποσοστό 2-3% καθώς και το στρώμα αλευρώνης (*aleurone layer*) - σε ποσοστό 4-5%. (Palmer G. H., 2018)

Ο φλοιός συμβάλει στην αποτροπή γδαρσίματος του καρπού. Το περίβλημα καθώς και ο φλοιός λειτουργούν προστατευτικά για αποτροπή αφυδάτωσης και μικροβιακής μόλυνσης. Κάτω από το κάλυμμα βρίσκεται το στρώμα αλευρώνης (*aleurone layer*). Τα κύτταρα αλευρώνης περιέχουν τους υδατάνθρακες, πεντοζάνες και β-γλυκάνες σε αναλογίες 60% και 30%, αντίστοιχα. Τα σάκχαρα αυτά, υδρολύονται κατά τη βυνοποίηση από τα υδρολυτικά ένζυμα που βιοσυντίθενται στο στρώμα αλευρώνης με τη συμβολή του γιββερελλικού οξέος (GA). Η διαδικασία της υδρόλυσης των σακχάρων του στρώματος αλευρώνης, μπορεί να ευνοήσει τη μεταφορά υδρολυτικών ενζύμων στο ενδοσπέρμιο. (Shewry, P. R., Ullrich, S. E. 2014; Heena R., Rachana D., 2021)



Εικόνα 2. 8:
Αναπαράσταση
κόκκου κριθαριού

Πηγή:
<https://www.mdpi.com/2311-5637/6/4/117>

II. Μορφο-φυσιολογικοί παράγοντες (ακατέργαστων κόκκων κριθαριού)

1. Σχήμα και μέγεθος των κόκκων: Τα είδη κριθαριού καθορίζουν το σχήμα και τις ιδιότητές του. Πιο συγκεκριμένα, τα είδη κριθαριού, χωρίζονται στα α) δίστιχο κριθάρι και β) εξάστιχο κριθάρι (Πίνακας 2.4). Έχει διαπιστωθεί ότι για τη βυνοποίηση προτιμούνται κόκκοι κριθαριού οι οποίοι διαθέτουν μεγάλα και λεπτά κυτταρικά τοιχώματα καθώς και πιο αραιά καταμερισμένο ενδοσπέρμιο, διότι ευνοείται ο καταμερισμός του νερού και των υδρολυτικών ενζύμων στο ενδοσπέρμιο. (Palmer G. H., 2018; Heena R., Rachana D., 2021)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 4: Διαφορές μεταξύ δίστιχου και εξάστιχου κριθαριού

| Δίστιχο κριθάρι | Εξάστιχο κριθάρι |
|--|--|
| Μεγαλύτεροι κόκκοι | Μικροί κόκκοι |
| Ανάπτυξη βαρύτερων κόκκων | Ανάπτυξη ελαφρύτερων κόκκων από το δίστιχο |
| Ανάπτυξη μόνο των δύο σειρών | Ανάπτυξη και των έξι σειρών |
| Μικρή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη | Μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη από το δίστιχο |
| Μεγαλύτερος χρόνος διαβροχής (steeping) κατά τη διαδικασία της βυνοποίησης | Μικρότερος χρόνος για διαβροχή (steeping) κατά τη διαδικασία της βυνοποίησης |

Πηγή: Palmer G. H., 2018; Heena R., Rachana D., 2021

2. Σκληρότητα: Οι κόκκοι του κριθαριού, χωρίζονται σε: σκληρούς και μαλακούς κόκκους. Οι “σκληρόκοκκες” ποικιλίες, είναι κατάλληλες για ζωοτροφή, εν αντιθέσει με τις “μαλακόκοκκες” ποικιλίες που είναι οι κατάλληλες για βυνοποίηση. Η διάκριση μεταξύ των δυο ποικιλιών, σχετίζεται με τη δομή του ενδοσπερμίου και πιο συγκεκριμένα με τη σχέση μεταξύ των αμύλου, πρωτεϊνών και β-γλυκανών (*β-glucan*) που περιέχονται σ’ αυτό. Το ενδοσπέρμιο των “σκληρόκοκκων” ποικιλιών, χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα πρωτεϊνών και β-γλυκανών (*β-glucan*). Αντίθετα, το ενδοσπέρμιο των “μαλακόκοκκων” ποικιλιών χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα αμύλου. Το ενδοσπέρμιο του κριθαριού, ανάλογα με τη σκληρότητα του, μπορεί να χαρακτηριστεί είτε ως “χαλύβδινο” (*steely*) είτε ως “αλευρώδες” (*mealy*) για σκληρό και για μαλακό ενδοσπέρμιο, αντίστοιχα. (Heena R., Rachana D., 2021; Kok Y. J. et al., 2018)
3. Μικροβιακές μολύνσεις: Η μικροβιακή μόλυνση, είναι αρκετά επίφοβη κατά τη βυνοποίηση. Λόγοι οι οποίοι μπορούν να οδηγήσουν σε μόλυνση, είναι οι συνθήκες στις οποίες πραγματοποιείται η βυνοποίηση. Το στάδιο, το οποίο δίνει το προβάδισμα στη μόλυνση, είναι το στάδιο της διαβροχής “*steeping*”. Η διαβροχή,

σε συνθήκες υψηλής υγρασίας (45%) και χαμηλών θερμοκρασιών (10-14°C), ευνοεί την παραγωγή τοξικών μεταβολιτών, μυκοτοξινών καθώς επίσης προκαλεί καταστροφή των συστατικών των κόκκων βύνης. Τρόποι αποφυγής της μικροβιακής μόλυνσης είναι α) η επιλογή ενός γονότυπου, ο οποίος δεν ευνοεί την παραγωγή των συγκεκριμένων μεταβολιτών καθώς και β) η βελτίωση των συνθηκών κατά τη βυνοποίηση. Έτσι, παρέχεται η κατάλληλη ποιότητα βύνης και συνεπώς μύρας. (Heena R., Rachana D., 2021; Misra N. N. et al., 2019; Mastanjanovic K., et al., 2018)

III. Βιοχημικοί παράγοντες

1. Δομή πρωτεϊνών: Η περιεκτικότητα των κόκκων κριθαριού σε πρωτεΐνες, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για την τελική ποιότητα της μύρας. Η περιεκτικότητα του κριθαριού σε πρωτεΐνες οφείλεται σ' ένα σύνολο διαφορετικών παραγόντων (συνθήκες εδάφους, καιρικές συνθήκες κ.λπ.). Ανάλογα με τον τύπο του κριθαριού (δίστιχο ή εξάστιχο), η αποδεκτή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη είναι 9.0%-11.0% για δίστιχο κριθάρι και 9-11.5% για εξάστιχο κριθάρι. Σύμφωνα με τους Heena R., Rachana D., η περιεκτικότητα πρέπει να βρίσκεται στα απαραίτητα επίπεδα για να μην υπάρξουν ανεπιθύμητες επιδράσεις στην τελική ποιότητα και απόδοση της βύνης. Μεγάλη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη επιδρά αρνητικά καθώς δεν επιτρέπει τη διέλευση των υδρολυτικών ενζύμων, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει μεγάλη απόδοση σε εκχύλισμα βύνης. Από την άλλη πλευρά, χρειάζεται την απαραίτητη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη για τη σταθερότητα του αφρού της μύρας. Σε οποιαδήποτε περίπτωση περιεκτικότητα πρωτεΐνης >12%, υποδεικνύει κάποιου είδους πρόβλημα στη ζυθοποίηση. (Steiner et al., 2011; Mekonnen G., 2020; Heena R., Rachana D., 2021)
2. Δομή υδατανθράκων: Το 80% του κόκκου του κριθαριού, αποτελείται από άμυλο και από μη αμυλούχους πολυσακχαρίτες (NSP). Το άμυλο βρίσκεται σε μεγαλύτερη περιεκτικότητα στον κόκκο του κριθαριού. Η υδρόλυση του, πραγματοποιείται από υδρολυτικά ένζυμα που παράγονται στη στιβάδα αλευρώνης. Σύμφωνα με τους Heena R., Rachana D., η υδρόλυση της αμυλοπυκτίνης και της αμυλόζης ξεκινά στη διαδικασία της βυνοποίησης και γίνεται εντονότερη κατά τη πολτοποίηση (*mashing*), λόγω της ενεργοποίησης των ενζύμων, της πολτοποίησης της βύνης και της υψηλής θερμοκρασίας του

νερού. Ποικιλίες κριθαριού με αραιότερα κατανεμημένα μόρια αμύλου, διευκολύνουν τη διέλευση του νερού και συνεπώς η υδρόλυση τους είναι ευκολότερη. Τα NSP είναι δομικοί πολυσακχαρίτες, ελεύθεροι αμύλου και κυμαίνονται σε ποσοστό 23% - 41%. Βρίσκονται κυρίως στα κυτταρικά τοιχώματα των προστατευτικών στρωμάτων καθώς και του ενδοσπερμίου του κριθαριού. Σε μεγαλύτερο ποσοστό βρίσκονται οι β-γλυκάνες (*β-glucans*) και οι αραβινοξυλάνες (*AX*). Οι συγκεκριμένοι πολυσακχαρίτες είναι απαραίτητο να υδρολυθούν κατά τη βυνοποίηση, καθώς μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την τελική ποιότητα της μύρας. Προκαλούν προβλήματα στο φιλτράρισμα και θόλωμα της μύρας καθώς επίσης συμβάλλουν σε μικρή απόδοση εκχυλίσματος βύνης. (Heena R., Rachana D., 2021)

3. Υδρολυτικά ένζυμα: Κύριος σκοπός κατά τη βυνοποίηση είναι η παραγωγή των υδρολυτικών ενζύμων στον καρπό του κριθαριού. Τα υδρολυτικά ένζυμα χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες α) τα ένζυμα του κυτταρικού τοιχώματος (αραβινοξυλανάση / *arabinoxylanase* και β-γλυκανάση / *β-glucanase*), β) τα ένζυμα που υδρολύουν το άμυλο (α-αμυλάση / *α-amylase*, β-αμυλάση / *β-amylase*, οριακή δεξτρινάση / *limit dextrinase (LD)* και α-γλυκοσιδάση / *α-glucosidase*) και γ) τα ένζυμα που υδρολύουν τις πρωτεΐνες. Η παραγωγή των υδρολυτικών ενζύμων από τη στιβάδα αλευρώνης, σχετίζεται με την ποσότητα γιββερελικού οξέος (*GA-giberelic acid*) που έχει παραχθεί καθώς και με τον τρόπο αλληλεπίδρασης με τη στιβάδα αλευρώνης. (Heena R., Rachana D., 2021; Sammartino M., 2015)

IV. Βυνοποίηση

Ως βυνοποίηση χαρακτηρίζεται η διαδικασία μετατροπής του κριθαριού σε βύνη κριθαριού. Πραγματοποιείται με εκβλάστηση του καρπού και στη συνέχεια γίνεται διακοπή της μέσω ξήρανσης (Heena R., Rachana D., 2021)

Ο αποτελεσματικός καθαρισμός του κριθαριού, αποτελεί το πρώτο βασικό βήμα για την ποιότητα της βύνης. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται **διαλογή των σπόρων του κριθαριού** με κριτήριο το μέγεθος και τη σκληρότητα του σπόρου. Έπειτα από το διαχωρισμό ξεκινάει η **διαδικασία της διαβροχής των σπόρων**. Είναι πολύ σημαντικό για την επιθυμητή ποιότητα του τελικού προϊόντος, η διαβροχή να επιτευχθεί υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Με κάθε διαβροχή επιτελούνται διαφορετικές μεταβολές στον σπόρο του κριθαριού. Απόρροια των επανειλημμένων διαβροχών, αποτελεί η **εκβλάστηση των σπόρων των κριθαριών**. Τέλος, το σημαντικότερο μέρος

της βυνοποίησης, το οποίο καθορίζει τα ποιοτικά/οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος, είναι η ξήρανση, η οποία είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη του ιδανικού αρώματος καθώς και του χρώματος της βύνης. (Guido L., Moreira M., 2013; Heena R., Rachana D., 2021)

2.2 Το νερό

2.2.1 Ο ρόλος του νερού στην παραγωγή μύρας

Το νερό αποτελεί το κύριο συστατικό της μύρας, το οποίο συνολικά αντιπροσωπεύει το 92-95% των συνολικών συστατικών της. Στη διαδικασία της ζυθοποίησης, το νερό δε χρησιμοποιείται μόνο ως συστατικό της μύρας. Κατά την ανάπτυξη των πρώτων υλών (πχ. κριθαριού, λυκίσκου κ.λ.π), χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες νερού, καθώς και για τη βυνοποίηση. Σε βιομηχανικές συνθήκες, η αναλογία νερού προς λίτρο συσκευασμένης μύρας, είναι 3:1. (Parker D. K., 2012; Bamforth, C.W., 2016)

Είναι πολύ σημαντική η σύσταση του νερού που θα χρησιμοποιηθεί κατά τη βιομηχανική επεξεργασία της μύρας. Το νερό οφείλει να είναι καθαρό, δηλαδή να μην έχει μολύνσεις και να διαθέτει την απαραίτητη χημική σύσταση, καθώς και την κατάλληλη σκληρότητα για τη συγκεκριμένη κατηγορία μύρας που θα παραχθεί. Κατά παράδοση, τα ζυθοποιία εγκαθιδρύονταν σε μέρη όπου ήταν διαθέσιμες μεγάλες ποσότητες νερού. Το νερό που χρησιμοποιούσαν σε μεγάλο βαθμό έδινε χαρακτηριστικά στην παραγόμενη μύρα. (Eumann M., Schilbach S., 2012; Parker D. K., 2012)

Με τις τεχνολογικές εξελίξεις στην επεξεργασία του νερού, οι ζυθοβιομηχανίες, δεν είναι πλέον εξαρτημένες από τις συνθήκες του τοπικού νερού. Οποιαδήποτε πηγή νερού (Πίνακας 2.5), χαρακτηρίζεται υποψήφια για χρήση σε όλα τα στάδια επεξεργασίας της μύρας σε βιομηχανικές συνθήκες. (Eumann M., Schilbach S., 2012)

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι πηγές άντλησης νερού για όλα τα στάδια στη γραμμή παραγωγής της μύρας δεν είναι συγκεκριμένες. Οι τεχνολογικές εξελίξεις στην επεξεργασία του νερού έχουν εξασφαλίσει τα ακόλουθα:

- Νερό κατάλληλης ποιότητας
- Νερό στις κατάλληλες ποσότητες για τη διεκπεραίωση των απαραίτητων λειτουργιών στο ζυθοποιείο.

Σήμερα, στις βιομηχανίες γίνεται χρήση παλιών αλλά και νέων μεθόδων επεξεργασίας του νερού. Κύριος σκοπός, είναι ο συνδιασμός των δύο μεθόδων για την καλύτερη απόδοση στην επεξεργασία. (Eumann M., Schilbach S., 2012)

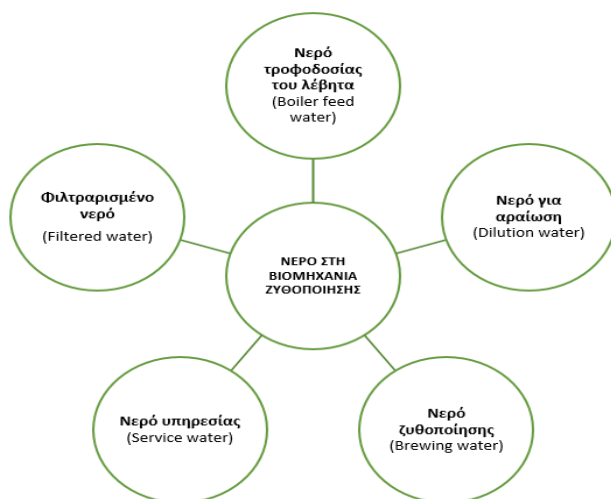
ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 5: Πηγές ακατέργαστου νερού για τη βιομηχανία ζυθοποίησης

| Πηγές ακατέργαστου νερού: | | |
|---------------------------|----------------------------|---|
| | • Νερά πηγαδιών | - |
| | • Επιφανειακά νερά | π.χ. λίμνες, ποτάμια, τεχνητές δεξαμενές και φράγματα |
| | • Δημοτικό νερό | - |
| | • Άλλες πηγές νερού | π.χ. νερά βροχοπτώσεων, εργοστασιακά λύματα κ.λ.π |

Πηγή: Eumann M., Schilbach S., 2012

2.2.2 Απαιτήσεις τύπων νερού (επεξεργασμένου νερού) στη βιομηχανία της ζυθοποίησης

Είδη νερού που χρησιμοποιούνται σε μια βιομηχανία ζυθοποίησης

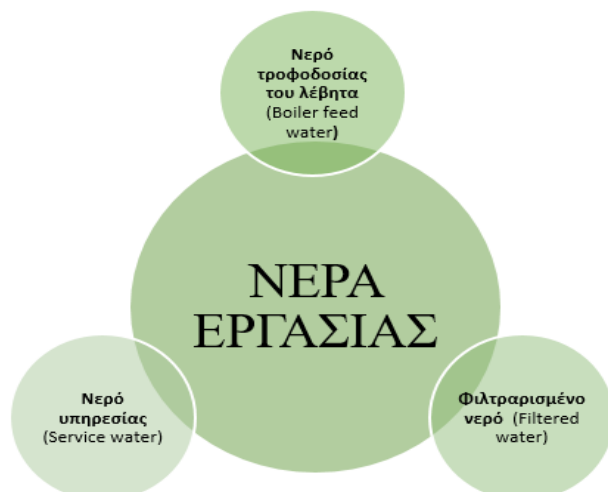


Εικόνα 2. 9: Το νερό στη βιομηχανία ζυθοποίησης

Πηγή: Eumann M., Schilbach S., 2012

Στη βιομηχανία της ζυθοποίησης, το νερό (Εικόνα 2.9) ανάλογα με τη χρήση του, οφείλει να διαθέτει διαφορετική σύσταση. Παρακάτω, επισημαίνονται οι διάφοροι τύποι νερού, καθώς και οι απαιτήσεις στις οποίες υπόκεινται ανάλογα με τη χρήση τους (Εικόνες 2.10, 2.11). (Eumann M., Schilbach S., 2012)

Τύποι νερού για τις εργασίες στο χώρο της ζυθοποίησης



Εικόνα 2. 10: Νερά εργασίας στη ζυθοβιομηχανία

Πηγή: Eumann M., Schilbach S., 2012

1. Φιλτραρισμένο νερό (*Filtered water*)

Το φιλτραρισμένο νερό (*filtered water*) χρησιμοποιείται γενικά στο χώρο της ζυθοποίησης, με κύρια εφαρμογή την καθαριότητα. Από νομοθετικής άποψης, απαιτείται να συμμορφώνεται με τα πρότυπα (Ευρωπαϊκών νομοθεσιών είτε του Π.Ο.Υ.) στα οποία υπόκειται το πόσιμο νερού. Επίσης, είναι σημαντική η εφαρμογή των απαιτούμενων νομοθεσιών (ίδιες με του νερού) για τη μικροβιολογική του κατάσταση. (Eumann M., Schilbach S., 2012; EC, 1998; World Health Organization, 2006)

2. Νερό υπηρεσίας (*Service water*)

Το νερό υπηρεσίας (*service water*) χρησιμοποιείται κυρίως για καθαριότητα καθώς και απολύμανση. Όσον αφορά την καθαριότητα, χρησιμοποιείται για καθαριότητα του χώρου επεξεργασίας, των επιστρεφόμενων φιαλών μπίρας καθώς και των βαρελιών μπίρας. (Eumann M., Schilbach S., 2012)

- Χημική σύσταση νερού υπηρεσίας: Είναι αναγκαία η μείωση της σκληρότητας του, καθώς μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες ενέργειες (π.χ. άλατα) στους εναλλάκτες θερμότητας, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που απαιτούνται. Αυτό οδηγεί σε απώλειες ενέργειας. Ακόμη, τα επίπεδα χλωρίου θα πρέπει να βρίσκονται σε επίπεδα μικρότερα των 50 ppm, λόγω διάβρωσης του ανοξείδωτου ατσαλιού, που γίνεται εντονότερη με την αύξηση της θερμοκρασίας. (Eumann M., Schilbach S., 2012; Deutsche Industrie Norm DIN EN 12502-4, 2005)

- Μικροβιολογική σύσταση: Για μικροβιολογική ασφάλεια κατά την αποθήκευση και κατά τη διανομή, γίνεται χρήση του ClO₂. Η χρήση Cl₂ καθώς και του όζοντος δεν προτιμούνται καθώς τα χημικά προϊόντα είναι τοξικά για τον άνθρωπο. Πιο συγκεκριμένα, το Cl₂, υπάρχει δυνατότητα να δημιουργήσει τριαλομεθάνες (ή *TMHs*) και χλωροφαινόλες. Επίσης, το όζον (O₃) παράγει υποπροϊόντα, όπως THM και ανιόντα βρωμίου (Bromate). (Eumann M., Schilbach S., 2012)

Νέες τεχνικές καθαρισμού του νερού μέσω εφαρμογής ηλεκτρικού πεδίου:

Με αυτή την τεχνική, παράγονται προϊόντα χλωρίου όπως, Cl₂, HOCl και OCl⁻ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως απολυμαντικά. (Kunzmann C., 2008)

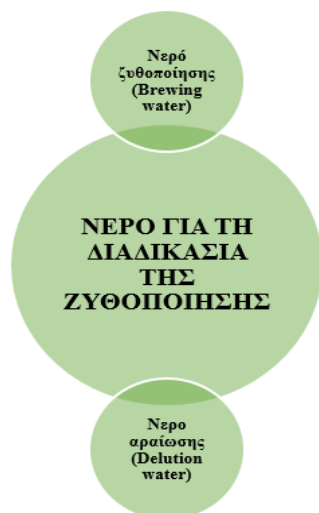
3. Νερό τροφοδοσίας του λέβητα (*Boiler feed water*):

