

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Διπλωματική Εργασία

ΜΕΛΕΤΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (FMEA) ΣΕ ΜΙΚΡΟΖΥΘΟΠΟΙΑ

ΕΥΘΥΜΙΑΔΟΥ ΣΟΦΙΑ

Επιβλέπων καθηγητής: ΣΑΠΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2024

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρείτο σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Διπλωματική Εργασία

ΜΕΛΕΤΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (FMEA) ΣΕ ΜΙΚΡΟΖΥΘΟΠΟΙΑ

ΕΥΘΥΜΙΑΔΟΥ ΣΟΦΙΑ

Επιβλέπων καθηγητής:

ΣΑΠΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Συν-Επιβλέπων καθηγητής:

ΛΟΓΟΘΕΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2024

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ τους ιδιοκτήτες της μικροζυθοποιίας ΣΚΝΙΠΑ και ιδιαίτερα τον Κ^ο Κανιατσιάκη Άγγελο για το χρόνο που μου αφιέρωσε καθώς και τους επιβλέποντες καθηγητές Κ^ο Σαπίδη Νικόλαο και Κ^ο Λογοθέτη Νικόλαο που με βοήθησαν να ολοκληρώσω αυτή την εργασία.

Περίληψη

Ο κλάδος της μικροζυθοποιίας παρουσιάζει αλματώδη ανάπτυξη τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκοσμίως. Η ύπαρξη πολλών μικροζυθοποιείων σε συνδυασμό με την οικονομική κρίση δημιουργεί ένα έντονα ανταγωνιστικό περιβάλλον. Για να μπορέσει μία μικροζυθοποιία όχι μόνο να επιβιώσει αλλά και να είναι ανταγωνιστική ως αποτέλεσμα της ικανοποίησης του καταναλωτή μπίρας πρέπει να διασφαλίσει την αξιοπιστία και την ποιότητα των παραγόμενων ειδών μπίρας.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η αναγνώριση όλων των πιθανών αστοχιών που μπορούν να εμφανιστούν σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας από την παραλαβή των πρώτων υλών μέχρι την αποθήκευση του τελικού προϊόντος και η κατάταξη τους σύμφωνα με τη σημαντικότητά τους καθώς και η πρόταση διορθωτικών ενεργειών με σκοπό τη μείωση και τελικά την εξάλειψη της εμφάνισης τους και την παραγωγή ενός αξιόπιστου προϊόντος

Λέξεις κλειδιά

Ασφάλεια τροφίμων

Μικροζυθοποιία

Μπίρα

Μελέτη Αστοχίας

FMEA

Abstract

The microbrewery industry is experiencing rapid growth both in Greece and globally. The existence of various microbreweries in combination with the financial crisis result in an intensely competitive environment. A microbrewery in order not only to survive but also be competitive, as a result of consumer satisfaction, it must ensure the reliability and quality of the produced beer varieties.

The subject of the present work is the identification of all the possible misses that may occur in any of the stages of the production process, from the receipt of raw materials to the storage of the final product and their classification according to their significance as well as the proposal of corrective actions with the purpose of the reduction and eventually the elimination of their appearance and the production of a reliable product.

Keywords

Food safety

Micro brewery

Beer

Failure Mode Analysis

FMEA

Περιεχόμενα

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	iv
Περίληψη	v
Abstract.....	vi
Περιεχόμενα.....	vii
Πίνακας περιεχομένων.....	vii
Κατάλογος πινάκων	x
Κατάλογος σχημάτων	xi
Συντομογραφίες.....	xii
1 Εισαγωγή	1
1.1 Σκοπός της εργασίας.....	1
1.2 Δομή της εργασίας	1
2 Ποιότητα και ασφάλεια τροφίμων.....	2
2.1 Ασφάλεια τροφίμων.....	2
2.2 Επικινδυνότητα τροφίμων	2
2.3 Μελέτη αστοχίας και ανάλυσης αποτελεσμάτων (FMEA).....	3
2.3.1 Τύποι FMEA.....	5
2.3.2 Ορολογία FMEA	5
2.3.3 Βαθμολόγηση των παραμέτρων	7
3 Μπίρα.....	10
3.1 Ορισμός της μπίρας	10
3.1.1 Η μπίρα στην Ευρώπη	10
3.1.2 Η μπίρα στην Ελλάδα	10
3.2 Πρώτες ύλες για παραγωγή μπίρας.....	11
3.2.1 Κριθάρι	11
3.2.2 Μορφολογία κριθαριού	12
3.2.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του κριθαριού	13
3.2.4 Αιτίες ακαταλληλότητας κριθαριού	14
3.3 Νερό.....	14
3.3.1 Νερό ζυθοποίησης	14
3.3.2 Νερό διεργασιών.....	19
3.3.3 Νερό γενικής χρήσης	19
3.3.4 Νερό υπηρεσίας.....	19

3.3.5	Πηγές νερού.....	20
3.4	Λυκίσκος.....	20
3.4.1	Μορφολογία λυκίσκου.....	21
3.4.2	Χημική σύσταση λυκίσκου.....	22
3.4.3	Τύποι λυκίσκου.....	24
3.5	Ζύμες.....	25
3.5.1	Ζύμες μπίρας.....	26
4	Ζυθοποίηση.....	28
4.1	Προζυμωτικό στάδιο.....	28
4.1.1	Βυνοποίηση.....	29
4.1.2	Παραγωγή ζυθογλεύκους.....	33
4.2	Ζυμωτικό στάδιο.....	37
4.2.1	Εμβολιασμός.....	37
4.2.2	Ζύμωση.....	38
4.3	Μεταζυμωτικό στάδιο.....	39
4.3.1	Ωρίμανση.....	39
4.3.2	Διαχωρισμός στερεών από το ζύθο.....	39
4.3.3	Παστερίωση.....	40
4.3.4	Συσκευασία.....	41
4.4	Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μπίρας.....	41
4.4.1	Χρώμα μπίρας.....	41
4.4.2	Γεύση και άρωμα.....	42
4.4.3	Θολότητα της μπίρας.....	43
4.4