Για το νερό τροφοδοσίας του λέβητα (*boiler feed water*) και πιο συγκεκριμένα για “λέβητες κελύφους”, θα πρέπει η περιεκτικότητα σε CaCO₃, να είναι < 1 ppm, καθώς δεν πρέπει να περιέχει άλατα. Ακόμη, η σκληρότητα μπορεί να αφαιρεθεί με τοποθέτηση απορροφητών σκληρότητας. (π.χ. φωσφορικά ανιόντα / *phosphates*) (Eumann M., Schilbach S., 2012)

Για τη χρήση του νερού στο λέβητα απαραίτητη είναι η απαέρωση και αποβολή του CO₂. Πραγματοποιείται μέσω θερμικής απαέρωσης ή με τοποθέτηση απορροφητών οξυγόνου (π.χ.θειικά ανιόντα / *sulfite*). (Eumann M., Schilbach S., 2012)

Τύποι νερού που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία της ζυθοποίησης

1. Νερό ζυθοποίησης (*Brewing water*)



Εικόνα 2. 11: Τύποι νερού για τη διαδικασία της ζυθοποίησης

Πηγή: Eumann M., Schilbach S., 2012

Το νερό ζυθοποίησης (*Brewing water*), που ονομάζεται και “λικέρ ζυθοποίησης” (*Brewing liquor*) από τους ζυθοποιούς, ελέγχεται από τη νομοθεσία για τη μικροβιολογική και χημική ασφάλειά του. Ανάλογα με τον τύπο μύρας το “λικέρ ζυθοποίησης” επιδέχεται τροποποιήσεις στη σύνθεσή του. Πιο συγκεκριμένα, τα επίπεδα **ασβεστίου και μαγνησίου**, θεωρείται ότι συμβάλλουν θετικά στην παραγωγή μύρας εν αντιθέσει με τα διττανθρακικά / *bicarbonates* που συμβάλλουν αρνητικά. Ακόμη υπάρχει πληθώρα ουσιών που επιδρούν είτε θετικά είτε αρνητικά στο νερό για ζυθοποίηση (Πίνακας 2.6). (Pires E., Branyik T., 2015; Eumann M., Schilbach S., 2012)

Το κατάλληλο νερό για ζυθοποίηση οφείλει να έχει **υψηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο και μαγνήσιο (κατιόντα)**. Τόσο το ασβέστιο όσο και το μαγνήσιο δρουν με παρόμοιο τρόπο. Η σημαντικότερη ομοιότητα στη δράση τους αποτελεί η ελάττωση του pH του πολτού. Αρχικά, το ασβέστιο προκαλεί ελάττωση του pH, βελτιώνει τη δράση των α-αμυλασών (*α-amylases*), προάγει την κατακρήμνιση των πρωτεϊνών κατά τη διάρκεια βρασμού του ζυθογλεύκου και συμβάλει στην απομάκρυνση των οξαλικών (τα οξαλικά, προκαλούν το φαινόμενο του “αναβλισμού” (αρνητικό φαινόμενο)) της μύρας. Εν συνεχεία, όσον αφορά το μαγνήσιο, τα άλατα του, παρουσιάζουν μεγαλύτερη διαλυτότητα συγκριτικά με του ασβεστίου, για αυτό και δεν είναι τόσο αποδοτικά όσο τα άλατα του ασβεστίου. Τέλος, η ελάττωση του pH από το μαγνήσιο, οφείλεται στις αντιδράσεις των φωσφορικών αλάτων της βύνης με το μαγνήσιο. Έτσι, γίνεται παραγωγή ιόντων πρωτονίου (H^+) και συνεπώς μείωση του pH. (Eumann M., Schilbach S., 2012)

Το νερό για τη ζυθοποίηση περιέχει και **διττανθρακικά / *bicarbonates* (ανιόντα)**. Τα παραπάνω ανιόντα, σε αντιδιαστολή με το ασβέστιο και το μαγνήσιο, προκαλούν αύξηση του pH του πολτού. Η αύξηση του pH, οφείλεται στα διττανθρακικά / *bicarbonates* του νερού, σε συνδυασμό με το CO_2 που προκύπτει από το βρασμό του πολτού. Έτσι, παράγεται ανθρακικό οξύ (H_2CO_3) το οποίο είναι υπεύθυνο για τη μείωση του pH. (Eumann M., Schilbach S., 2012)

Η εξίσωση Kolbach (Εξίσωση 2.1) χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της υπολειπομένης αλκαλικότητας του νερού, που προορίζεται για τη ζυθοποίηση. Αποτυπώνει την επίδραση των δύο αντίθετων μεταβολών: α) Από το ασβέστιο και το μαγνήσιο (μείωση του pH), β) Από τα διττανθρακικά (αύξηση του pH). Έτσι, είναι γίνεται πρόβλεψη της αλκαλικότητας του νερού στο pH του πολτού (Eumann M., Schilbach S., 2012).

$$RA = TA - \frac{Ca^{2+} + Mg^{2+} / 2}{3.5}$$

Εξίσωση 2. 1: Εξίσωση Kolbalch

RA (Υπολειπόμενη αλκαλικότητα σε ppm CaCO₃), TA (Ολική αλκαλικότητα σε ppm CaCO₃), Ca²⁺ (σκληρότητα Ca σε ppm CaCO₃) και Mg²⁺ (σκληρότητα Mg σε ppm CaCO₃)

Πηγή: Eumann M., Schilbach S., 2012

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 6 Συσχέτιση ουσιών που περιέχονται στο χρησιμοποιούμενο για ζυθοποίηση νερό

| Νερό ζυθοποίησης (<i>Brewing water</i>) | Ουσίες που επιδρούν θετικά στο νερό για ζυθοποίηση | Αρνητικές ουσίες στο νερό για τη ζυθοποίηση (Οξειδωτικές ουσίες) |
|--|--|--|
| | Ασβέστιο (σε μη ανθρακική μορφή - επιδρά στη σκληρότητα) | Διοξείδιο του Χλωρίου |
| | Χλώριο σε περιεκτικότητα < 50 ppm | Όζον |
| | Τα ανιόντα θείου, προσδίδουν σταθερότητα στο ασβέστιο. Επιδρά στη γεύση της μύρας. | Η ύπαρξη χλωρίου στο νερό για ζυθοποίηση, χαρακτηρίζεται επικίνδυνη, καθώς παράγονται χλωροφαινόλες. |
| | Νιτρικά σε περιεκτικότητα < 25 ppm. | Οι τριαλομεθάνες (THM) πρέπει να είναι σε περιεκτικότητα < 10 ppb (καρκινογόνες ουσίες) |
| | Διοξείδιο του πυριτίου (SiO ₂) σε περιεκτικότητα 25-40 ppm. | - |

Πηγή: Eumann M., Schilbach S., 2012

2. Νερό για αραιώση (*Dilution water*)

Το νερό για αραιώση (*dilution water*) της μύρας είναι το νερό που προστίθεται στην ήδη φιλτραρισμένη μύρα. Είναι προφανές, ότι θα πρέπει να έχει παρόμοια σύσταση με το νερό που χρησιμοποιήθηκε κατά τη ζυθοποίηση (*brewing water*). Εν αντιθέσει με το νερό ζυθοποίησης, το νερό για αραιώση (*dilution water*) πρέπει να έχει μικρή περιεκτικότητα σε Ca^{2+} . Είναι σημαντικό το νερό που θα προστεθεί, να μην έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε ασβέστιο καθώς θα επιφέρει μεταβολές στην ισορροπία των ασβεστίου-οξαλικών. Το αποτέλεσμα θα είναι η σύνθεση κρυστάλλων ασβεστίου-οξαλικών που κατά συνέπεια θα προκαλέσουν το ανεπιθύμητο φαινόμενο του "αναβλισμού". (Eumann M., Schilbach S., 2012)

2.2.3 Νέες βιώσιμες προσεγγίσεις, των λυμάτων ζυθοποιίας για χρήση στη βιομηχανία

Σύμφωνα με τους Eumann M., Schilbach S., 2012, έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες οι οποίες υποδεικνύουν ότι είναι εφικτή η ανακύκλωση των λυμάτων ζυθοποιίας. Η υιοθέτηση αυτής της πρωτοπόρας διαδικασίας, από μεγάλες ζυθοβιομηχανίες, αποτελεί έναυσμα για την επιρροή στην ανακύκλωση του νερού. (Eumann M., Schilbach S., 2012)

Οι ζυθοβιομηχανίες χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες νερού. Συνεπώς, παράγουν και πολλά λύματα, τα οποία φέρουν υψηλό οργανικό φορτίο (π.χ. σάκχαρα, αιθανόλη κ.λπ), καθώς και μεγάλες περιεκτικότητες σε φωσφόρο και άζωτο. Τα λύματα, συνήθως απορρίπτονται σε ποτάμι. Το ποτάμι περιέχει βακτήρια, τα οποία όταν έρθουν σε επαφή με τα λύματα (που περιέχουν το οργανικό φορτίο), τα οξειδώνουν και καταναλώνουν το οξυγόνο που απαιτείται για την αποικοδόμηση των λυμάτων. Επιπλέον, ο φωσφόρος και το άζωτο, προέρχονται κυρίως από τις πρώτες ύλες, την ποσότητα της μαγιάς καθώς και από τα απορρυπαντικά (περιέχουν νιτρικό οξύ / *nitric acid*) στα λύματα. Σε κάθε περίπτωση, προκαλείται μόλυνση του περιβάλλοντος. (Chen et al., 2016; Werkneh A. A., et al., 2019; Simate et al., 2011; Olajire, 2012)

Για τους παραπάνω λόγους οφείλει να επεξεργάζεται πριν την απόρριψη στο περιβάλλον. Στις μέρες μας, έχει ξεκινήσει η εφαρμογή πιο βιώσιμων προσεγγίσεων των λυμάτων ζυθοποιίας. Μέσω των διαδικασιών επεξεργασίας των λυμάτων ζυθοποίησης, σκοπός είναι η επαναχρησιμοποίηση του νερού ή/και η παραγωγή ενέργειας. Έτσι, ξεκίνησε η εφαρμογή συστημάτων καθαρισμού των λυμάτων (Πίνακας 2.7). (Chen et al., 2016; Werkneh A. A., et al., 2019; Simate et al. 2011)

| Είδη | |
|---|--|
| βιοαντιδραστήρων <i>/bioreactors</i> | • Βιοντιδραστήρες μεμβράνης/ <i>Membrane bioreactors</i> |
| | • Διήθηση μεμβρανών / <i>Membrane filtration</i> |
| | • Αναερόβιος βιοαντιδραστήρας μεμβρανών / <i>Anaerobic membrane bioreactor</i> |
| | • Βιοαντιδραστήρας ρευστής κλίνης / <i>Fluidized bed bioreactor</i> |
| | • Αναερόβιος αντιδραστήρας για συνεχόμενες παρτίδες <i>/ Anaerobic sequencing batch reactor</i> |

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 7: Είδη βιοαντιδραστήρων / bioreactors για τον καθαρισμό των λυμάτων ζυθοποίησης

Πηγή: Simate et al. 2011; Chen et al. 2016; Alvaro-Lassman et al 2008; Xiangwen et al. 2008

2.3 Ο Λυκίσκος

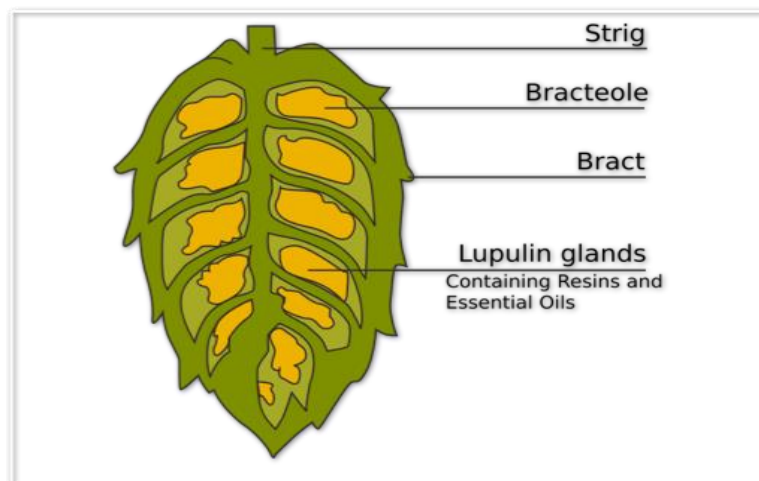
2.3.1 Προέλευση και ανατομία του λυκίσκου

Ο λυκίσκος (*Humulus lupulus L.*) ανήκει στην οικογένεια *Cannabaceae*. Μορφολογικά, είναι ένας αναρρυχτικός άμπελος, ο οποίος αποτελείται από δυο διαφορετικά φυτά. Τον θηλυκό και τον αρσενικό λυκίσκο. Για τη ζυθοποίηση χρησιμοποιούνται οι κώνοι του θηλυκού λυκίσκου. Η καλλιέργεια του λυκίσκου, πραγματοποιείται σε παγκόσμια κλίμακα. Όμως, οι πιο μεγάλες καλλιέργειες του, γίνονται στη Γερμανία (*Hallertau, Elbe-Saale, Tettmang, Spalt*) και στις Η.Π.Α (*Washington, Oregon, Idaho*). Ο λυκίσκος χρησιμοποιείται στη βιομηχανία της ζυθοποίησης κυρίως για τις οργανοληπτικές του ιδιότητες (άρωμα και πικράδα). (Parker D. K., 2012; Schonberger, C. et al., 2011; Wunderlich S., Back W., 2009)

Μορφολογία λυκίσκου

Ανατομικά, το λουλούδι του θηλυκού λυκίσκου (Εικόνα 2.12) αποτελείται από την **χορδή** (*string*), τα **βράκτια** (*bract*-φυλλώδες μέρος), τα **βρακτεόλια** (*bracteole*-μικρότερο φυλλώδες μέρος) και τους **αδένες λουπουλίνης** (*Lupulin glands*). Πιο συγκεκριμένα, το κωνικό αυτό φυτό, δομείται ως ακολούθως: η χορδή η οποία συγκρατεί το λουλούδι του λυκίσκου ακολουθεί τον κορμό. Ο κορμός, συγκρατεί σε πτυχωτή δομή τα βράκτια. Τα βράκτια, είναι οργανίδια τα οποία λειτουργούν προστατευτικά και περιέχουν μικρή ποσότητα των αδενών λουπουλίνης. Εν συνεχεία,

τα βρακτέλια τα οποία ακολουθούν τα βράκτια, αποτελούν και αυτά οργανίδια τα οποία όμως έχουν μεγαλύτερη ποσότητα αδενών λουπουλίνης. (Olonska J. et al, 2016)

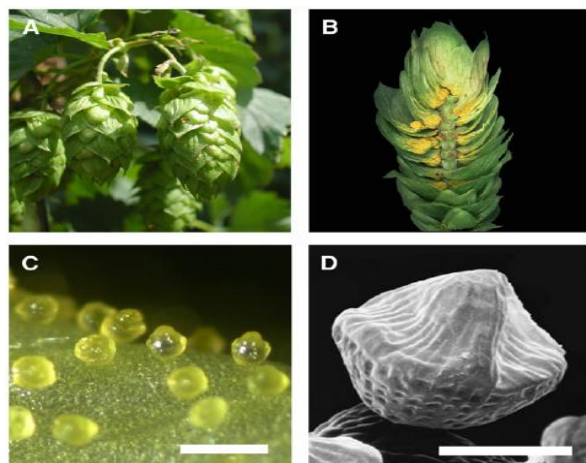


Εικόνα 2. 12: Διατομή του λουλουδιού του θηλυκού λυκίσκου

Πηγή:
http://bioweb.uwlax.edu/bio203/s2009/sewalish_andr/Humulus%20Lupulus%20-%20Common%20Hops/Hop%20Anatomy%20and%20Chemistry%20101.html

2.3.2 Τα φυτοχημικά του λυκίσκου

Στα φυτοχημικά του λυκίσκου (Πίνακας 2.8), υπάγονται οι πρωτογενείς καθώς και οι δευτερογενείς μεταβολίτες. Στη διαδικασία της ζυθοποίησης, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι δευτερογενείς μεταβολίτες. Αυτοί οι μεταβολίτες, βιοσυντίθενται στα αδενικά τριχώματα / *glandular trichomes* (Εικόνα 2.13) του θηλυκού λυκίσκου και στη συνέχεια αποθηκεύονται στους αδένες λουπουλίνης / *lupulin glands*. Οι αδένες λουπουλίνης έχουν κίτρινο χρώμα και βρίσκονται στη βάση των βρακτίων. (Boquet L, Sahraz S et al., 2018)



Εικόνα 2. 13: Διατομή λυκίσκου, με έμφαση στους αδένες λουπουλίνης και στα αδενικά τριχώματα

Πηγή:
https://www.researchgate.net/figure/Morphology-of-Hop-Cones-and-Lupulin-Glands_fig1_5628868

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 8: Τα φυτοχημικά που περιέχονται στο λυκίσκο

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| <p>Φυτοχημικά λυκίσκου</p> | <p>Πρωτογενείς μεταβολίτες <i>(Primary metabolites)</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> Χαρακτηρίζεται το σύνολο των ενώσεων, που παράγονται κατά την ανάπτυξη του φυτού καθώς και κατά την αναπαραγωγή του. Επιπλέον, υπάγεται και η διαδικασία |
|-----------------------------------|---|--|

| | | |
|--|--|--|
| | | λήψης διαφόρων θρεπτικών συστατικών (σάκχαρα, λιπίδια, αμινοξέα, πρωτεΐνες καθώς και παράγωγά τους). |
| | Δευτερογενείς μεταβολίτες (<i>Secondary metabolites</i>) | <ul style="list-style-type: none"> Ως δευτερογενείς μεταβολίτες, χαρακτηρίζονται οι παράγωγες ουσίες (χημικές), οι οποίες αφορούν την επιβίωση καθώς και την αλληλεπίδραση του φυτικού οργανισμού με το περιβάλλον. |

Πηγή: Boquet L, Sahraz S et al., 2018; Bruneton, 2016; Heinrich, et al., 2018

2.3.3 Χρήσιμες ιδιότητες του λυκίσκου στη ζυθοποίηση και στην ανθρώπινη υγεία

Οι δευτερογενείς μεταβολίτες (Πίνακας 2.9) προσδίδουν την απαραίτητη **πικράδα**, τα **αρώματα** καθώς και τις **αντιμικροβιακές ιδιότητες** στην μύρα. Ειδικότερα, παράγονται τρεις κατηγορίες σημαντικών δευτερογενών μεταβολιτών, **τις ρητίνες, τα αιθέρια έλαια και τις πολυφαινολικές ενώσεις**. (Wunderlich S., Back W., 2009; Boquet L., Sahraz S. et al., 2018)

Αρχικά οι **ρητίνες**, οι οποίες απαρτίζουν το 10-20% του ξηρού υπολείμματος του λυκίσκου είναι υπεύθυνες για τη χαρακτηριστική πικράδα της μύρας. Οι ενώσεις που βρίσκονται σε μεγαλύτερη αναλογία, είναι τα α-οξέα καθώς και τα β-οξέα. Τα α-οξέα, αποτελούν παράγωγα του *phloroglucinol* και κατά το βρασμό του ζυθογλεύκου, υφίστανται ισομερίωση στα ισο-α-οξέα (υδατοδιαλυτά). Τα παράγωγα αυτών διαθέτουν σημαντικούς παράγοντες εκπίκρασης. Ακόμη, από την εποχή που ανακαλύφθηκαν οι ιδιότητες του λυκίσκου, δίδεται έμφαση και στην ιδιότητα τους για παράταση της διάρκειας ζωής της μύρας, λόγω των α-οξέων. Τα β-οξέα (μη υδατοδιαλυτά) από την άλλη, έχει παρατηρηθεί ότι προσδίδουν λιγότερη πικράδα στη μύρα. (Wunderlich S., Back W., 2009)

Στη συνέχεια, τα **αιθέρια έλαια**, τα οποία απαρτίζουν το 0,4-2,0% του ξηρού υπολείμματος του λυκίσκου, είναι υπεύθυνα κυρίως για το άρωμα του. Αποτελούν πτητικές ενώσεις, που ανήκουν στα τερπενοειδή. Τα τερπενοειδή, αποτελούν παράγωγα του ισοπρενίου. Ειδικότερα, τα είδη τερπενοειδών που περιέχονται στα αιθέρια έλαια είναι τα μονοτερπένια και σεσκιτερπένια. Το κάθε ένα από αυτά τα είδη κατηγοριοποιείται στα *οξυγονωμένα* και στα *μη οξυγονωμένα*. Με τα μη οξυγονωμένα, να περιέχονται σε μεγαλύτερες αναλογίες σε κάθε περίπτωση. Το *β-myrcene*, αντιπροσωπεύει τα μη οξυγονωμένα μονοτερπένια και το *α-humulene* αντιπροσωπεύει

τα μη-οξυγονωμένα σεσκιτερπένια. (Boquet L., Sahrpaz S. et al., 2018; Nance and Setzer, 2011; Bruneton, 2016; Wunderlich S., Back W., 2009)

Τέλος, οι **πολυφαινολικές ενώσεις**, οι οποίες απαρτίζουν το 4-14% του ξηρού υπολείμματος του λυκίσκου, αποτελούνται από φλαβονοειδή και παράγωγα αυτών. Τα φλαβονοειδή, έχει διαπιστωθεί ότι επιδρούν θετικά στην αποτροπή της οστεοπόρωσης (εκφυλιστική πάθηση), βοηθούν στα συμπτώματα της εμμηνόπαυσης και παρουσιάζουν σημαντική αντιοξειδωτική δράση. Οι κατηγορίες των φλαβονοειδών που απαντώνται στο λυκίσκο είναι οι *chalcones*, οι *flavanones*, οι *flavanols*, οι *flavan-3-ols* και οι *tannins*. Από τα πιο σημαντικά φλαβονοειδή, είναι οι *chalcones*, οι οποίες αντιπροσωπεύονται από τη *xanthohumol*. Έχει διαπιστωθεί από έρευνες, ότι παρουσιάζει θεραπευτικές, αντιοξειδωτικές, αντιμικροβιακές καθώς και αντικαρκινικές ιδιότητες. (Boquet L., Sahrpaz S. et al., 2018; Wunderlich S., Back W., 2009; Miranda C. L., et al. 2000; Stevens J. F., Page J. E., 2004; Karabin M., et al., 2015; Shahidi, F., Ambigaipalan, P., 2015)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 9: Δευτερογενείς μεταβολίτες του λυκίσκου

| | | |
|---|--|--|
| Δευτερογενείς μεταβολίτες λυκίσκου | Ρητίνες (<i>Resins</i>) | ➤ α-οξέα και β-οξέα Αποτελούν παράγοντες εκτίκρανσης της μύρας |
| | Αιθέρια έλαια (<i>Essential oils</i>) | ➤ Τερπενοειδή Αποτελούν παράγοντες αρώματος |
| | Πολυφαινολικές ενώσεις (<i>Polyphenolic compounds</i>) | ➤ Φλαβονοειδή και παράγωγα Αντιοξειδωτικοί παράγοντες με αντικαρκινικές ιδιότητες (π.χ. <i>xanthohumol</i>) |

Πηγή: Boquet L., Sahrpaz S. et al., 2018; Wunderlich S., Back W., 2009; De Keukeleire, et al., 2007

2.3.4 Χρήση του λυκίσκου στη βιομηχανία ζυθοποίησης

Στη βιομηχανία της ζυθοποίησης, οι ζυθοποιοί προτιμούν να χρησιμοποιούν συγκεκριμένη κατηγορία λυκίσκου, έτσι ώστε να εξασφαλίσουν μύρα με σταθερή ποιότητα ως προς τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. (Wunderlich S., Back W., 2009)

Οι λυκίσκοι μπορούν να διαχωριστούν ανάλογα με τη χρήση τους. Δηλαδή, χωρίζονται σ' αυτούς που προσδίδουν άρωμα και σ' αυτούς που προσδίδουν γεύση στην μύρα. Οι λυκίσκοι που προσδίδουν άρωμα (*aroma hops*), χαρακτηρίζονται από μικρή περιεκτικότητα α-οξέων και μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια. Αντίθετα, οι λυκίσκοι που προσδίδουν γεύση στην μύρα, χαρακτηρίζονται από μεγάλη περιεκτικότητα σε α-οξέα και μικρότερη περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια. (Wunderlich S., Back W., 2009)

Η χρήση του λυκίσκου στη βιομηχανία, πραγματοποιείται με τη μορφή εκχυλισμάτων (*extract*) (Εικόνα 2.15) και αποξηραμένης μορφής (*pellet*) (Εικόνα 2.14) του. Το εκχύλισμα που προκύπτει διαθέτει κολλώδη υφή. Η αποξηραμένη μορφή του, προκύπτει έπειτα από ξήρανση, άλεση, ανάμιξη και συμπίεση σε πέλετ. (Wunderlich S., Back W., 2009)



Εικόνα 2. 15: Εκχύλισμα λυκίσκου

Πηγή:

<https://www.nateco2.de/en/extraction/hops.html>



Εικόνα 2. 14: Λυκίσκος σε μορφή pellet

Πηγή:

<https://bsgcraftbrewing.com/get-lupulin-rich/>

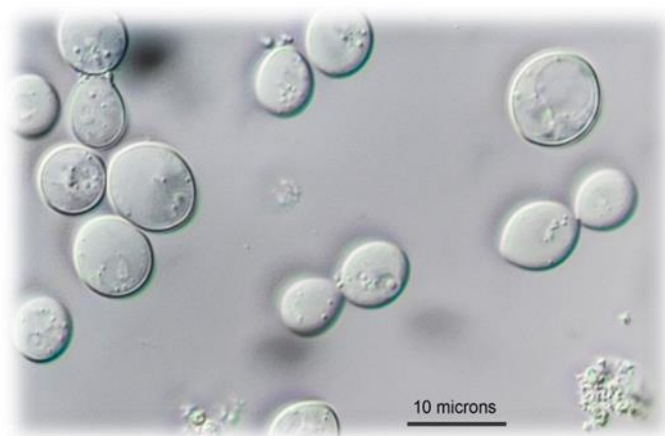
2.4 Η ζύμη *Saccharomyces cerevisiae*

2.4.1 Οι ζύμες και ο μικροοργανισμός *S. cerevisiae*

Οι ζύμες ανήκουν στην κατηγορία των ευκαριωτικών μικροοργανισμών. Ζουν και ευδοκιμούν σε διάφορα περιβάλλοντα. Πιο συγκεκριμένα, απαντώνται στο νερό, στο έδαφος, στον αέρα καθώς και στις επιφάνειες φυτών και φρούτων. Σε αντίθεση με άλλους μικροοργανισμούς δεν έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις (σε θρεπτικά συστατικά) για την ανάπτυξή τους. Οι ζύμες χρειάζονται υποστρώματα με θρεπτικά συστατικά,

όπως σάκχαρα (σε μορφή που μπορούν να μεταβολιστούν από τις ζύμες), αμινοξέα, βιταμίνες, μέταλλα κ.λπ. (Maicas S., 2020)

Στη βιομηχανία των ποτών, οι ζύμες που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως του γένους *Saccharomyces*. Στις πλέον εμπορικές ζύμες συγκαταλέγεται ο *S. cerevisiae* (Εικόνα 2.16). Τα στελέχη του έχουν αποτελέσει, κατά παράδοση, από τα πιο σημαντικά κατά τη διαδικασία της ζυθοποίησης. Επιπλέον, αποτέλεσε τον συχνότερο σε χρήση μικροοργανισμό καθώς παράγει προϊόντα σταθερής ποιότητας. (Maicas S., 2020; Walker G. M., Stewart G. G., 2016; Dunn B., Sherlock G., 2008)



Εικόνα 2. 16: Ζύμη *S. cerevisiae* σε μεγέθυνση $\times 400$

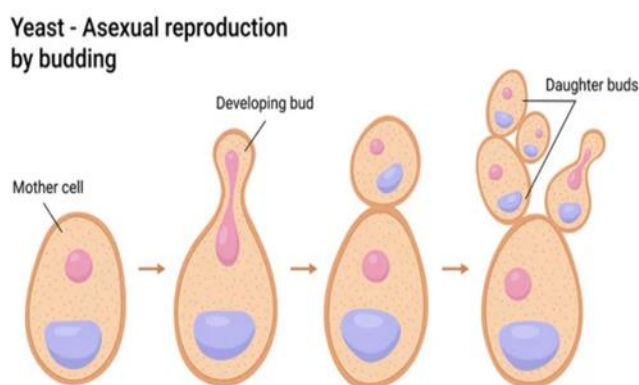
Πηγή:
<https://moticmicroscopes.com/blogs/articles/microscopy-of-yeast>

2.4.2 Μορφολογία και αναπαραγωγή των ζυμών του γένους *Saccharomyces* και του μικροοργανισμού *S. cerevisiae*

Μορφολογικά, οι ζύμες του γένους *Saccharomyces*, σύμφωνα με το Maicas S., ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης στο οποίο βρίσκονται καθώς και τις συνθήκες καλλιέργειάς τους, διαθέτουν στρογγυλό ή ελλειψοειδές σχήμα. Εμφανίζουν το πλεονέκτημα της αντοχής σε περιβάλλον με SO_2 , εν αντιθέσει με ζύμες που δεν ανήκουν στο γένος *Saccharomyces*, οι οποίες δεν παρουσιάζουν το συγκεκριμένο πλεονέκτημα. (Maicas S., 2020)

Ο μικροοργανισμός *S. cerevisiae* (Πίνακας 2.10) αποτελεί τον πιο αποδοτικό στην παραγωγή αλκοολούχων ποτών (εν προκειμένω μύρας) του γένους *Saccharomyces*. Τα στελέχη του είναι υπεύθυνα για τη παραγωγή μύρας τύπου “Ale” (Πίνακας 2.11) και χαρακτηρίζεται και ως “Αφροζυμωτής”. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζει ταχεία ανάπτυξη, προσαρμόζεται εύκολα στο περιβάλλον της ζύμωσης και είναι ένας αρκετά αποδοτικός μικροοργανισμός για ζύμωση σακχάρων. (Stewart G.G. et al., 2013; Maicas S., 2020)

Η αναπαραγωγή των ζυμών γίνεται ασεξουαλικά με τη διαδικασία της εκβλάστησης (Εικόνα 2.17). Με αυτόν τον τρόπο, παράγεται ένας πανομοιότυπος μικροοργανισμός, από τον «πρότυπο» μικροοργανισμό. Σύμφωνα με τον Stewart G.G., και τους συνεργάτες του οι ζύμες αναπαράγονται και στο ζυθογλεύκος κατά τη διαδικασία της ζυθοποίησης. Το ζυθογλεύκος θεωρείται το μέσο αναπαραγωγής νέων κυττάρων μαγιάς. (Stewart G.G., et al. 2013)



Εικόνα 2. 17: Αναπαραγωγή της ζύμης-μαγιάς (*S. cerevisiae*)

Πηγή:
https://stock.adobe.com/gr_en/search?k=yeast%20budding

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 10: Ταυτότητα του μικροοργανισμού *S. cerevisiae*

| Μαγιά μπυρών τύπου ‘Ale’ | |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| Όνομασία μικροοργανισμού: | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> |
| Θερμοκρασία ανάπτυξης: | 18-22 °C |
| Μέγιστη θερμοκρασία ανάπτυξης: | 37 °C ή και υψηλότερη |
| Γνωστός ως: | "Αφροζυμωτής" ("Top" fermenter) |

Πηγή: Stewart G.G., et al. 2013

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 11: Είδη μπυρών τύπου “Ale”

| Μπύρες τύπου “Ale” | |
|---------------------------|-----------|
| | Stouts |
| | Pale ale |
| | Double |
| | Triple |
| | Quadruple |

Πηγή: Gallone B., et al., 2018

Η σημαντικότητα των FAN (*Free Amino Nitrogen*) για τη λειτουργία της μαγιάς

Τα FAN (*Free Amino Nitrogen*) είναι μια ομάδα αζωτούχων ενώσεων (δι-,τριπεπίδια, αμινοξέα, ιόντα αμμωνίου), τα οποία βρίσκονται μεμονωμένα στο ζυθογλεύκος και προσδίδουν στη μαγιά τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, για την ολική της ευημερία (ανάπτυξη και πολλαπλασιασμός). Οι ενώσεις αυτές είναι αρκετά σημαντικές, καθώς περιέχουν άζωτο, το οποίο αποτελεί σημαντικό στοιχείο για τη λειτουργία και την πολλαπλασιαστική ικανότητα της μαγιάς. Ακόμη, τα FAN αποτελούν έναν γενικό δείκτη για το ολικό άζωτο που μπορεί να καταναλώσει η μαγιά. Στο σύνολο τους, τα FAN οφείλουν να περιέχονται σε απαραίτητες συγκεντρώσεις (ιδανικά 130 mg/L), έτσι ώστε η μαγιά να λάβει την απαραίτητη ποσότητα τους για την καλύτερη δυνατή απόδοση κατά τη ζύμωση της μύρας. (Stewart G.G., et al., 2013; Lei H., et al, 2012; Lekkas C. et al, 2009)

2.4.3 Η αποδοτικότητα της ζύμης *S. cerevisiae* σε βιομηχανικές συνθήκες, αποτελεί απόρροια “εξημέρωσης” της από τον άνθρωπο

Σύμφωνα με τους Gallone B. B. και τους συνεργάτες της, τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες σχετικά με το γένος *Saccharomyces* και πιο συγκεκριμένα, με τα στελέχη για ζυθοποίηση, του είδους *S. cerevisiae*. Λόγω της συνεχούς χρήσης των στελεχών, σε βιομηχανικές συνθήκες, η απόδοση τους έχει βελτιωθεί σημαντικά με την πάροδο των ετών. Η βελτίωση αυτή, αφορά στο γονιδίωμα τους, το οποίο εμφανίζει σημαντική πολυπλοκότητα καθώς και αλλαγή στο φαινότυπό τους. Πιο συγκεκριμένα, η βελτίωση μπορεί να οφείλεται, στις συνθήκες αναπαραγωγής των στελεχών εντός των εργοστασιακών εγκαταστάσεων, καθώς και στην αλληλεπίδραση τους με τον άνθρωπο. Τα στελέχη που βρίσκονται στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, δεν υφίστανται προσμίξεις με άγριες καλλιέργειες της ζύμης και δεν έρχονται σε επαφή με το φυσικό περιβάλλον. Έτσι, τα στελέχη αυτά υφίστανται “εξημέρωση”, δηλαδή βελτιώνονται κάποια εγγενή χαρακτηριστικά τους (π.χ. αντοχή σε περιβάλλον με μειωμένο οξυγόνο, πλούσιο σε σάκχαρα και υψηλής περιεκτικότητας σε αιθανόλη) και με τη συμβολή του ανθρώπινου παράγοντα (π.χ. επαρκής χρήση της *maltotriose*). Συνεπώς, διαφέρουν κατά μεγάλο βαθμό από τα πρώιμα στελέχη τους. (Gallone B. et al., 2018; Piskur J. et al, 2006; Steensels J., Verstrepen K. J., 2014)

Σύμφωνα με το άρθρο των Gallone B. και των συνεργατών της, οι πιο σημαντικές τροποποιήσεις, που έχουν υποστεί τα στελέχη, λόγω “εξημέρωσης” από τον άνθρωπο είναι οι ακόλουθες:

- **Η δυνατότητα μεταβολισμού της μαλτοτριόζης**

Η μαλτοτριόζη, αποτελεί έναν από του υδρογονάνθρακες που βρίσκονται σε ικανές περιεκτικότητες και απαντώνται στο ζυθογλεύκος. Η ζύμη, δεν έχει εγγενή δυνατότητα να μεταβολίσει τη μαλτοτριόζη, παρόλα αυτά με αυτή την τροποποίηση που υφίστανται, της δίνεται η δυνατότητα να διασπάσει τον υδρογονάνθρακα και να το χρησιμοποιήσει ως καύσιμο για τις περαιτέρω λειτουργίες της. (Gallone B., et al., 2016)

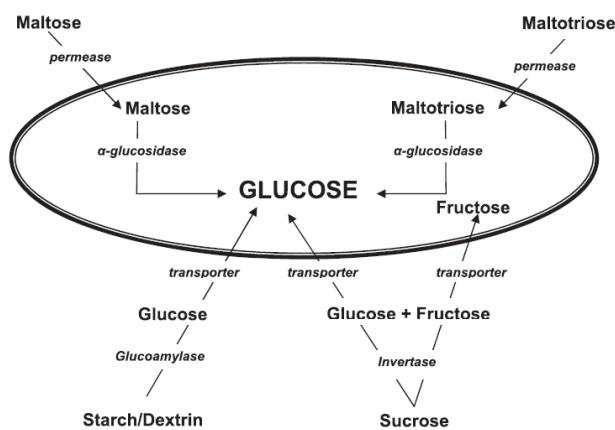
- **Μη παραγωγή της 4-vinyl guaiacol (4VG)**

Ένα από τα συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος του κριθαριού είναι το *ferulic acid*. Κατά τη δράση όμως του *Saccharomyces cerevisiae* γίνεται μετατροπή του *ferulic acid* σε 4-vinyl guaiacol (4VG). Η παράγωγή οργανική ένωση προσδίδει αρνητικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στην μύρα. Η ζύμη, αποζητά τη χρήση δύο γονιδίων απαραίτητων για τη μετατροπή της παραπάνω ένωσης στη 4VG. Τα γονίδια, ονομάζονται **PADI και FDCI**. Παρατηρήθηκε ότι σε εξημερωμένα στελέχη της ζύμης υπήρξε μετάλλαξη των γονιδίων. Επομένως, το πλεονέκτημα της “εξημέρωσης” της ζύμης είναι η παραγωγή μύρας απαλλαγμένης από 4VG. (Gallone B. et al, 2018)

2.4.4 Ζύμωση των σακχάρων από τη μαγιά - *S. cerevisiae*

Κύριο μέλημα των ζυμών κατά τη ζύμωση, είναι η πρόσληψη ενέργειας. Πηγές ενέργειας, αποτελούν τα σάκχαρα των δημητριακών. Σύμφωνα με τον Stewart G.G. και τους συνεργάτες του, υπο κανονικές συνθήκες, τα στελέχη του *S. cerevisiae*, μπορούν να ζυμώσουν μια τεράστια ποικιλία σακχάρων με την ακόλουθη σειρά προτεραιότητας: σακχαρόζη, γλυκόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη, μανόζη, μαλτόζη και μαλτοτριόζη, που βρίσκονται διαλυμένα στο ζυθογλεύκος. Παράλληλα, σύμφωνα με τον Stewart G.G. και τους συνεργάτες του, η πρόσληψη των σακχάρων από τη μαγιά (Εικόνα 2.18) έχει ως ακολούθως:

1. Είτε με πρόσληψη ολόκληρου του σακχάρου (δηλαδή να μην έχει υποστεί κάποια μεταβολή)
2. Είτε να έχει προηγηθεί η υδρόλυση του σακχάρου εκτός της κυτταρικής μεμβράνης της μαγιάς και στη συνέχεια να εισαχθεί στο κύτταρο.

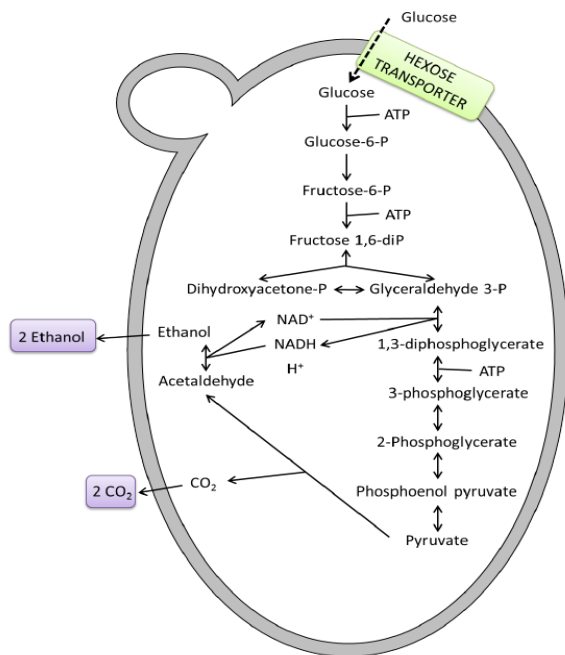


Εικόνα 2. 18: Πρόσληψη σακχάρων από τη μαγιά (*S. cerevisiae*)

Πηγή: Stewart G.G. et al., 2013

Η μαλτόζη (δισακχαρίτης - δυο μόρια γλυκόζης συνδεδεμένα με α -1,4 δεσμό) και η μαλτοτριόζη (τρισακχαρίτης - τρία μόρια γλυκόζης συνδεδεμένα με α -1,4 δεσμό) αποτελούν σάκχαρα τα οποία εισέρχονται ανέπαφα μέσω της κυτταρικής μεμβράνης της μαγιάς. Όταν εισαχθούν στο κύτταρο, τα σάκχαρα, υδρολύονται σε μόρια γλυκόζης από το σύστημα της α -γλυκοσιδάσης. Αντίθετα, η σακχαρόζη και οι δεξτρίνες, υδρολύονται από εξωκυτταρικά ένζυμα (ινβερτάση για τη σακχαρόζη και γλυκαμυλάση για τις δεξτρίνες) και στη συνέχεια τα προϊόντα τους εισέρχονται στο κύτταρο. (Stewart G.G. et al., 2013)

Κατά τον μεταβολισμό των σακχάρων από τις ζύμες, γίνεται παραγωγή αιθανόλης και διοξειδίου του άνθρακα (Εικόνα 2.19). Παράλληλα, γίνεται παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών που προσδίδουν διάφορα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Ακόμη, με τη χρήση διαφορετικών στελεχών, παράγονται διαφορετικοί δευτερογενείς μεταβολίτες οι οποίοι προσδίδουν μοναδικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στις παραγόμενες μπίρες. (Maicas S., 2020; Stewart G.G. et al., 2013)



Εικόνα 2. 19: Μεταβολισμός γλυκόζης από τη ζύμη *Saccharomyces cerevisiae* (ζύμωση)

Πηγή: Maicas S., 2020

Κύριος στόχος της μαγιάς του ζυθοποιού, είναι:

1. Η παραγωγή ποιοτικών προϊόντων.
2. Η μαγιά να έχει την ικανότητα να παράξει καλλιέργειες μαγιάς, με τη δυνατότητα να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε νέες παραγωγές μύρας. (Stewart G.G. et al., 2013)

Είναι επιτακτική η ανάγκη για ένα ικανοποιητικό στέλεχος της μαγιάς του ζυθοποιού, να πληρεί τις παρακάτω προϋποθέσεις:

1. Θα πρέπει να είναι σε θέση να καταναλώνει τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά του ζυθογλεύκους.
2. Να αντέχει στις περιβαλλοντικές συνθήκες που θα υπόκεινται (π.χ. αντοχή στην αιθανόλη).
3. Να προσδίδει τα απαραίτητα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στην μύρα.
4. Αφού ολοκληρώσει τη διαδικασία της ζυθοποίησης, θα πρέπει να γίνει πλήρης απομάκρυνση της (με το πέρας της μεταβολικής της ιδιότητας). Η απομάκρυνσή της πραγματοποιείται, είτε με φυγοκέντριση, είτε με φιλτράρισμα είτε με απομάκρυνση της παραγόμενης «κροκίδωσης». (Stewart G.G. et al., 2013)

3^ο Κεφάλαιο: Τα βασικά στάδια παραγωγής μύρας

3.1 Βυνοποίηση

3.1.1 Γενικά για τη βυνοποίηση (*modification*)

Βυνοποίηση ή αλλιώς “**τροποποίηση**” (*modification*), είναι η διαδικασία κατά την οποία επιτελείται οποιαδήποτε χημικής (π.χ. υδρόλυση αμύλου) και φυσικής φύσεως αλλαγή (π.χ. εκβολή ριζιδίου από τον κόκκο), στο κριθάρι. Η αλλαγή αυτή είναι η μετατροπή του, σε βύνη κριθαριού. Όταν γίνεται αναφορά στον όρο βύνη, αφορά τη βύνη κριθαριού. (Hertrich J. D., 2013; Heena R., Rachana D., 2021)

Σκοπός της διαδικασίας της βυνοποίησης, είναι η **παραγωγή ενζύμων**. Τα παραγόμενα ένζυμα κατά τη βυνοποίηση, είναι κυρίως πρωτεολυτικά και αμυλολυτικά ένζυμα. Στη συνέχεια, τα παραγόμενα ένζυμα, δρούν στην υδρόλυση των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών και στην ενεργοποίηση του κυτταρικού τοιχώματος του ενδοσπερμίου. (Hertrich J. D., 2013; Heena R., Rachana D., 2021; Habschied K., et al, 2020)

3.1.2 Καθαρισμός της πρώτης ύλης, προεργασία και αποθήκευση

Η διαδικασία της βυνοποίησης ξεκινά από τον καθαρισμό της πρώτης ύλης (κόκκων κριθαριού). Είναι η πρώτη, πιο σημαντική εργασία που πρέπει να πραγματοποιηθεί, διότι θα καθορίσει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Ο καθαρισμός της πρώτης ύλης, χωρίζεται σε δύο στάδια (Πίνακας 3.1).(Heena R., Rachana D., 2021; Guido L., Moreira M., 2013)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 1: Τα στάδια καθαρισμού της πρώτης ύλης

| | | |
|------------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Στάδια καθαρισμού κόκκων κριθαριού | Στάδιο προκαθαρίσματος | (<i>Precleaning stage</i>) |
| | Στάδιο κύριου καθαρισμού | (<i>Cleaning process</i>) |

Πηγή: Heena R., Rachana D., 2021; Guido L., Moreira M., 2013

- **Στάδιο προκαθαρίσματος (*Precleaning stage*)**

Το στάδιο του προκαθαρίσματος (*precleaning stage*), περιλαμβάνει τον άμεσο καθαρισμό του καρπού που πρόκειται να υποστεί επεξεργασία. (Heena R., Rachana D., 2021; Guido L., Moreira M., 2013)

- **Κυρίως καθαρισμός (*Cleaning process*)**

Ο κυρίως καθαρισμός (*cleaning process*) αφορά την απομάκρυνση ξένων υλών (μικρότεροι και σπασμένοι σπόροι) από τους κόκκους του κριθαριού. Ακόμη, γίνεται χρήση ειδικών μηχανημάτων που απομακρύνουν πέτρες (*destoners*). Αυτά τα μηχανήματα, αναγνωρίζουν τις πέτρες με κριτήριο την πυκνότητά τους. Στο τέλος του “κυρίως καθαρίσματος”, επιτελείται διαχωρισμός των κόκκων κριθαριού, με κριτήριο το μέγεθός τους. Οι κόκκοι, εκτός από αυτούς που χρησιμοποιούνται για βυνοποίηση (2.2-2.5mm ή <2.5mm), διαχωρίζονται και σε κόκκους <2.2mm αλλά και σε σπασμένους, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή. Για τη διαδικασία αυτή, χρησιμοποιείται ειδικό κόσκινο. (Heena R., Rachana D., 2021; Guido L., Moreira M., 2013)

Προσωρινή αποθήκευση της πρώτης ύλης

Με το πέρας του καθαρισμού και ταξινόμησης της πρώτης ύλης πραγματοποιείται προσωρινή αποθήκευση των ακατέργαστων κόκκων κριθαριού σε ατσάλινους κάδους και αποθηκεύονται υπό συνθήκες προτεινόμενης υγρασίας 12%. (Guido L., Moreira M., 2013; Heena R., Rachana D., 2021; Henry R. J., 2016)

3.1.3 Τα βασικά στάδια της βυνοποίησης

Η **βυνοποίηση του κριθαριού**, βασίζεται στην εγγενή φυσική του ιδιότητα εκβλάστησης. Το ενδιαφέρον των ζυθοποιών, επικεντρώνεται στα **παραγόμενα υδρολυτικά ένζυμα**, καθώς και στη **μερική τροποποίηση του κόκκου** κριθαριού κατά τη βυνοποίηση. Η διαδικασία της βυνοποίησης, διαρκεί συνολικά 8-9 ημέρες (Εικόνα 3.1). (Hertrich J. D., 2013)



Εικόνα 3. 1: Τα στάδια της βυνοποίησης του κριθαριού

Πηγή: Hertrich J. D., 2013

- **Διαβροχή (Steeping)**

Στη βυνοποίηση, η επεξεργασία των κόκκων κριθαριού ξεκινάει με την εμφάπτισή τους σε νερό (Εικόνα 3.2) για συνολικά 2-4 ημέρες. Η εμφάπτιση αυτή γίνεται σε ειδικές δεξαμενές (*tanks*) (Πίνακας 3.2) και χαρακτηρίζεται με τον όρο διαβροχή. Σκοπός της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι η αύξηση της υγρασίας των κόκκων κριθαριού περίπου στο 42-47% (Heena R., Rachana D., 2021; Hertrich J. D., 2013; Schwarz P., Li Y., 2010)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 2: Είδη δεξαμενών διαβροχής κόκκων κριθαριού στη βιομηχανία

| Είδη δεξαμενών | Δεξαμενή κωνικού πυθμένα (<i>Conical bottom tank</i>) |
|----------------|---|
| | Δεξαμενή επίπεδου πυθμένα (<i>Flat bottom tank</i>) |

Πηγή: Hertrich J. D., 2013



Εικόνα 3. 2: Διαβροχή κόκκων κριθαριού σε δεξαμενή επίπεδου πυθμένα (βιομηχανικές συνθήκες)

Πηγή: <http://www.rauscher-engineering.net/steeping-plants.html>

Η διαδικασία του εμφαπτίσματος, δεν είναι συνεχής, καθώς οι συνθήκες πρέπει να είναι ελεγχόμενες. Πιο συγκεκριμένα, ανά τακτά χρονικά διαστήματα (4-12 ωρών), οι κόκκοι αερίζονται με ανεμιστήρες και έτσι αποβάλλεται το παραγόμενο CO₂, των κόκκων. Η απομάκρυνση του CO₂, πρέπει να είναι επαρκής καθώς δε είναι επιθυμητές οι αναερόβιες συνθήκες. Οι συνθήκες αυτές εγκυμονούν μικροβιακή ανάπτυξη. Από την άλλη πλευρά, ο υπερβολικός αερισμός είναι ανεπιθύμητος καθώς μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική ανάπτυξη καθώς και σε αποβολή αμύλου. (Heena R., Rachana D., 2021; Briggs D. E., et al., 2004; Schwarz P., Li Y., 2010)

Ακόμη, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί και στη θερμοκρασία εμφαπτίσματος. Για εν μέρη αδρανείς σπόρους (*dormant grains*), η θερμοκρασία του νερού για εμφάπτιση των κόκκων, πρέπει να βρίσκεται στους 12°C, ενώ για πιο δραστήριους κόκκους (*less dormant grains*), πρέπει να βρίσκεται στους 16-18 °C. (Briggs D. E., et al., 2004)

Μια ενδοσκοπική ματιά κατά το στάδιο του εμβάπτισματος

Αρχικά, το πρώτο εμβάπτισμα, γίνεται για την αποβολή σκόνης καθώς και για την απομάκρυνση των ταννινών που βρίσκονται στο φλοιό. Κατά το στάδιο του εμβάπτισματος, το νερό εισέρχεται διαμέσου της μικροπύλης (*micropyle*) (Εικόνα 3.3) του κριθαριού στο εσωτερικό του εμβρύου. (Heena R., Rachana D., 2021)

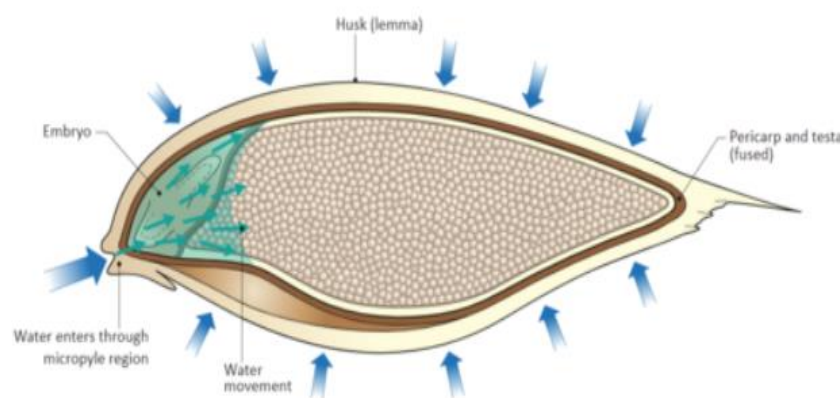


Figure: Water uptake pattern in barley kernel

Εικόνα 3. 3:
Εισχώρηση νερού στον κόκκο κριθαριού μέσω της μικροπύλης (*micropyle*)

Πηγή:
<https://quizlet.com/au/688310358/malting-process-diploma-unit-1-lesson-4-flash-cards/>

Όταν επιτελείται αερισμός των κόκκων κριθαριού, το νερό διανέμεται πιο εύκολα. Η **διαδικασία της ενυδάτωσης** των κόκκων είναι κομβική καθώς συμβάλλει στην **έναρξη των μεταβολικών δραστηριοτήτων του εμβρύου** του κόκκου. Η πιο σημαντική από τις μεταβολικές δραστηριότητες που επιτελεί το έμβρυο, είναι η **βιοσύνθεση του Giberellic acid - GA**. Αυτό το βιομόριο είναι υπεύθυνο για τη σύνθεση των υδρολυτικών ενζύμων (π.χ. *γλυκάνες, πρωτεάσες και αμυλάσες*), τα οποία είναι απαραίτητα για την υδρόλυση των πολυμερών (π.χ. άμυλο, πρωτεΐνες και νουκλεϊκά οξέα) σε απλούστερα μόρια (π.χ. σάκχαρα, αμινοξέα και νουκλεοτίδια). Έτσι, λόγω της υδρόλυσης του αμύλου, από το έμβρυο, ξεκινάει η ανάπτυξη του βλαστού στους κόκκους κριθαριού. Τα εμφανή χαρακτηριστικά του καρπού κατά τη διεκπεραίωση του σταδίου της διαβροχής (*steeping*) είναι η εμφάνιση μιας λευκής προεξοχής που προκύπτει από το έμβρυο του κόκκου. (Heena R., Rachana D., 2021; Shintassova S. M., et al., 2019)

- **Εκβλάστηση (*Germination*)**

Αμέσως μετά τη διαβροχή, ξεκινάει το στάδιο της εκβλάστησης (*germination*) (Εικόνα 3.4) το οποίο διαρκεί συνολικά, 4-6 ημέρες. Η εκβλάστηση των κόκκων γίνεται σε ειδικά δοχεία (π.χ. Saladin boxes). Τα δοχεία μεταξύ τους, έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά. Το πιο σημαντικό κοινό χαρακτηριστικό τους είναι ο πυθμένας τους. Ο πυθμένας οφείλει να έχει μικρές οπές απο τις οποίες οι κόκκοι μπορούν να αερίζονται και να διατηρούν την απαραίτητη θερμοκρασία για εκβλάστηση. Ακόμη, οι οπές διευκολύνουν την αποβολή του παραγόμενου CO₂. Σκοπός στο στάδιο της εκβλάστησης, είναι η **τροποποίηση του ενδοσπερμίου** και η **ανάπτυξη του εμβρύου** του κριθαριού. Τέλος, λόγω της ανάπτυξης του εμβρύου πραγματοποιείται **εμφάνιση ριζωμάτων στους κόκκους του κριθαριού** και παραγωγή της “πράσινης βύνης”. (Hertrich J. D., 2013; Poutanen K. S., 2020)



Εικόνα 3. 4: Δοχείο εκβλάστησης (βιομηχανικές συνθήκες)

Πηγή:
<https://rahrmaltngco.com/our-process>

Στο στάδιο της εκβλάστησης (*germination*) πρέπει να επικρατούν οι κατάλληλες συνθήκες για τις μεταβολικές διεργασίες των κόκκων (π.χ. παραγωγή των υδρολυτικών ενζύμων). Πιο συγκεκριμένα, η θερμοκρασία πρέπει να κυμαίνεται στους 16-20°C, ενώ η υγρασία των κόκκων μεταβάλλεται μέχρι τη λήξη του σταδίου της εκβλάστησης. Κατά τη 2^η ημέρα, η υγρασία κυμαίνεται στο 45-46% ενώ κατά τη 5^η ημέρα, στο 42-43%. (Poutanen K. S., 2020; Palmer G. H., 2018)

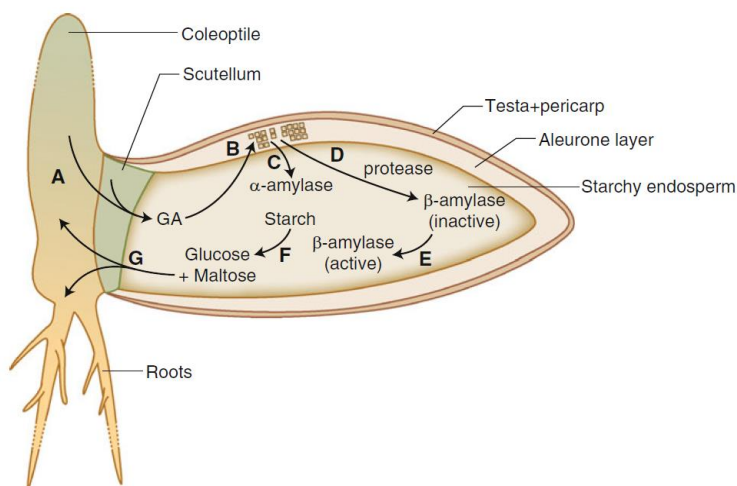
Όπως κατά το στάδιο της διαβροχής των κόκκων, έτσι και κατά την εκβλάστηση, οι κόκκοι κριθαριού πρέπει να αερίζονται επαρκώς. Μη επαρκής αερισμός, εγκυμονεί υπερθέρμανση των κόκκων, λόγω αναπνοής τους. Ειδικότερα, για να πραγματοποιηθεί σωστός αερισμός, οι κόκκοι θα πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση. Κατά την εκβλάστηση, οι κόκκοι αναπτύσσουν ριζίδια, τα οποία υπάρχει κίνδυνος να μπλεχθούν μεταξύ τους. Έτσι, προαπαιτείται απόσταση μεταξύ των κόκκων. (Poutanen K. S., 2020)

Μια ενδοσκοπική ματιά κατά το στάδιο της εκβλάστησης

Κατά την εκβλάστηση του κριθαριού, το *Giberellic acid-GA* που συνθέθηκε κατά τη διαβροχή (*steeping*) μεταφέρεται στη στιβάδα αλευρώνης (*aleurone layer*) (Εικόνα 3.5). Εκεί, το *Giberellic acid - GA*, συμβάλλει στην παραγωγή των απαραίτητων υδρολυτικών ενζύμων (ημικελουλάσες, πρωτεάσες, πεπτιδάσες, οξειδάσες, υπεροξειδάσες, καταλάσες και φυτάσες, α - β -αμυλάσες) για την υδρόλυση των πρωτεϊνών, λιπιδίων καθώς και των πολυσακχαριτών του ενδοσπερμίου. (Heena R., Rachana D., 2021; Betts et al., 2020; Conteras-Jimenez B., 2018)

“Τροποποίηση” του κόκκου κριθαριού (*Grain modification*)

Όταν επιτευχθεί υδρόλυση από τα ένζυμα, ο κόκκος υφίσταται “τροποποίηση” καθώς το ενδοσπέρμιο από σκληρό γίνεται πιο εύπλαστο. Τα πιο απλά μόρια, που παράγονται από την υδρόλυση, μεταφέρονται δια μέσου του ασπιδίου (*scutellum*), στο έμβρυο. Το έμβρυο χρειάζεται αυτά τα μόρια για την αναπνοή καθώς και για την περαιτέρω ανάπτυξή του. Η επιτυχής “τροποποίηση” γίνεται αντιληπτή στην περίπτωση που ο βλαστός αποκτήσει τα τρία τέταρτα του μήκους του κόκκου κριθαριού. Τελικά, το προϊόν της εκβλάστησης ονομάζεται “πράσινη βύνη”. (Heena R., Rachana D., 2021; Betts et al., 2020; Schwarz & Li, 2010)



Εικόνα 3. 5: Μεταβολικές διεργασίες κατά την εκβλάστηση κόκκου κριθαριού

Πηγή: Bewely D. J. et al., 2013 (Third edition)

Τα αμυλολυτικά ένζυμα α - β -αμυλάση (α - β -amylase)

Όπως είναι γνωστό, κύριος σκοπός της εκβλάστησης των κόκκων κριθαριού, είναι η παραγωγή καθώς και η “ενεργοποίηση” των αμυλολυτικών ενζύμων. Τα ένζυμα που είναι υπεύθυνα για την υδρόλυση του αμύλου του ενδοσπερμίου κόκκων κριθαριού, είναι η α - και η β -αμυλάση (α - β -amylase). (Heena R., Rachana D., 2021; Bewely D. J. et al., 2013)

- Η **α-αμυλάση (*α-amylase*)**, παράγεται στη στιβάδα αλευρώνης, όπως και η πλειονότητα των ενζύμων. Στη συνέχεια, εισέρχεται στο εσωτερικό του ενδοσπερμίου, για να ξεκινήσει την υδρόλυση του αμύλου. (Bewely D. J. et al., 2013)
- Η **β-αμυλάση (*β-amylase*)**, αντίθετα με την α-αμυλάση, προ-υπάρχει στο αμυλούχο ενδοσπέρμιο και απαιτείται “ενεργοποίησή” της. Η “ενεργοποίηση”, επιτυγχάνεται μετά την είσοδο των πρωτεολυτικών ενζύμων (πρωτεάσες/*protease*) στο ενδοσπέρμιο. (Bewely D. J. et al., 2013)

Κατά τη βυνοποίηση, σύμφωνα με τον Hertrich J. D., πραγματοποιείται **μερική υδρόλυση του αμύλου**. Τα προϊόντα της υδρόλυσης του αμύλου, από τα αμυλολυτικά ένζυμα, είναι η **γλυκόζη και η μαλτόζη**. Στη συνέχεια, αυτά τα σάκχαρα, απορροφούνται από το ασπίδιο (*scutellum*), για χρήση τους, στην ανάπτυξη του κόκκου. (Hertrich J. D., 2013; Bewely D. J. et al., 2013)

- **Ξήρανση (*Kilning*)**

Το τελευταίο στάδιο της βυνοποίησης, είναι η ξήρανση (*kilning*). Η ξήρανση, διαρκεί 2 ημέρες. Επιτελείται σε ειδικά διαμορφωμένους κλιβάνους (Πίνακας 3.3) (Εικόνα 3.6). Σκοπός της ξήρανσης, είναι η **καταστροφή του εμβρύου της “πράσινης βύνης”**, έτσι ώστε να διακοπούν οι μεταβολικές του ιδιότητες καθώς επίσης να προσδώσει τα **απαραίτητα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στη βύνη**. Τέλος, η βύνη πρέπει να αποκτήσει υγρασία <5%, ώστε να είναι **ασφαλής για αποθήκευση**. (Oser H. H., 2015; Howe S., 2020; Hertrich J. D., 2013)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 3: Είδη κλιβάνων ξήρανσης στη βιομηχανία

| Είδη κλιβάνων | Κλιβανοί μονού στρώματος (<i>Single deck kiln</i>) |
|---------------|---|
| | Κλιβανοί διπλού στρώματος (<i>Double deck kiln</i>) |

Πηγή: Hertrich J. D., 2013



Εικόνα 3. 6: Κλιβανός ξήρανσης (βιομηχανικές συνθήκες)

Πηγή: <http://www.rauscher-engineering.net/kilning-plants.html>

Ακόμη, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται κατά τη ξήρανση, σε συνδιασμό με τα αμινοξέα και τα σάκχαρα της “πράσινης βύνης”,

επιτελείται η μη-ενζυμική αντίδραση *Maillard*, της οποίας τα προϊόντα είναι τα *melanoidins*. Η αντίδραση αυτή προκαλεί “καφέτιασμα” στη βύνη.

Τα στάδια της ξήρανσης

Μια ενδοσκοπική ματιά στο στάδιο της ξήρανσης

Η ξήρανση γίνεται σε τρία επιμέρους στάδια:

1. Στάδιο μαρασμού (*Free drying-withering phase*)

Στο στάδιο του μαρασμού (*Free drying-withering phase*) σκοπός είναι να ελαττωθεί η επιφανειακή υγρασία των κόκκων. Η υγρασία ελαττώνεται από το 44% και φτάνει στο 12%. Η θερμοκρασία είναι χαμηλή (50-60°C). Ανάλογα με το είδος κλιβάνου, αυτή η διαδικασία, μπορεί να διαρκέσει 12 ή 24 ώρες, για κλίβανο μονού ή διπλού στρώματος, αντίστοιχα. (Heena R., Rachana D., 2021)

2. Στάδιο πτώσης (*Intermediate/falling rate phase*)

Στο στάδιο πτώσης (*Intermediate/falling rate phase*) σκοπός είναι η τελική υγρασία του κόκκου να φτάσει στο 4%. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας (65-75°C) και σε αυτό το στάδιο, η αποβολή υγρασίας γίνεται από το εσωτερικό του κόκκου προς την επιφάνειά του. Χαρακτηρίζεται ως “στάδιο πτώσης”, καθώς η αποβολή της υγρασίας από το εσωτερικό του κόκκου γίνεται πιο αργά. (Heena R., Rachana D., 2021)

3. Στάδιο συντήρησης (*Bound water/curing phase*)

Το στάδιο της συντήρησης (*Bound water/curing phase*) αποτελεί το τελευταίο στάδιο στη διαδικασία της ξήρανσης. Σκοπός σε αυτό το στάδιο, είναι η βύνη να αποκτήσει τα επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και την απαραίτητη σύσταση για αποθήκευση. Ειδικότερα, στο στάδιο της συντήρησης πραγματοποιείται έντονη αύξηση της θερμοκρασίας (<80°C) για 1-2 ώρες και στη συνέχεια, ελάττωση της θερμοκρασίας μέχρι την κατάλληλη για αποθήκευση και μετακίνηση. (Heena R., Rachana D., 2021; Mallett J., 2014)

Σημαντικές πληροφορίες για την ξήρανση και την αποθήκευση της βύνης

- Γενικά, χρήςζει ιδιαίτερης προσοχής, ο σωστός συνδυασμός θερμοκρασίας, χρόνου και υγρασίας κατά τη διαδικασία της ξήρανσης. Εναλλακτικά, υπάρχει πιθανότητα παραγωγής ανεπιθύμητων ουσιών και καταστροφή ενζύμων που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην τελική ποιότητα της βύνης. (Heena R., Rachana D., 2021; Guido L., & Moreira M., 2013)

- Μετά τη λήξη της ξήρανσης, οι ρίζες πρέπει να απομακρύνονται από τους κόκκους λόγω των υγροσκοπικών ιδιοτήτων των ριζών. (Heena R., Rachana D., 2021; Guido L., & Moreira M., 2013)
- Μετά τη λήξη της ξήρανσης απαιτείται ωρίμανση της βύνης για περίπου 3 εβδομάδες. Σκοπός της ωρίμανσης είναι η ομοιόμορφη κατανομή της υγρασίας. Αμέσως μετά, γίνεται αποθήκευση της βύνης. (Heena R., Rachana D., 2021; Guido L., & Moreira M., 2013)

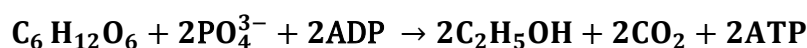
3.2 Ζυθοποίηση

3.2.1 Γενικά για τη μύρα

Η **μύρα**, αποτελεί προϊόν ζύμωσης. Είναι ένα αλκοολούχο ποτό, το οποίο προκύπτει από την ελεγχόμενη ζύμωση του **ζυθογλεύκου**, από τη μαγιά. Το ζυθόγλευκος, είναι ένα διάλυμα, το οποίο περιέχει πληθώρα ενώσεων (σάκχαρα, αζωτούχες και θειούχες ενώσεις) και ιχνοστοιχείων που προκύπτουν από τη βύνη του κριθαριού. (Kenechukwu A., 2019; Campbell, 2017)

Σκοπός του ζυθογλεύκου είναι να προσδώσει τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά στη μαγιά, έτσι ώστε η ζύμη να τα μεταβολίσει σε αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα. Έτσι, επιτυγχάνεται η διαδικασία της **ζύμωσης**, η οποία οδηγεί στην παραγωγή μύρας. (Kenechukwu A., 2019; Campbell, 2017)

Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία της ζύμωσης, μπορεί να παρασταθεί με την παρακάτω αντίδραση:



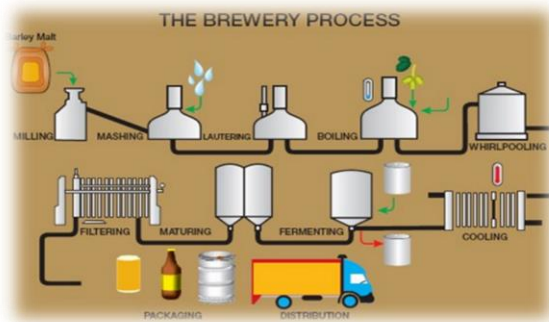
3.2.2 Τα βασικά στάδια της ζυθοποίησης

Τα **βασικά στάδια παραγωγής της μύρας** (Εικόνα 3.7) σύμφωνα με τη Kenechukwu A., είναι οκτώ (Πίνακας 3.4). (Kenechukwu A., 2019; Campbell, 2017)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 4: Τα βασικά στάδια παραγωγής της μύρας

| Βασικά στάδια παραγωγής της μύρας | |
|--|---|
| 1^ο στάδιο | Βυνοποίηση και άλεση (<i>Malting and milling</i>) |
| 2^ο στάδιο | Πολτοποίηση και διήθηση (<i>Mashing and lautering</i>) |
| 3^ο στάδιο | Βρασμός και φυγοκέντρηση (<i>Boiling and whirlpool</i>) |
| 4^ο στάδιο | Ψύξη μέσω εναλλάκτη θερμότητας (<i>Cooling through heat exchanger</i>) |
| 5^ο στάδιο | Ζύμωση και ωρίμανση (<i>Fermentation and maturation</i>) |
| 6^ο στάδιο | Φιλτράρισμα σε Bright beer tank- BBT (<i>Filtering into a bright beer tank</i>) |
| 7^ο στάδιο | Συσκευασία (<i>Packaging</i>) |
| 8^ο στάδιο | Διανομή (<i>Distribution</i>) |

Πηγή: Kenechukwu A., 2019



Εικόνα 3. 7: Τα βασικά στάδια παραγωγής μύρας.

Πηγή:
<https://thesciencenotes.com/beer-making-process/>

1. Βυνοποίηση και άλεση (*Malting and milling*)

Η βύνη, έχει παραχθεί από βυνοποιούς. Για τη βύνη ζυθοποίησης, ισχύουν οι προϋποθέσεις για τις βύνες για παρασκευή μύρας. Η **άλεση** (*milling*) (Εικόνα 3.8), επιτελείται πριν τη χρήση της βύνης για την παραγωγή της μύρας. (Kenechukwu A., 2019)



Εικόνα 3. 8: Άλεσμένη βύνη κριθαριού

Πηγή:

<https://www.brewer-world.com/guide-to-milling/>

2. Πολτοποίηση και διήθηση (*Mashing and lautering*)



Εικόνα 3. 9: Η διαδικασία της πολτοποίησης (βιομηχανικές συνθήκες)

Πηγή:

<https://www.unknownbrewine.com/m>

Το στάδιο της “**πολτοποίησης και διήθησης**” (*mashing and lautering*), επιτελείται υπό **ελεγχόμενες συνθήκες** (θερμοκρασίας και χρόνου) και λαμβάνει χώρα, σε ειδικά διαμορφωμένες δεξαμενές για συνεχόμενη ανάδευση του πολτού. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διαδικασία της πολτοποίησης (Εικόνα 3.9), γίνεται προσθήκη θερμού νερού, με σκοπό της υδρόλυση του αμύλου σε απλά σάκχαρα από τα ένζυμα. Ακόμη, η **θερμοκρασία** διαδραματίζει σημαντικό ρόλο κατά την πολτοποίηση καθώς τα σάκχαρα (ζυμώμενα και μη-ζυμώμενα) που υδρολύονται, επηρεάζονται από τη θερμοκρασία. Τα **περιβλήματα ατμού** (*steam jackets*), χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας των δεξαμενών, για τα στάδια της πολτοποίησης (περίπου για 2 ώρες). (Kenechukwu A., 2019)



Εικόνα 3. 10: Δεξαμενή διήθησης (βιομηχανικές συνθήκες)

Πηγή:
<https://www.portlandkettleworks.com/lauter-tuns-and-brewing-equipment/>

μεταφέρεται σε καζάνι. Η διαδικασία της διήθησης διαρκεί συνολικά μιάμιση ώρα. (Kenechukwu A., 2019)

3. Βρασμός και φυγοκέντρηση (*Boiling and whirlpool*)



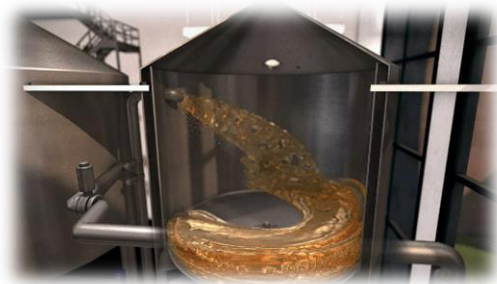
Εικόνα 3. 12: Βρασμός ζυθογλεύκους (βιομηχανικές συνθήκες)

Πηγή:
<https://www.czechbrewerysystem.com/b-eeer-production-technology/wort-brew-systems/wort-brew-machines/>

Στο στάδιο του “**βρασμού και της φυγοκέντρησης**” (*Boiling and whirlpool*), επιτελείται επεξεργασία του ζυθογλεύκους μέσω βρασμού και φυγοκέντρησης. Ειδικότερα, σκοπός του βρασμού (Εικόνα 3.11), είναι η **αποστείρωση**, η **συμπύκνωση** καθώς και ο **εμπλουτισμός του χρώματος**, του ζυθογλεύκους. Ακόμη, κατά τη διαδικασία του βρασμού, **προστίθεται λυκίσκος**, δύο φορές. Μια φορά στην αρχή του βρασμού (για να *προσδώσει πικράδα*) και μια φορά στο τέλος του βρασμού (για να *προδώσει άρωμα*). Η διάρκεια του βρασμού, είναι 60-90 λεπτά. Στη συνέχεια, ακολουθεί ή διαδικασία της φυγοκέντρησης (*whirlpooling*) (Εικόνα 3.12). Σκοπός της **φυγοκέντρησης**, είναι η **κατακρήμνιση των πρωτεϊνών, των ενζύμων καθώς και των υπολειμμάτων του λυκίσκου**. Τέλος, το “*λασποειδές*” υπόλειμμα, απομακρύνεται μερικώς από τον πυθμένα. Έτσι, το ζυθόγλυκος μεταφέρεται στο επόμενο στάδιο απαλλαγμένο σε μεγάλο ποσοστό από υπολείμματα αυτών των βιομορίων. (Kenechukwu A., 2019)

Τέλος, το γλυκό αυτό μίγμα (ζυθόγλυκος) διηθείται. Κατά τη διαδικασία της **διήθησης** (*lautering*) (Εικόνα 3.10) φιλτράρεται και έτσι διαχωρίζεται η υγρή από τη στερεή φάση. Οι κόκκοι (η στερεή φάση) διατίθενται για ζωοτροφή, ενώ το ζυθόγλυκος (υγρή φάση) το οποίο αποτελεί το διήθημα, διαπερνά τον ειδικό διάτрито πυθμένα (*false bottom*) της δεξαμενής και

στο στάδιο του “**βρασμού και της φυγοκέντρησης**” (*Boiling and whirlpool*), επιτελείται επεξεργασία του ζυθογλεύκους μέσω βρασμού και φυγοκέντρησης. Ειδικότερα, σκοπός του βρασμού (Εικόνα 3.11), είναι η **αποστείρωση**, η **συμπύκνωση** καθώς και ο **εμπλουτισμός του χρώματος**, του ζυθογλεύκους. Ακόμη, κατά τη διαδικασία του βρασμού, **προστίθεται λυκίσκος**, δύο φορές. Μια φορά στην αρχή του βρασμού (για να *προσδώσει*



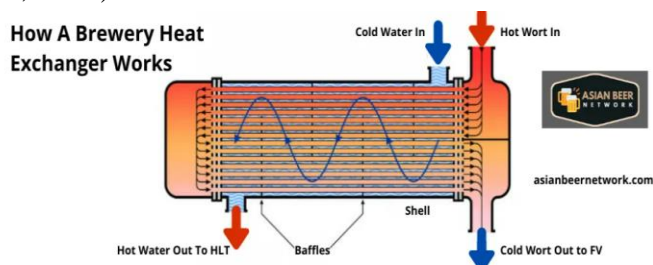
Εικόνα 3. 11: Φυγοκέντρηση ζυθογλεύκους (βιομηχανικές συνθήκες)

Πηγή: <https://a-c-e.uk/what-is-whirlpool-beer-meaning/>

4. Ψύξη μέσω εναλλάκτη θερμότητας (*Cooling through heat exchanger*)

Στο στάδιο της “ψύξης μέσω εναλλάκτη θερμότητας” (*Cooling through heat exchanger*), γίνεται χρήση εναλλάκτη θερμότητας (Εικόνα 3.13), για την ψύξη του ζυθογλεύκου. Πιο συγκεκριμένα, σκοπός είναι η ελάττωση της θερμοκρασίας του ζυθογλεύκου στους 20°C. Η διαδικασία της ψύξης, επιτελείται πριν την εισαγωγή του ζυθογλεύκου στον ζυμωτή (*fermenter*). (Kenechukwu A., 2019)

Επιπλέον, είναι σημαντικό να επισημανθεί, ότι κατά τη διαδικασία της ψύξης, επιτελείται και **εξοικονόμηση ενέργειας**. Λόγω χρήσης εναλλάκτη θερμότητας, το ζυθόγλυκος ψύχεται λόγω ροής ψυχρού νερού και παράλληλα, “εναλλάσσεται” η θερμότητα από το ζυθόγλυκος στο ψυχρό νερό. Έτσι, επιτελείται ψύξη του ζυθογλεύκου και θέρμανση του ψυχρού νερού. Το θερμό νερό, βρίσκει χρήση σε διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας (π.χ. στη καθαριότητα). (Kenechukwu A., 2019)



Εικόνα 3. 13: Εναλλάκτης θερμότητας για ψύξη ζυθογλεύκου (βιομηχανικές συνθήκες)

Πηγή: <https://www.asianbeernetnetwork.com/cooling-wort-with-a-clt-cold-liquor-tank/>

5. Ζύμωση και ωρίμανση (*Fermentation and maturation*)

Το στάδιο της “ζύμωσης και ωρίμανσης” (*fermentation and maturation*), μπορεί να χωριστεί στην **πρωταρχική ζύμωση** (*primary fermentation*) (Εικόνα 3.15) και στην **ωρίμανση** που είναι η δευτερεύουσα ζύμωση (*secondary fermentation*) (Εικόνα 3.14). Το ζυθόγλυκος τοποθετείται στις δεξαμενές



Εικόνα 3. 15: Δεξαμενές για τη πρωταρχική ζύμωση (βιομηχανικές συνθήκες)

Πηγή: <https://sk-skrjlj.com/en/beer-fermentation-and-maturation-tanks>

ζύμωσης, όπου εκεί θα επιτευχθεί η **διαδικασία της ζύμωσης** της μύρας. Έπειτα, επιτελείται η **διαδικασία της ωρίμανσης** της μύρας σε ειδικές **δεξαμενές ωρίμανσης**. Πιο συγκεκριμένα, για την εκκίνηση της διαδικασίας της ζύμωσης, προστίθεται μαγιά. Οι

SECONDARY FERMENTATION
Beer maturation in pressure tanks:
- conversion of residual sugars
- CO₂ enrichment
- full development of taste and aroma
- beer clarification



Εικόνα 3. 14: Δεξαμενές για τη δευτερεύουσα ζύμωση (ωρίμανση)-(βιομηχανικές συνθήκες)

Πηγή: <https://sk-skrjlj.com/en/beer-fermentation-and-maturation-tanks>

θερμοκρασίες ζύμωσης, ποικίλουν ανάλογα με τη ζύμη που χρησιμοποιείται (π.χ. *S. cerevisiae* < 20°C). Κατά τη λήξη της ζύμωσης, γίνεται σταδιακή ελάττωση της θερμοκρασίας και προετοιμασία της μύρας για ωρίμανση. Η διαδικασία της ζύμωσης έχει διάρκεια 3-4 ημέρες. Η ωρίμανση (*maturation*) της μύρας διαρκεί περίπου 3 εβδομάδες στις “δεξαμενές ωρίμανσης”. Στο τέλος αυτού του σταδίου, συλλέγεται η μαγιά από τον κωνικό πυθμένα του ζυμωτή. Σκοπός, είναι η επαναχρησιμοποίηση της για την παραγωγή μύρας. (Kenekukwu A., 2019; SK Škrli - Brilliant products, 2023)

6. Φιλτράρισμα σε Bright Beer Tank-BBT (*Filtering into a bright beer tank*)



Εικόνα 3. 16: Δεξαμενές Bright Beer Tanks-BBT (βιομηχανικές συνθήκες)

Πηγή:
<https://eshop.czechminibreweries.com/product-category/bpt/brite-tanks/>

Στο στάδιο **Φιλτράρισμα σε Bright Beer Tank-BBT (*Filtering into a bright beer tank*)** (Εικόνα 3.16), επιτελείται το φιλτράρισμα της μύρας. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένες δεξαμενές (*Bright Beer Tank/ BBT*) με τη χρήση ειδικών φίλτρων (*earth filters*). Σκοπός του φιλτραρίσματος, είναι η **απομάκρυνση καταλοίπων (π.χ. μαγιάς) και η διαύγανση της μύρας**. Ακόμη, αυτές οι

δεξαμενές, μπορούν να προσαρμόσουν το παραγόμενο CO₂. Σε αυτό το στάδιο, η μύρα είναι κατάλληλη για συσκευασία και διατηρείται παγωμένη. (Kenekukwu A., 2019)

7. Συσκευασία (*Packaging*)



Εικόνα 3. 17: Επαναχρησιμοποιούμενα βαρέλια για διακίνηση μύρας

Πηγή:
<https://www.beveragedaily.com/Article/2018/11/13/Beer-keg-manufacturer-Entinox-turns-to-Henkel-for-pickling-process>

Στο στάδιο της “**συσκευασίας**” (*Packaging*) της μύρας, η μύρα συσκευάζεται είτε σε **βαρέλια** (Εικόνα 3.17) είτε σε **γυάλινους περιέκτες** (Εικόνα 3.18). Αναφορικά με τα βαρέλια, η χωρητικότητά τους ποικίλει. Επίσης, για την εμφιάλωση των μπυρών, απαιτείται προκατεργασία. Ειδικότερα, δημιουργούνται συνθήκες κενού (για μείωση της οξείδωσης) και προσθήκη CO₂. Ακόμη, το πωμάτισμα, πρέπει να γίνεται όταν η μύρα αφρίζει, καθώς υποδεικνύει την απουσία ανεπιθύμητων μικροβίων. (Kenechukwu A., 2019)



Εικόνα 3. 18:
Γυάλινοι περιέκτες για μύρες

Πηγή: <https://www.croxsons.com/our-products/330ml-standard/>

8. Διανομή (*Distribution*)

Κατά το στάδιο της “**διανομής**” (*Distribution*), τα **βαρέλια μύρας**, διανέμονται σε καταστήματα εστίασης και φεστιβάλ, ως διαφημιστικά. Από την άλλη πλευρά, οι **περιέκτες**, διανέμονται σε καταστήματα εστίασης κ.λ.π (Kenechukwu A., 2019)



Εικόνα 3. 19: Διανομή μπυρών και άλλων ποτών

Πηγή: <https://beveragetradenetwork.com/en/btn-academy/articles/5-biggest-challenges-of-wine-beer-and-spirits-distribution-business-213.htm>

Ενδοσκόπηση στην παραγωγή μύρας

Η ζυθοποίηση αποτελεί περίπλοκη διαδικασία. Για την παραγωγή της μύρας, είναι επιτακτική η συμβολή διαφορετικών πρώτων υλών (βύνη, νερό, λυκίσκος και μαγιά) στη διαδικασία παραγωγής της. Το “σώμα” (body) της μύρας, οφείλεται κυρίως στη βύνη του κριθαριού. Σε κάθε ένα λίτρο μύρας περιέχονται εκατοντάδες γραμμάρια κριθαριού. (Kenechukwu A., 2019; Keukeleire, 2000)

Πολτοποίηση της βύνης

Κατά τη πολτοποίηση της βύνης (σε θερμοκρασία 60 °C), επιτελούνται το σύνολο των ενζυμικών δράσεων. Τα υδρολυτικά ένζυμα (*αμυλάσες, πρωτεάσες*), που παράχθηκαν κατά τη διαδικασία της βυνοποίησης, αρχίζουν να υδρολύουν το άμυλο και τις πρωτεΐνες, σε σάκχαρα και πεπτίδια (ή αμινοξέα), αντίστοιχα. Για αυτό το λόγο είναι σημαντική η βυνοποίηση (*malting*) πριν την επιτέλεση της πολτοποίησης

(*mashing*). Ακόμη η βύνη, μπορεί εν μέρη να αντικατασταθεί και από άλλες αμυλούχες πρώτες ύλες (π.χ. ρύζι, σίτος, αραβόσιτος κ.λ.π). (Sanchez, 2017; Keukeleire, 2000)

3.2.3 Η ζύμωση της μύρας στα εργοστάσια παραγωγής μύρας

Η διαδικασία συνεχούς ζύμωσης - The continuous fermentation process

Στη διαδικασία της ζύμωσης, για αρκετά χρόνια, αποτελούσε μονόδρομο η χρήση **πολλαπλών και μεγάλων δεξαμενών**, για την **επιτέλεση της ζύμωσης**. Η ζύμωση “κατά παρτίδες”, εμφάνιζε αρκετά **μειονεκτήματα** στην παραγωγική διαδικασία. Πιο συγκεκριμένα, τα προβλήματα είχαν αντίκτυπο στην **ποιότητα της μύρας** (π.χ. μη σταθερά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά) καθώς και από **οικονομικής άποψης**, προβλήματα στην παραγωγή (π.χ. χρήση μεγάλων δεξαμενών και μεγάλη διάρκεια ζύμωσης). Έτσι, στη σύγχρονη ζυθοβιομηχανία άρχισαν να χρησιμοποιούνται πιο άμεσες διαδικασίες ζύμωσης, γνωστές ως “**συνεχείς διαδικασίες ζύμωσης**” (*continuous fermentation process*), οι οποίες “εμβολιάζουν”, ήδη ζυμωμένη μύρα (από μεταγενέστερο στάδιο της διαδικασίας της συνεχούς ζύμωσης), στο αζύμωτο ζυθόγλυκος, για την επιτάχυνση της παραγωγικής διαδικασίας. (Kenekukwu A., 2019, Campbell, 2017)

Η “**διαδικασία συνεχούς ζύμωσης**” πλεονεκεί ως **διαδικασία για την παραγωγή μύρας**. Ειδικότερα, βασικό πλεονέκτημα της συνεχούς διαδικασίας ζύμωσης είναι ότι η ζύμωση επιτελείται με συνεχή τρόπο. Δηλαδή, από τη μια πλευρά της παραγωγικής διαδικασίας τοποθετείται το ζυθόγλυκος και από την άλλη πλευρά, παραλαμβάνεται η ζυμωμένη μύρα. Ακόμη, άλλο ένα πλεονέκτημα είναι ότι το ζυθόγλυκος που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μύρας με συνεχή τρόπο, έχει τη δυνατότητα να **αποθηκεύεται προσωρινά** σε ειδικές δεξαμενές αποθήκευσης (*storage tanks*), που διατηρείται το ζυθόγλυκος (σε θερμοκρασία 0 °C), μέχρι τη στιγμή που θα χρησιμοποιηθεί για τη διαδικασία της ζύμωσης. Εκτός από την αποθήκευση και **συντήρησή του**, παράλληλα γίνεται και **κατακρήμιση πρωτεϊνών**. Τέλος, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι, μια δεξαμενή αποθήκευσης, μπορεί να τροφοδοτήσει ζυθόγλυκος για ζύμωση μύρας για αρκετές ημέρες. (Kenekukwu A., 2019, Campbell, 2017)

4ο Κεφάλαιο: Γεύση και Άρωμα (Οργανοληπτικές ιδιότητες)

4.1 Χρώμα: Αντιδράσεις στις οποίες οφείλεται το χαρακτηριστικό χρώμα της μύρας

4.1.1 Η σημαντικότητα του χρώματος της μύρας

Το χρώμα της μύρας (Εικόνα 4.1), αποτελεί ένα από τα οργανοληπτικά της χαρακτηριστικά, τα οποία συμβάλλουν στο χαρακτηρισμό της τελικής της ποιότητας. Πιο συγκεκριμένα, το χρώμα της μύρας, μπορεί να επηρεάσει **την άποψη** του καταναλωτή σχετικά με **την μύρα** (π.χ. γεύση). Έτσι, πραγματοποιήθηκαν έρευνες σχετικές με την επίδραση του χρώματος της μύρας στη γεύση της. (Shellhammer T. H., Bamforth C.W, 2008)



Εικόνα 4. 1: Χαρακτηριστικά χρώματα μυρών

Πηγή:

<https://beerandbrewing.com/actual-beer-color-vs-predicted-color/5>

Ειδικότερα, σε μια από τις έρευνες χαρακτηρισμού της επίδρασης του χρώματος στην αντίληψη των καταναλωτών για το είδος της μύρας (δηλαδή τη γεύση του χαρακτηριστικού τύπου μύρας), πραγματοποιήθηκαν δοκιμές δύο όμοιων δειγμάτων μύρας (τύπου Lager). Η μόνη διαφορά τους εντοπιζόταν στο χρώμα τους. Το ένα δείγμα μύρας διέθετε το χαρακτηριστικό χρώμα των μυρών τύπου Lager και το άλλο δείγμα, ήταν χρωματισμένο με καραμελέ χρώμα που παρέπεμπε σε μύρα τύπου Ale. Από την αξιολόγηση των δειγμάτων, από ένα πάνελ 10 εκπαιδευμένων Βρετανών δοκιμαστών, προέκυψε ότι 9/10 δοκιμαστές, θεώρησαν ότι η μύρα με το καραμελέ χρώμα ήταν τύπου ale. Συνεπώς, το χρώμα της μύρας, καθορίζει κατά πολύ μεγάλο ποσοστό την αντίληψη των καταναλωτών αναφορικά με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της. (Shellhammer T. H., Bamforth C.W, 2008)

4.1.2 Τα συστατικά της μύρας που συμβάλλουν στο τελικό της χρώμα

Απο τα τέσσερα συστατικά από τα οποία παράγεται η μύρα (νερό, βύνη κριθαριού, λυκίσκος και μαγιά) (Πίνακας 4.1), **το σημαντικότερο συστατικό που προσδίδει το χαρακτηριστικό της χρώμα** είναι η **βύνη κριθαριού**. Αυτό συμβαίνει,

διότι **βρίσκεται σε μεγαλύτερη αναλογία στην μύρα** συγκριτικά με τα υπόλοιπα συστατικά και παράγεται σε πληθώρα διαφορετικών χρωμάτων και γεύσεων. Η **συνεισφορά του λυκίσκου** στο χρώμα της μύρας, είναι **σχεδόν αμελητέα**. Βέβαια, υπάρχουν κάποιες εξαιρέσεις (όπως οι ανοιχτόχρωμες μύρες), που το χρώμα τους επηρεάζεται λόγω της οξειδωσης των πολυφαινολών του λυκίσκου. Τέλος, όπως ο λυκίσκος, έτσι και η **μαγιά δεν επηρεάζει το χρώμα της μύρας**, εκτός από κάποιες εξαιρέσεις. Έτσι, στην περίπτωση της μαγιάς, το χρώμα της μύρας, επηρεάζεται από κατάλοιπά της στο τελικό προϊόν (π.χ. η μύρα *Hefeweizen*). (Shellhammer T. H., Bamforth C.W, 2008)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 1: Τα συστατικά της μύρας που συνεισφέρουν στο χρώμα του τελικού προϊόντος.

| | Συστατικό | Βαθμός συνεισφοράς στο τελικό προϊόν |
|--------------------|-----------------------|--|
| Χρώμα Μύρας | Βύνη κριθαριού | Πολύ μεγάλη |
| | Λυκίσκος | Αμελητέα, εκτός κάποιων εξαιρέσεων. (π.χ. ανοιχτόχρωμες μύρες) |
| | Μαγιά | Αμελητέα, εκτός κάποιων εξαιρέσεων. (π.χ μύρα <i>Hefeweizen</i>) |
| | Νερό | - |

Πηγή: Shellhammer T. H., Bamforth C.W, 2008

4.1.3 Αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την παραγωγή του χρώματος της μύρας

Το **χρώμα της μύρας** καθορίζεται απο μια σειρά παραγόντων. Αρχικά, εξαρτάται από την **επεξεργασία των πρώτων υλών** (π.χ. ξήρανση της βύνης) και στη συνέχεια από **τη διαδικασία της ζυθοποίησης** (π.χ. κατά την παραμονή στο ζυθοποιείο). Κατά τη διάρκεια των παραπάνω διαδικασιών, παράγεται πληθώρα ενώσεων, οι οποίες είναι υπεύθυνες για το χρώμα της μύρας (Πίνακας 4.2). Η πιο σημαντική αντίδραση παραγωγής χρώματος, που λαμβάνει χώρα κατά την παραγωγή της μύρας, είναι η **αντίδραση Maillard**. Παρόλα αυτά, συμβαίνουν **αντιδράσεις καρραμελοποίησης** καθώς και **αντιδράσεις οξειδωσης** (των πολυφαινολών), κατά την παραγωγική διαδικασία των μυρών. (Bamforth C. W., 2017; Gribkova I. N., Eliseev M., 2021)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 2: Ενώσεις που προσδίδουν στην μύρα το χαρακτηριστικό της χρώμα

| Αντιδράσεις | Ενώσεις υπεύθυνες για το χρώμα της μύρας | Ποσότητα των ενώσεων για εκδήλωση χρώματός τους (mg/dm^3) |
|---------------------------|---|---|
| Αντίδραση Maillard | Μελανοϊδίνες (<i>Melanoidins</i>) | 0.61-0.49 |
| Αντίδραση καραμελοποίησης | Καραμελάνες και καραμελίνες (<i>Caramels</i>) | Δεν αναφέρει |
| Αντιδράσεις οξείδωσης | Πολυφαινόλες (<i>Polyphenols</i>) | Μέχρι 800 |
| | Ιόντα μετάλλων (π.χ Cu^{2+} , Fe^{2+}), σε κολλοειδείς ενώσεις | Cu^{2+} , περίπου 0.06 Fe^{2+} , 0.63-1.20 |
| - | Συνένζυμο βιοχημικών διεργασιών, ριβοφλαβίνη (<i>Riboflavin</i>) | Μέχρι 1.3 |

Πηγή: Gribkova I. N., Eliseev M., 2021

Προέλευση των προϊόντων που ευθύνονται για το χρώμα της μύρας

Ειδικότερα, οι **μελανοϊδίνες** (*melanoidins*) αποτελούν ενώσεις οι οποίες παράγονται στο στάδιο της ξήρανσης κατά τη διαδικασία της βυνοποίησης. Πιο συγκεκριμένα, είναι προϊόντα της **αντίδρασης Maillard** και παράγονται από την αντίδραση των μονο-, δι- και τρισακχαριτών με αμινοξέα, υπό υψηλές θερμοκρασίες (που αναπτύσσονται κατά την ξήρανση της βύνης). Τα χρώματα που προσδίδουν οι μελανοϊδίνες στη βύνη, κυμαίνονται από κίτρινο έως καφέ σκούρο. (Gribkova I. N., Eliseev M., 2021)

Αναφορικά με τις **καραμελάνες, καραμελένες και καραμελίνες** (*caramels*), αποτελούν παράγωγα της αντίδρασης καραμελοποίησης. Η **αντίδραση της καραμελοποίησης**, λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασίες $>120^{\circ}C$ και συνήθως πραγματοποιείται προς το τέλος του “μαγειρέματος”. Για την καραμελοποίηση λαμβάνεται υπόψη το pH, καθώς και το είδος των σακχάρων. (Gribkova I. N., Eliseev M., 2021)

Η μύρα περιέχει **πληθώρα πολυφαινολικών ενώσεων** (*polyphenols*), οι οποίες επηρεάζουν εκτός από το χρώμα και ένα σύνολο διαφορετικών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της μύρας (π.χ. άρωμα, γεύση και θολότητα).

Τα **ιόντα χαλκού και σιδήρου** (Cu^{2+} & Fe^{2+} ions), αποτελούν συστατικά κολλοειδών ενώσεων (π.χ πρωτεΐνες, σάκχαρα και πολυφαινόλες), οι οποίες ενώσεις, ευθύνονται για τη θολότητα (*turbidity*) της μύρας. (Gribkova I. N., Eliseev M., 2021; Awad P.A., Decloux V., et al., 2017; Inui T., et al., 2013; Rettberg N., et al., 2018)

Τέλος, η **ριβοφλαβίνη** (*riboflavin*) αποτελεί μια επιπλέον ένωση που συνεισφέρει στο χρώμα της μύρας. Το χρώμα της είναι έντονο πορτοκαλί και προέρχεται από τη βύνη κριθαριού. Η περιεκτικότητα της ριβοφλαβίνης μεταβάλλεται ανάλογα με την περιεκτικότητα της μύρας σε αλκοόλη. Έτσι για μύρα με αλκοόλ η περιεκτικότητά σε ριβοφλαβίνη είναι 0.3-1.3 mg/dm^3 ενώ για μύρες χωρίς αλκοόλ η περιεκτικότητά της μπορεί να φτάσει έως 0.11 mg/dm^3 . (Meledina T.V., Dedegkaev A.T., 2014; Pierre E., Pham A.-L., 2019)

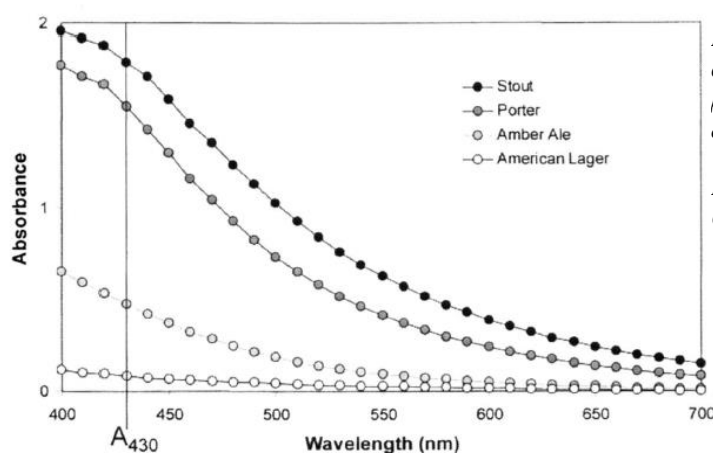
4.1.4 Διαφορές ανάμεσα στις “απλές” και τις “ειδικές” βύνες για παραγωγή μύρας

Πιο συγκεκριμένα, **το χρώμα της αλεσμένης βύνης** (*grist*), ποικίλει ανάλογα με την επεξεργασία που έχει υποστεί πριν την άλεσή της. Δηλαδή, για **“απλές βύνες”** (*malts*), οι οποίες έχουν παραχθεί με τη συνηθισμένη διαδικασία βυνοποίησης, το χρώμα και η γεύση της βύνης, οφείλονται στην **αντίδραση Maillard**. Αντίθετα, για τις **“ειδικές βύνες”** (*specialty malts*), οι οποίες έχουν υποστεί “ειδικές” συνθήκες επεξεργασίας (παράταση της τροποποίησης των κόκκων κριθαριού κατά το στάδιο της εκβλάστησης σε συνδιασμό με ξήρανση των κόκκων υψηλών σε υγρασία, σε υψηλές θερμοκρασίες στη διαδικασία της βυνοποίησης), το χρώμα τους οφείλεται κυρίως στις **αντιδράσεις καραμελοποίησης**. (Shellhammer T. H., Bamforth C.W, 2008; Prado R. et al, 2021)

4.1.5 Αξιολόγηση του χρώματος της μύρας

Για την κατηγοριοποίηση των μύρων με βάση το χρώμα τους έχουν χρησιμοποιηθεί αλλά και χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι αξιολόγησης του χρώματος. Στο παρελθόν, γινόταν χρήση της **κλίμακας lovibond** (αξιολόγηση του χρώματος με βάση μια κλίμακα χρωματικών προτύπων και αξιολόγηση από τον άνθρωπο), αλλά λόγω επανειλημμένων σφαλμάτων από τον ανθρώπινο παράγοντα, ορίστηκε ως μη αξιόπιστη. Έτσι, αποτέλεσε μονόδρομος η χρήση μεθόδων, που προσδίδουν μεγαλύτερη ακρίβεια για την αξιολόγηση του χρώματος. (Shellhammer T. H., Bamforth C.W, 2008)

Σήμερα, χρησιμοποιούνται **ενόργανες μέθοδοι ανάλυσης**, για τον ακριβή προσδιορισμό του χρώματος της μύρας. Η παρακάτω μέθοδος γνωστή ως “πρότυπη μέθοδος” (*standard method*), είναι αποδεκτή από τον **Αμερικάνικο σύλλογο ζυθοποιών χημικών (ASBC)** και το **Ευρωπαϊκό συμβούλιο ζυθοποίησης (EBC)**. Πιο συγκεκριμένα, για τον προσδιορισμό του χρώματος της μύρας, εφαρμόζονται φασματοσκοπικές μέθοδοι ανάλυσης σε μήκος κύματος 430nm (Εικόνα 4.2). Η λήψη του φάσματος απορρόφησης, γίνεται στη περιοχή του συμπληρωματικού χρώματος της μύρας. Στην περίπτωση της μύρας, αφού το χρώμα της κυμαίνεται από κίτρινο έως και καφέ, η απορρόφηση πραγματοποιείται στην ιώδη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. (Shellhammer T. H., Bamforth C.W, 2008)



Εικόνα 4. 2: Γραφήματα των απορροφήσεων συναρτήσει του μήκους κύματος τεσσάρων διαφορετικών τύπων μύρας

Πηγή: Shellhammer T. H., Bamforth C.W, 2008

Κλίμακα ASBC και κλίμακα SRM

Η κλίμακα ASBC, αποτελεί την “Αμερικάνικη” εκδοχή της κλίμακας SRM. Πρακτικά, αυτές οι κλίμακες ταυτίζονται. Για την έκφραση του χρώματος της μύρας και συνεπώς την κατηγοριοποίηση της με βάση το χρώμα χρησιμοποιείται η μονάδα μέτρησης σε °SRM (Πίνακας 4.3). Η μονάδα μέτρησης του χρώματος °SRM είναι αρκετά κοντά στην κλίμακα *Lovibond*. (Shellhammer T. H., Bamforth C.W, 2008)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 3: Κατηγοριοποίηση διαφόρων ειδών μύρας με κριτήριο το χρώμα και τη συμβολή των κλιμάκων SRM και EBC

| Style | Color | Color units | |
|-------------------------------|-----------------------|-------------|----------|
| | | SRM | EBC |
| American/European light lager | Yellow, straw, golden | 2 - 4 | 4 - 8 |
| British Pale Ale | Amber | 10 - 15 | 20 - 30 |
| American Porter | Dark brown | 20 - 30 | 40 - 60 |
| Irish Stout | Black | 35 - 70 | 70 - 140 |

Πηγή: Shellhammer T. H., Bamforth C.W, 2008

4.2 Άρωμα-Γεύση και μεταβολισμός κατά τη διάρκεια της ζύμωσης της μύρας

4.2.1 Μεταβολισμός και προϊόντα κατά τη διαδικασία της ζύμωσης

Το τελικό άρωμα και γεύση της μύρας, προέρχονται από ένα σύνολο γευστικά ενεργών ενώσεων, οι οποίες παράγονται σε κάθε στάδιο της ζυθοποίησης. Παρόλα αυτά, το στάδιο το οποίο αποτελεί σταθμό για την παραγωγή του παραπάνω είδους ενώσεων, είναι το **στάδιο της ζύμωσης**. Πιο συγκεκριμένα, οι ενώσεις που προσφέρουν άρωμα και γεύση στην μύρα είναι οι **“ενδιάμεσες” ενώσεις που παράγονται από το μεταβολισμό της μαγιάς** καθώς και τα **υποπροϊόντα της μαγιάς**. (Pires et al., 2014)

Τα **προϊόντα ζύμωσης** της μύρας, είναι οι **πρωτογενείς** καθώς και οι **δευτερογενείς μεταβολίτες** που προκύπτουν από τη δράση της μαγιάς στο ζυθόγλυκος (Πίνακας 4.4). Οι **πρωτογενείς μεταβολίτες**, που προκύπτουν κατά τη διαδικασία της ζύμωσης (σε σημαντικές ποσότητες), είναι η **αιθανόλη, το διοξείδιο του άνθρακα και η γλυκερίνη (glycerol)**. Από την άλλη πλευρά, στους **δευτερογενείς μεταβολίτες** υπάγονται: **οι ανώτερες αλκοόλες, οι εστέρες, τα καρβονύλια και οι θειούχες ενώσεις** (ανόργανες και οργανικές). (Stewart G.G., 2017; Stewart, G.G., Russell I., 2009)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 4: Μεταβολισμός κατά τη ζύμωση της μύρας από τη μαγιά

| | Είδη μεταβολιτών | Προϊόντα |
|--|----------------------------------|---|
| Μεταβολισμός κατά τη ζύμωση της μύρας | Πρωτογενείς μεταβολίτες | π.χ. αιθανόλη, διοξείδιο του άνθρακα, γλυκερίνη, ακεταλδεΰδη και οξικό οξύ |
| | Δευτερογενείς μεταβολίτες | π.χ. ανώτερες αλκοόλες (<i>higher alcohols</i>), εστέρες, θειούχες ενώσεις (οργανικές και ανόργανες), καρβονύλια, θειόλες και τερπενοειδή |

Πηγή: Stewart G.G., 2017; Stewart G.G., Russell I., 2009; Styger et al., 2011

4.2.2 Δευτερογενείς μεταβολίτες: “πηγή” αρώματος και γεύσης της μύρας

Το **άρωμα** καθώς και η **γεύση της μύρας**, προέρχονται κατά βάση, από τους **δευτερογενείς μεταβολίτες** που παράγονται κατά τη διαδικασία της ζύμωσης από το στέλεχος της μαγιάς (χρησιμοποιήθηκε κατά τη ζύμωση) **σε συνδυασμό μ’ ένα**

σύνολο παραγόντων (Πίνακας 4.5). Οι παράγοντες είναι η **σύνθεση του ζυθογλεύκου** καθώς και οι **συνθήκες της ζύμωσης**. (Stewart G.G., 2017)

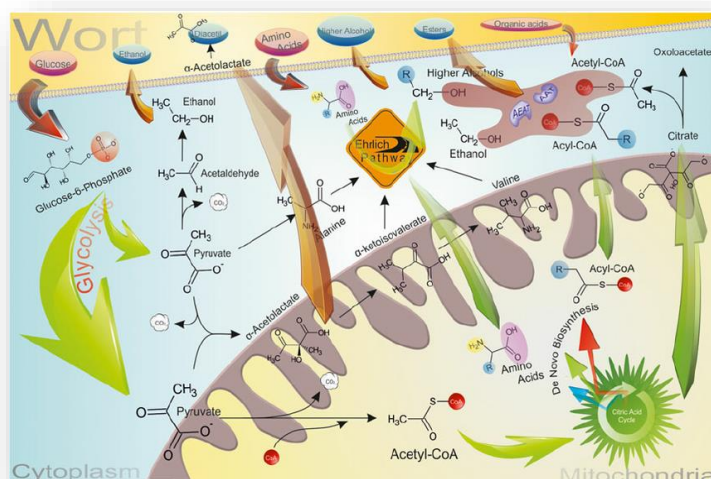
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 5: Παράγοντες που επιδρούν στο άρωμα και στη γεύση της μύρας

| | | | | |
|----------|---|----------------------------------|---|-----------|
| Στέλεχος | + | Σύνθεση ζυθογλεύκου | = | Γεύση και |
| μαγιάς | | Συνθήκες ζύμωσης του ζυθογλεύκου | | άρωμα |

Πηγή: Stewart G. G., 2017

Σύνθεση των δευτερογενών μεταβολιτών

Αναφορικά με τους δευτερογενείς μεταβολίτες, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως υπεύθυνοι για το **άρωμα και τη γεύση** της μύρας, συντίθενται με δύο τρόπους. Πιο συγκεκριμένα, είτε παράγονται **εξ' αρχής (de novo)** λόγω της ζύμωσης της μαγιάς με το ζυθόγλυκος, είτε **με μετατροπή των υφιστάμενων ενώσεων**, που απαντώνται στις πρώτες ύλες της μύρας (λυκίσκος και σιτηρό), σε πτητικές και μη-πτητικές ενώσεις (Lambrechts & Pretorius, 2000)



Εικόνα 4. 3: Σχηματική αναπαράσταση των μεταβολικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα κατά την παραγωγή ανώτερων αλκοολών και εστέρων στην μύρα

Πηγή:
https://www.researchgate.net/figure/A-schematic-overview-of-the-main-metabolic-routes-inside-brewing-yeast-cell-contributing_fig2_259566009

Πιο συγκεκριμένα, χαρακτηριστικές **πτητικές ενώσεις**, αποτελούν οι ανώτερες αλκοόλες και οι εστέρες που παράγονται σε μεγάλη αναλογία στο ζυθόγλυκος και συνεπώς στην μύρα. Αναφορικά με τις **ανώτερες αλκοόλες (fusel alcohols)** μπορούν να παραχθούν με δυο διαφορετικούς τρόπους. Είτε με αναβολισμό, είτε με καταβολισμό (μέσω της μεταβολικής οδού *Ehrlich*) των αμινοξέων (Εικόνα 4.3). Οι **εστέρες**, αποτελούν **προϊόντα ενζυματικής συμπίκνωσης** των οργανικών οξέων με τις αλκοόλες. (Pires et al., 2014)

4.2.3 Ενώσεις που ευθύνονται για τη γεύση και το άρωμα της μύρας

Οι **τύποι ενώσεων** (Πίνακας 4.6), οι οποίες είναι υπεύθυνες για τη “γεύση” της μύρας, είναι **πτητικές και μη-πτητικές** ενώσεις. Οι μεν πτητικές ενώσεις

συμβάλλουν στο άρωμα (*aroma*) της μύρας και οι μη-πτητικές ενώσεις συμβάλλουν στην αίσθηση στο στόμα (*mouthfeel*). (Morreno-Arribas & Polo, 2009)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 6: Χαρακτηριστικές ενώσεις υπεύθυνες για τη “γεύση”

| Οργανοληπτική ιδιότητα | | Τύποι ενώσεων | Χαρακτηριστικές ενώσεις |
|--------------------------|--|--|--|
| Γεύση (<i>flavour</i>) | Άρωμα (<i>Aroma</i>) | Πτητικές ενώσεις (<i>Volatile compounds</i>) | αλκοόλες, αλδεΐδες, εστέρες, δικαρβονυλικές ενώσεις (<i>dicarbonyls</i>), λιπαρά οξέα (μικρής ανθρακικής αλυσίδας), μεθυλοκετόνες, λακτόνες, φαινολικές ενώσεις, τερπένια και θειούχες ενώσεις |
| | Αίσθηση στο στόμα (<i>mouthfeel</i>) | Μη-πτητικές ενώσεις (<i>Non-volatile compounds</i>) | γλυκερίνη, μονο- και πολυσακχαρίτες, φαινολικά (<i>phenolics</i>) και οργανικά οξέα |

Πηγή: Morreno-Arribas & Polo, 2009

5^ο Κεφάλαιο: Νέες τάσεις στην παραγωγή μύρας και η εμπορική τους αξία

5.1 Η χρήση non *Saccharomyces cerevisiae* ζυμών στην παραγωγή μύρας

5.1.1 Ζύμες του γένους *Saccharomyces* που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή μύρας και οι ανερχόμενες ζύμες non-*Saccharomyces cerevisiae* στη ζυθοπαραγωγή

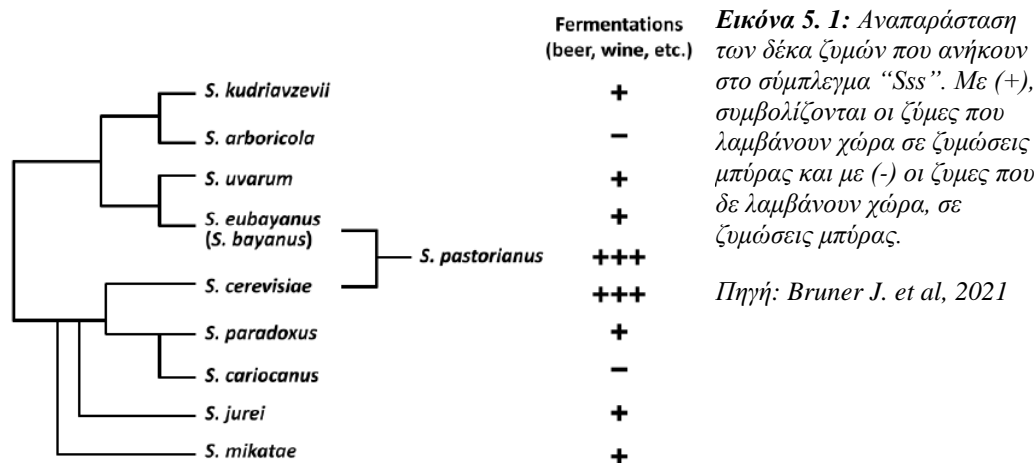
Είναι κοινά γνωστό, ότι κατά παράδοση η μύρα παράγεται με τη συμβολή του μικροοργανισμού *Saccharomyces cerevisiae*. Τα στελέχη του μικροοργανισμού *S. cerevisiae*, αποτελούν τα πιο κοινά στελέχη ζυμών στο εμπόριο για την παραγωγή ζύθου. Ο τύπος μύρας που παράγεται από τον παραπάνω μικροοργανισμό είναι οι μύρες Ale. Τα στελέχη του είναι αρκετά δημοφιλή για την παραγωγή ζύθου, καθώς διέπονται από πολύ καλή ζυμωτική συμπεριφορά και από καλά τεχνολογικά χαρακτηριστικά (π.χ. κροκκίδωση). Έτσι, με τη συνεισφορά τους, διασφαλίζεται παραγωγή μπυρών σταθερής ποιότητας. (W. Desiderio Estela Escalante, 2018; Stewart G.G., 2016)

Η πιο σημαντική κατά σειρά ζύμη του γένους *Saccharomyces* είναι η ζύμη *Saccharomyces pastorianus*, της οποίας τα στελέχη συμβάλουν στην παραγωγή μύρας τύπου Lager. Ειδικότερα, ο παραπάνω μικροοργανισμός είναι “υβρίδιο”, καθώς έχει προέλθει από τους μικροοργανισμούς *S. cerevisiae* και *S. eubayanus*. Ακόμη, ο *S. pastorianus*, αν και ο πρώτος μικροοργανισμός που είναι προϊόν δυο επιμέρους μικροοργανισμών, είχε επιτυχή εφαρμογή στη βιομηχανία της ζυθοποίησης εδώ και αιώνες. Έτσι, η παραπάνω ζύμη αποτέλεσε σταθμό για την εκκίνηση χρήσης διαφορετικών μικροοργανισμών από το *S. cerevisiae* στη ζυθοβιομηχανία. (Stewart G.G., 2016; Bruner J., Fox G., 2020)

Τα τελευταία χρόνια, έχουν εντατικοποιηθεί οι έρευνες σχετικά με τη χρήση non *Saccharomyces cerevisiae* (ή Non-*cerevisiae Saccharomyces*) ζυμών για τη παραγωγή μπυρών. Η αιτία χρήσης της παραπάνω “ομάδας” ζυμών, οφείλεται κατά μεγάλο βαθμό στις απαιτήσεις των καταναλωτών σχετικά με τις μύρες. Όπως, για τις μύρες με πιο ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (γεύσης και αρώματος). Ακόμη, η χρήση των non *Saccharomyces cerevisiae*, οφείλεται στην αύξηση της δημοτικότητας των μπυρών μεικτής ζύμωσης. (Bruner J., Fox G., 2020)

5.1.2 Τι είναι οι ζύμες *non-Saccharomyces cerevisiae*

Οι ζύμες *non-Saccharomyces cerevisiae*, είναι μια ομάδα ζυμών οι οποίες ανήκουν στο γένος *Saccharomyces*. Η πιο κοινή ζύμη των *non-Saccharomyces cerevisiae* ζυμών, αποτελεί η ζύμη *Saccharomyces pastorianus*. Ακόμη, σε αυτή την



Εικόνα 5. 1: Αναπαράσταση των δέκα ζυμών που ανήκουν στο σύμπλεγμα “Sss”. Με (+), συμβολίζονται οι ζύμες που λαμβάνουν χώρα σε ζυμώσεις μύρας και με (-) οι ζύμες που δε λαμβάνουν χώρα, σε ζυμώσεις μύρας.
Πηγή: Bruner J. et al, 2021

ομάδα υπάγονται και οι μικροοργανισμοί του συμπλέγματος ζυμών *Saccharomyces sensu stricto* (Sss). Όλες οι ζύμες που έχουν ενταχθεί στο σύμπλεγμα ζυμών *Saccharomyces sensu stricto* (Sss), έχει βρεθεί ότι μπορούν να μεταβολίσουν τα σάκχαρα σε αιθανόλη. Στο σύνολο τους, οι ζύμες που ανήκουν σε αυτο σύμπλεγμα είναι δέκα. Παρόλα αυτά, οι οκτώ από αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή μύρας (Εικόνα 5.1). Κάποιοι από του μικροοργανισμούς που ανήκουν στο παραπάνω σύμπλεγμα και έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη βιομηχανία παραγωγής μύρας είναι οι *S. kudriavzevii*, *S. paradoxus*, *S. mikatae*, *S. uvarum* και *S. bayanus*. Τέλος, στην ευρύτερη ομάδα των *non-Saccharomyces cerevisiae*, ανήκουν και άλλοι μικροοργανισμοί (π.χ. *S. abulensis*, *S. florentinus* κ.λπ) οι οποίοι προς το παρόν, δεν έχουν ενταχθεί στο σύμπλεγμα ειδών “Sss” αλλά γίνεται λόγος για την εισαγωγή τους, καθώς αποτελούν **νέα είδη** (*novel species*) του γένους *Saccharomyces*. (Mortimer R.K., 2000; Sicard D., Legras J.-L., 2011; Borneman A.R., Pretorius I, 2015; Stewart G.G., 2016; Bruner J., Fox G., 2020)

5.1.3 Που χρησιμοποιούνται οι ζύμες *non-Saccharomyces cerevisiae* στην παραγωγή μύρας και με ποιόν τρόπο

Οι μικροοργανισμοί της ομάδας ζυμών, *non Saccharomyces cerevisiae*, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στη βιομηχανία παραγωγής μύρας. Πιο συγκεκριμένα οι ζύμες της ομάδας αυτής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τη ζύμη *S. cerevisiae*. Έτσι, οι *non-Saccharomyces cerevisiae* ζύμες, συμβάλλουν στην παραγωγή μυρών μεικτής ζύμωσης. Οι μύρες μεικτής ζύμωσης,

χαρακτηρίζονται από πιο ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (π.χ πιο ξινές γευστικά μύρες) (Πίνακας 5.1). Ακόμη, υπάρχει ενδιαφέρον για την παραγωγή μυρών με στελέχη των **non-Saccharomyces cerevisiae** και κυρίως των νέων ειδών (*novel species*), με σκοπό την παραγωγή μυρών χαμηλής ή και μηδενικής περιεκτικότητας σε αλκοόλη. (Canonico, L., et al 2019; Canonico, L., et al 2016; Alonso-Del-Real, J., et al 2017; Pérez-Torrado, R., et al, 2018)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 1: Κατηγορίες ενώσεων που παράγονται κατά τη ζύμωση non-Saccharomyces cerevisiae ζυμών και συμβάλλουν στο άρωμα και τη γεύση της μύρας

| Non-Saccharomyces cerevisiae | |
|------------------------------|--|
| Άρωμα και γεύση | Ανώτερες αλκοόλες και εστέρες (<i>Alcohols and esters</i>) |
| | Πολυλειτουργικές θειόλες (<i>Polyfunctional thiols</i>) |
| | Λακτόνες και φουρανόνες (<i>Lactones & furanones</i>) |
| | Τερπενοειδή (<i>Terpenoids</i>) |

Πηγή: Bruner J., Fox G., 2020

5.1.4 Σύγκριση των *Saccharomyces* με τους non-*Saccharomyces* μικροοργανισμούς

Η παραγωγή μύρας όπως είναι κοινά γνωστό, επιτυγχάνεται από μικροοργανισμούς του γένους *Saccharomyces*, λόγω της δυνατότητάς τους να παράγουν προϊόντα σταθερής ποιότητας. Παρόλα αυτά, τα εμπορικά μοντέλα, τα καταναλωτικά πρότυπα, η δημοφιλία των μυρών μεικτής ζύμωσης (*mixed-fermentation*) καθώς και η ευρύτερη ζήτηση της αγοράς για νέα προϊόντα μύρας (με διαφορετικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά) οδήγησαν στην αξιοποίηση των ζυμών **non-Saccharomyces** για την παραγωγή των νέων μυρών. (Desiderio Estela Escalante W., 2019; Bruner J. et al, 2021)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση από τους καταναλωτές για νέες γεύσεις στις μύρες, έχει οδηγήσει τους επιστήμονες της ζυθοβιομηχανίας, να προβούν στη χρήση διαφορετικών μικροοργανισμών για ζύμωση, από τους παραδοσιακούς (*S. cerevisiae* και *S. pastorianus*). Οι **non-Saccharomyces** μικροοργανισμοί θεωρούνταν μολυσματικοί κατά την παραγωγή μύρας στη βιομηχανία. Για αυτό το λόγο, ακολουθούσαν πρακτικές εξάλειψής τους (π.χ. παστερίωση). Παρόλα αυτά, βρέθηκε ότι οι ζύμες **non-Saccharomyces**, δρούν αυθόρμητα κατά τη ζύμωση ποτών και έχουν ένα μεγάλο μερίδιο ευθύνης για τα τελικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ζυμώμενων ποτών. Έτσι, πραγματοποιήθηκαν

στοχευμένες έρευνες σε συγκεκριμένα είδη και στη συνέχεια στον προσδιορισμό των κατάλληλων στελεχών και συνθηκών για χρήση τους στη βιομηχανία των ζυμών. (Bruner J. et al, 2021; Desiderio Estela Escalante W., 2019)

Πιο συγκεκριμένα, οι μικροοργανισμοί που ανήκουν στους **non-Saccharomyces** και έχουν αποκτήσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, ανήκουν σε διάφορα γένη. Ειδικότερα τα γένη που βρίσκονται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος, είναι τα *Kloeckera*, *Candida* και *Hanseniaspora*. Η επιλογή αυτών των γενών μικροοργανισμών, έγινε καθώς έχει παρατηρηθεί ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή *craft* μπυρών. (Desiderio Estela Escalante W., 2019)

5.2 Εμπορική αξιοποίηση των *non Saccharomyces cerevisiae* ζυμών

5.2.1 Ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις ζύμες του συμπλέγματος *Saccharomyces sensu stricto*

Σε μια έρευνα, που έλαβε χώρα στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, στο Ντέιβις, πραγματοποιήθηκε παραγωγή μπυρών σε εργαστηριακές συνθήκες, με τη συμβολή των 5 μικροοργανισμών του συμπλέγματος ζυμών “*Sss*”, τα οποία παραχωρήθηκαν από τη “Συλλογή καλλιέργειών ζυμών *Phaff*, του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια (*UC Davis, Davis, CA, USA; phaffcollection.ucdavis.edu*). Οι μικροοργανισμοί ήταν οι *S. mikatae*, *S. kudriavzevii*, *S. paradoxus*, *S. bayanus* και *S. uvarum*. Ακόμη, αντλήθηκαν από το *Fermentis (LeSaffre, Marcq-en-Baroeul, της Γαλλίας)* ως δείγματα “*control*” οι μικροοργανισμοί *S. cerevisiae* και *S. pastorianus*, καθώς και ένας πειραματικός μικροοργανισμός (υβρίδιο), *S. cerevisiae* × *S. bayanus*. Από τους παραπάνω μικροοργανισμούς, παράχθηκαν οκτώ πειραματικές παραγωγές μπύρας στο Ερευνητικό Πειραματικό ζυθοποιείο *Anheuser-Busch* στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, στο Ντέιβις. (Bruner J. et al, 2021)

Στο αποτέλεσμα της έρευνας, από οργανοληπτικής άποψης, όλες οι μπύρες παρουσίασαν πικάντικη γεύση πιθανότατα λόγω της ύπαρξης φαινολών. Ακόμη, η προσθήκη αποξηραμένου λυκίσκου στο τέλος της ζύμωσης της μπύρας, αύξησε τη πικρότητα, τη στυπτικότητα καθώς και τις φρουτώδεις νότες της μπύρας. Από την άλλη πλευρά, η ζυμωτική συμπεριφορά της κάθε ζύμης, ήταν πολύ καλή. (Bruner J. et al, 2021)

Συμπερασματικά, οι παραπάνω ζύμες θα χρησιμοποιηθούν με ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε ζυθοποιεία που πειραματίζονται με τις γεύσεις των μπυρών καθώς και σε ζυθοποιεία που ρισκάρουν την προσθήκη νέας ζύμης στην παραγωγή μπυρών. (Bruner J. et al, 2021)

Γενικά συμπεράσματα

Η παραγωγή ποιοτικής μύρας, είναι μια διαδικασία που επηρεάζεται από πληθώρα παραγόντων. Από τη διαλογή της πρώτης ύλης, μέχρι και την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Έτσι η διαλογή της πρώτης ύλης, καθώς και η διαδικασία παραγωγής του προϊόντος, αποτελούν κρίσιμους παράγοντες.

Αρχικά, το κριθάρι το οποίο είναι η πρώτη ύλη για την παραγωγή της βύνης κριθαριού, είναι σημαντικό να πληρεί τις προδιαγραφές για παραγωγή ποιοτικής βύνης. Μέσα στις προδιαγραφές συμπεριλαμβάνονται α) η δομή των κόκκων του κριθαριού β) οι μορφο-φυσιολογικοί παράγοντες των κόκκων (ακατέργαστων κόκκων κριθαριού) γ) οι βιοχημικοί παράγοντες και δ) η βυνοποίηση. Το νερό το οποίο αποτελεί το 92-95% του συνόλου των συστατικών της μύρας, οφείλει να συμμορφώνεται με τις προδιαγραφές που ισχύουν για την παραγωγή μύρας. Δηλαδή, οφείλει να είναι ελεύθερο μολύνσεων, να διαθέτει την απαραίτητη χημική σύσταση καθώς και την απαραίτητη σκληρότητα, ανάλογα με το παραγόμενο είδος μύρας. Ακόμη, το νερό της ζυθοποίησης οφείλει να έχει υψηλή περιεκτικότητα κατιόντων ασβεστίου και μαγνησίου καθώς μειώνει το pH του πολτού, βελτιώνει τη δράση των α -αμυλασών (α -amylases), προάγει την κατακρήμνιση των πρωτεϊνών κατά τη διάρκεια του βρασμού του ζυθογλεύκου και συμβάλλει στην απομάκρυνση των οξαλικών. Άλλο ένα συστατικό είναι ο λυκίσκος, ο οποίος παρέχει τα απαραίτητα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στην μύρα. Τέλος, η ζύμη *S. cerevisiae*, η οποία είναι υπεύθυνη για την ενορχήστρωση της διαδικασίας της ζύμωσης, λόγω της μακροχρόνιας χρήσης της στη βιομηχανία της ζυθοποίησης έχει ερευνηθεί εκτενώς. Σήμερα, η κάθε βιομηχανία παραγωγής μύρας χρησιμοποιεί τα δικά της στελέχη, τα οποία είναι αρκετά αποδοτικά (στη ζύμωση) λόγω της “εξημέρωσης” τους από τον άνθρωπο.

Αναφορικά με τα βασικά στάδια παραγωγής της μύρας, το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει τη βυνοποίηση. Είναι απαραίτητο να ακολουθηθούν ευλαβικά τα στάδια της βυνοποίησης (διαβροχή, εκβλάστηση και ξήρανση), καθώς επηρεάζουν την τελική ποιότητα της βύνης. Αρχικά, πραγματοποιείται η παραγωγή και ενεργοποίηση των απαιτούμενων αμυλολυτικών ενζύμων (α - β -amylase). Είναι απαραίτητος ο σωστός συνδυασμός χρόνου και θερμοκρασίας κατά την ξήρανση, καθώς ενδέχεται η παραγωγή ανεπιθύμητων ουσιών και καταστροφή ενζύμων. Επιπλέον, είναι σημαντική η απομάκρυνση των ριζών (των βυνοποιημένων κόκκων), λόγω των υγροσκοπικών ιδιοτήτων τους. Τέλος, απαιτείται ωρίμανση της βύνης για περίπου 3 εβδομάδες και στη συνέχεια αποθήκευσή της.

Το επόμενο στάδιο παραγωγής μύρας είναι η ζυθοποίηση. Η διαδικασία αυτή είναι αρκετά αποδοτική όταν γίνεται ζύμωση του ζυθογλεύκους με τη “διαδικασία συνεχούς ζύμωσης/*continuous fermentation process*”, καθώς η ζύμωση πραγματοποιείται με συνεχή τρόπο. Ένα επιπλέον βασικό πλεονέκτημα, είναι ότι το ζυθόγλυκος μπορεί να αποθηκευτεί προσωρινά σε ειδικές δεξαμενές και στη συνέχεια να ξεκινήσει η διαδικασία της συνεχούς ζύμωσης.

Έχει βρεθεί ότι ορισμένα συστατικά της μύρας επιδρούν θετικά στην ανθρώπινη υγεία. Ειδικότερα, ο λυκίσκος παρουσιάζει αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες, συνεισφέροντας στην πρόληψη διαφόρων εκφυλιστικών νοσημάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτελούν οι πολυφαινολικές ενώσεις οι οποίες διαθέτουν αντικαρκινικές ιδιότητες.

Με αφορμή τη ζήτηση της αγοράς για νέα προϊόντα μύρας καθώς και για άλλους παράγοντες άρχισαν να πραγματοποιούνται έρευνες για τη χρήση non-*Saccharomyces cerevisiae* ζυμών. Από τη μελέτη μυρών οι οποίες παράχθηκαν δοκιμαστικά με τη συμβολή των non-*Saccharomyces cerevisiae* ζυμών προέκυψε ότι διαθέτουν πιο ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (γεύση και άρωμα) σε σύγκριση με τις μύρες που κυκλοφορούν στο εμπόριο. Οι παραπάνω μικροοργανισμοί είναι πολύ πιθανό να χρησιμοποιηθούν από *craft* ζυθοποιεία και γενικά από ζυθοβιομηχανίες που ρισκάρουν την προσθήκη πιο ιδιαίτερων ειδών ζυμομυκήτων στην παραγωγή τους.

Βιβλιογραφία

1. Alonso-del-Real, J., Lairón-Peris, M., Barrio, E., & Querol, A. (2017). Effect of Temperature on the Prevalence of *Saccharomyces Non cerevisiae* Species against a *S. cerevisiae* Wine Strain in Wine Fermentation: Competition, Physiological Fitness, and Influence in Final Wine Composition. *Frontiers in Microbiology*, 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2017.00150>
2. Aroh, K. (2019). Review: Beer Production. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3458983>
3. Awad, P., Athès, V., Decloux, M. E., Ferrari, G., Snakkers, G., Raguenaud, P., & Giampaoli, P. (2017). Evolution of Volatile Compounds during the Distillation of Cognac Spirit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(35), 7736–7748. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02406>
4. Bamforth, C. W. (2017). Progress in Brewing Science and Beer Production. *Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering*, 8(1), 161–176. <https://doi.org/10.1146/annurev-chembioeng-060816-101450>
5. Baumes, R. (2009). Wine Aroma Precursors. In M. V. Moreno-Arribas & M. C. Polo (Eds.), *Wine Chemistry and Biochemistry* (pp. 251–274). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-74118-5_14
6. Betts, N. S., Dockter, C., Berkowitz, O., Collins, H. M., Hooi, M., Lu, Q., Burton, R. A., Bulone, V., Skadhauge, B., Whelan, J., & Fincher, G. B. (2020). Transcriptional and biochemical analyses of gibberellin expression and content in germinated barley grain. *Journal of Experimental Botany*, 71(6), 1870–1884. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz546>
7. Bewley, J. D., Bradford, K., Hilhorst, H., & Nonogaki, H. (2013). Seeds: Physiology of development, germination and dormancy, 3rd edition. In *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy, 3rd Edition* (p. 392). <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4>
8. Bocquet, L., Sahpaz, S., Hilbert, J. L., Rambaud, C., & Rivière, C. (2018). *Humulus lupulus* L., a very popular beer ingredient and medicinal plant: Overview of its phytochemistry, its bioactivity, and its biotechnology. *Phytochemistry Reviews*, 17(5), 1047–1090. <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9584-y>

9. Borneman, A. R., & Pretorius, I. S. (2015). Genomic Insights into the *Saccharomyces sensu stricto* Complex. *Genetics*, 199(2), 281–291. <https://doi.org/10.1534/genetics.114.173633>
10. Briggs, D., Boulton, C., Brookes, P., & Stevens, R. (2004). *Brewing: Science and Practice*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203024195>
11. Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (2021, February 3). malt. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/topic/malt>
12. Bruner, J., & Fox, G. (2020). Novel Non-Cerevisiae *Saccharomyces* Yeast Species Used in Beer and Alcoholic Beverage Fermentations. *Fermentation*, 6(4), 116. <https://doi.org/10.3390/fermentation6040116>
13. Bruner, J., Marcus, A., & Fox, G. (2021). Brewing Efficacy of Non-Conventional *Saccharomyces non-cerevisiae* Yeasts. *Beverages*, 7(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/beverages7030068>
14. Campbell S. L. (n.d.). *The Continuous Brewing of Beer*.
15. Canonico, L., Agarbati, A., Comitini, F., & Ciani, M. (2016). *Torulaspora delbrueckii* in the brewing process: A new approach to enhance bioflavour and to reduce ethanol content. *Food Microbiology*, 56, 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.12.005>
16. Canonico, L., Comitini, F., & Ciani, M. (2019). *Metschnikowia pulcherrima* Selected Strain for Ethanol Reduction in Wine: Influence of Cell Immobilization and Aeration Condition. *Foods*, 8(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/foods8090378>
17. Chen, H., Chang, S., Guo, Q., Hong, Y., & Wu, P. (2016). Brewery wastewater treatment using an anaerobic membrane bioreactor. *Biochemical Engineering Journal*, 105, 321–331. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2015.10.006>
18. Chen, W., Becker, T., Qian, F., & Ring, J. (2013). Beer and beer compounds: Physiological effects on skin health. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology : JEADV*, 28. <https://doi.org/10.1111/jdv.12204>
19. Contreras-Jiménez, B., Del Real, A., Millan-Malo, B. M., Gaytán-Martínez, M., Morales-Sánchez, E., & Rodríguez-García, M. E. (2019). Physicochemical changes in barley starch during malting. *Journal of the Institute of Brewing*, 125(1), 10–17. <https://doi.org/10.1002/jib.547>
20. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption, CONSIL, 330 OJ L (1998). <http://data.europa.eu/eli/dir/1998/83/oj/eng>

21. De Keukeleire, D. (2000). Fundamentals of beer and hop chemistry. *Química Nova*, 23, 108–112. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000100019>
22. Dunn, B., & Sherlock, G. (2008). Reconstruction of the genome origins and evolution of the hybrid lager yeast *Saccharomyces pastorianus*. *Genome Research*, 18(10), 1610–1623. <https://doi.org/10.1101/gr.076075.108>
23. Ej, P., Ja, T., T, B., & Aa, V. (2014). Yeast: The soul of beer's aroma--a review of flavour-active esters and higher alcohols produced by the brewing yeast. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(5). <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5470-0>
24. Estela-Escalante, W. (2018). *Perspectives and Uses of Non-Saccharomyces Yeasts in Fermented Beverages*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.81868>
25. Eumann, M., & Schildbach, S. (2012). 125th Anniversary Review: Water sources and treatment in brewing. *Journal of the Institute of Brewing*, 118(1), 12–21. <https://doi.org/10.1002/jib.18>
26. Faltermaier, A., Waters, D., Becker, T., Arendt, E., & Gastl, M. (2014). Common wheat (*Triticum aestivum* L.) and its use as a brewing cereal – a review. *Journal of the Institute of Brewing*, 120(1), 1–15. <https://doi.org/10.1002/jib.107>
27. Gallone, B., Mertens, S., Gordon, J. L., Maere, S., Verstrepen, K. J., & Steensels, J. (2018). Origins, evolution, domestication and diversity of *Saccharomyces* beer yeasts. *Current Opinion in Biotechnology*, 49, 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2017.08.005>
28. Gebeyaw, M. (2021). Impact of Malt Barley Varieties on Malt Quality: A Review. *Agricultural Reviews*. <https://arccjournals.com/journal/agricultural-reviews/R-162>
29. German industry standard DIN EN 12502-4 (2005). *Protection of metallic materials against corrosion - Guidance on the assessment of corrosion likelihood in water distribution and storage systems - Part 4: Influencing factors for stainless steels*
30. Gribkova, I., & Eliseev, M. (2021). THE BEER COMPOUNDS INFLUENCE ON COLOR FORMATION. *XXI Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present Plus*, 10. <https://doi.org/10.46548/21vek-2021-1056-0024>
31. Guido, L., & Moreira, M. (2013). Malting. In R. Guiné and P. Correia (Ed.), *Engineering aspects of cereal and cereal-based products* (pp.51–70). CRC Press.

32. Gupta, M., Abu-Ghannam, N., & Gallagher, E. (2010). Barley for Brewing: Characteristic Changes during Malting, Brewing and Applications of its By-Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(3), 318–328. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00112.x>
33. Habschied, K., Lalić, A., Horvat, D., Mastanjević, K., Lukinac, J., Jukić, M., & Krstanović, V. (2020). β -Glucan Degradation During Malting of Different Purpose Barley Varieties. *Fermentation*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/fermentation6010021>
34. Henry, R. J. (2016). Barley: Harvesting, Storage, and Transport. In *Reference Module in Food Science*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00180-3>
35. Hertrich. (2013). Topics in Brewing: Malting. *Technical Quarterly*. <https://doi.org/10.1094/TQ-50-4-1120-01>
36. Howe, S. (2020). Raw materials. In C. Smith (Ed.), *The craft brewing handbook: A practical guide to running a successful craft brewery*
37. Inui, T., Tsuchiya, F., Ishimaru, M., Oka, K., & Komura, H. (2013). Different Beers with Different Hops. Relevant Compounds for Their Aroma Characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(20), 4758–4764. <https://doi.org/10.1021/jf3053737>
38. Karabin, M., Hudcova, T., Jelinek, L., & Dostalek, P. (2015). Biotransformations and biological activities of hop flavonoids. *Biotechnology Advances*, 33(6 Pt 2), 1063–1090. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.02.009>
39. Keukeleire, D., (2000). Fundamentals of beer and hop chemistry. *QUÍMICA NOVA*, 23(1):108-112
40. Kok, Y. J., Ye, L., Muller, J., Ow, D. S.-W., & Bi, X. (2019). Brewing with malted barley or raw barley: What makes the difference in the processes? *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(3), 1059–1067. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9537-9>
41. Lambrechts, M. G., & Pretorius, I. S. (2000). Yeast and its Importance to Wine Aroma—A Review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 21(1), Article 1. <https://doi.org/10.21548/21-1-3560>
42. Lei, H., Zhao, H., Yu, Z., & Zhao, M. (2012). Effects of wort gravity and nitrogen level on fermentation performance of brewer's yeast and the formation

- of flavor volatiles. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 166(6), 1562–1574. <https://doi.org/10.1007/s12010-012-9560-8>
43. Lekkas, C., Hill, A. e., Taidi, B., Hodgson, J., & Stewart, G. g. (2009). The Role of Small Wort Peptides in Brewing Fermentations. *Journal of the Institute of Brewing*, 115(2), 134–139. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2009.tb00358.x>
44. Lyumugabe, F., Gros, J., Nzungize, J., Bajyana, E., & Thonart, P. (2012). Characteristics of African traditional beers brewed with sorghum malt: A review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 16(4). <https://orbi.uliege.be/handle/2268/142889>
45. Maicas, S. (2020). The Role of Yeasts in Fermentation Processes. *Microorganisms*, 8(8), 1142. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8081142>
46. Mallett, J. (2014). *Malt: A Practical Guide from Field to Brewhouse*. Brewers Publications.
47. Mastanjević, K., Krstanović, V., Mastanjević, K., & Šarkanj, B. (2018). Malting and Brewing Industries Encounter *Fusarium* spp. Related Problems. *Fermentation*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/fermentation4010003>
48. Meledina T.V., Dedegkaev A.T. (2014). Colloidal stability of beer: Proc. allowance. *St. Petersburg: NRU ITMO; IKiBT*, p. 8-9.
49. Meussdoerffer, F. G. (2009). A Comprehensive History of Beer Brewing. In *Handbook of Brewing* (pp. 1–42). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9783527623488.ch1>
50. Miranda, C. L., Stevens, J. F., Ivanov, V., McCall, M., Frei, B., Deinzer, M. L., & Buhler, D. R. (2000). Antioxidant and prooxidant actions of prenylated and nonprenylated chalcones and flavanones in vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(9), 3876–3884. <https://doi.org/10.1021/jf0002995>
51. Misra, N. n., Yadav, B., Roopesh, M. s., & Jo, C. (2019). Cold Plasma for Effective Fungal and Mycotoxin Control in Foods: Mechanisms, Inactivation Effects, and Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(1), 106–120. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12398>
52. Moreno-Arribas, M. V., & Polo, M. C. (2009). Volatile and Aroma Compounds. In M. V. Moreno-Arribas & M. C. Polo (Eds.), *Wine Chemistry and Biochemistry* (pp. 249–249). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-74118-5_13

53. Mortimer, R. K. (2000). Evolution and Variation of the Yeast (*Saccharomyces*) Genome. *Genome Research*, 10(4), 403–409. <https://doi.org/10.1101/gr.10.4.403>
54. Nance, M. R., & Setzer, W. N. (n.d.). *Volatile components of aroma hops (Humulus lupulus L.) commonly used in beer brewing*.
55. Nelson, M. (n.d.). *The Barbarian's Beverage: A History of Beer in Ancient Europe*.
56. Olajire, A. A. (2020). The brewing industry and environmental challenges. *Journal of Cleaner Production*, 256, 102817. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.03.003>
57. Olšovská, J., Boštíková, V., Dušek, M., Jandovská, V., Bogdanová, K., Čermák, P., Boštík, P., Mikyska, A., & Kolář, M. (2016). HUMULUS LUPULUS L. (HOPS)—A VALUABLE SOURCE OF COMPOUNDS WITH BIOACTIVE EFFECTS FOR FUTURE THERAPIES. *Military Medical Science Letters*, 85(1), 19–30. <https://doi.org/10.31482/mmsl.2016.004>
58. Oser, H. (2015). Producing Quality Barley for the Malting Industry. *Doctoral Documents from Doctor of Plant Health Program*. <https://digitalcommons.unl.edu/planthealthdoc/5>
59. Palmer, G. H. (2018). Barley and malt. In G. G Stewart, I. Russell, and A. Anstruther (Eds.), *A handbook of brewing* (3rd ed., pp. 107–128). CRC Press
60. Parker, D. K. (2012). 6 - Beer: Production, sensory characteristics and sensory analysis. In J. Piggott (Ed.), *Alcoholic Beverages* (pp. 133–158). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857095176.2.133>
61. Pérez-Coello, M. S., & Díaz-Maroto, M. C. (2009). Volatile Compounds and Wine Aging. In M. V. Moreno-Arribas & M. C. Polo (Eds.), *Wine Chemistry and Biochemistry* (pp. 295–311). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-74118-5_16
62. Pérez-Torrado, R., Barrio, E., & Querol, A. (2018). Alternative yeasts for winemaking: *Saccharomyces non-cerevisiae* and its hybrids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(11), 1780–1790. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1285751>
63. Pierre E., Pham A.-L., Danturk M. (2019) *Beer graphics: a light treat with history, geography, production*. M.: Eksmo 128s.
64. Pires, E., & Brányik, T. (2015). *Biochemistry of beer fermentation*.

65. Piškur, J., Rozpędowska, E., Polakova, S., Merico, A., & Compagno, C. (2006). How did *Saccharomyces* evolve to become a good brewer? *Trends in Genetics*, 22(4), 183–186. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2006.02.002>
66. Poutanen, K. S. (2020). 5—Cereal raw material pretreatment. In A. A. Perdon, S. L. Schonauer, & K. S. Poutanen (Eds.), *Breakfast Cereals and How They Are Made (Third Edition)* (pp. 97–107). AACC International Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812043-9.00005-9>
67. Prado, R., Gastl, M., & Becker, T. (2021). Aroma and color development during the production of specialty malts: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(5), 4816–4840. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12806>
68. Rabin, D., & Forget, C. (2014). *Dictionary of Beer and Brewing* (2nd ed.). Routledge. <https://www.perlego.com/book/1663743/dictionary-of-beer-and-brewing-pdf>
69. Raihofer, L., Zarnow, M., Gastl, M., & Hutzler, M. (2022). A short history of beer brewing. *EMBO Reports*, 23(12), e56355. <https://doi.org/10.15252/embr.202256355>
70. Rani, H., & Bhardwaj, R. D. (2021). Quality attributes for barley malt: “The backbone of beer.” *Journal of Food Science*, 86(8), 3322–3340. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15858>
71. Rettberg, N., Biendl, M., & Garbe, L. (2018). Hop Aroma and Hoppy Beer Flavor: Chemical Backgrounds and Analytical Tools—A Review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 76, 1–20. <https://doi.org/10.1080/03610470.2017.1402574>
72. Sammartino, M. (2015). *Enzymes in Brewing*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Enzymes-in-Brewing-Sammartino/8440948e9241c7a75acb56ea6f8a8fa3e64129d9>
73. Schönberger, C., & Kostecky, T. (2011). 125th Anniversary Review: The Role of Hops in Brewing. *Journal of the Institute of Brewing*, 117(3), 259–267. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2011.tb00471.x>
74. Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–897. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>

75. Shellhammer, T. H., & Bamforth, C. (2008). Assessing Color Quality of Beer. *ACS Symposium Series*, 983, 192–202. <https://doi.org/10.1021/bk-2008-0983.ch015>
76. Shewry, P. R. (2014). *Barley: Chemistry and technology, 2nd ed* (S. E. Ullrich, Ed.; p. 322pp). American Association of Cereal Chemists (AACC), St Paul, MN. <https://repository.rothamsted.ac.uk/item/8qy47/barley-chemistry-and-technology-2nd-ed>
77. Sicard, D., & Legras, J.-L. (2011). Bread, beer and wine: Yeast domestication in the *Saccharomyces sensu stricto* complex. *Comptes Rendus Biologies*, 334(3), 229–236. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2010.12.016>
78. Simate, G. S., Cluett, J., Iyuke, S. E., Musapatika, E. T., Ndlovu, S., Walubita, L. F., & Alvarez, A. E. (2011). The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art. *Desalination*, 273(2), 235–247. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.02.035>
79. Smith, K. (2012). Louis Pasteur, the Father of Immunology? *Frontiers in Immunology*, 3. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fimmu.2012.00068>
80. Standards, E. (n.d.). *DIN EN 12502-4*. <https://www.en-standard.eu>. Retrieved August 31, 2023, from <https://www.en-standard.eu/din-en-12502-4-protection-of-metallic-materials-against-corrosion-guidance-on-the-assessment-of-corrosion-likelihood-in-water-distribution-and-storage-systems-part-4-influencing-factors-for-stainless-steels/>
81. Steensels, J., & Verstrepen, K. J. (2014). Taming Wild Yeast: Potential of Conventional and Nonconventional Yeasts in Industrial Fermentations. *Annual Review of Microbiology*, 68(1), 61–80. <https://doi.org/10.1146/annurev-micro-091213-113025>
82. Steiner, E., Gastl, M., & Becker, T. (2011). Protein changes during malting and brewing with focus on haze and foam formation: A review. *European Food Research and Technology*, 232(2), 191–204. <https://doi.org/10.1007/s00217-010-1412-6>
83. Stevens, J. F., & Page, J. E. (2004). Xanthohumol and related prenylflavonoids from hops and beer: To your good health! *Phytochemistry*, 65(10), 1317–1330. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.04.025>
84. Stewart, G. G. (2016). *Saccharomyces* species in the Production of Beer. *Beverages*, 2(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/beverages2040034>

85. Stewart, G. G., Hill, A. E., & Russell, I. (2013). 125th Anniversary Review: Developments in brewing and distilling yeast strains. *Journal of the Institute of Brewing*, 119(4), 202–220. <https://doi.org/10.1002/jib.104>
86. Taylor, J. R. N., Dlamini, B. C., & Kruger, J. (2013). 125th Anniversary Review: The science of the tropical cereals sorghum, maize and rice in relation to lager beer brewing. *Journal of the Institute of Brewing*, 119(1–2), 1–14. <https://doi.org/10.1002/jib.68>
87. Ullrich, S. E. (2010). *Barley: Production, Improvement, and Uses*. John Wiley & Sons.
88. Villacreces, S., Blanco, C. A., & Caballero, I. (2022). Developments and characteristics of craft beer production processes. *Food Bioscience*, 45, 101495. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101495>
89. Walker, G. M., & Stewart, G. G. (2016). *Saccharomyces cerevisiae* in the Production of Fermented Beverages. *Beverages*, 2(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/beverages2040030>
90. Werkneh, A., Beyene, H., & Osunkunle, A. (2019). Recent advances in brewery wastewater treatment; approaches for water reuse and energy recovery: A review. *Environmental Sustainability*, 2. <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00056-2>
91. World Health Organization. (2006). *Guidelines for drinking-water quality. Vol. 1, Recommendations: Addendum*. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43242>
92. Wunderlich, S., & Back, W. (2009). 1 - Overview of Manufacturing Beer: Ingredients, Processes, and Quality Criteria. In V. R. Preedy (Ed.), *Beer in Health and Disease Prevention* (pp. 3–16). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373891-2.00001-8>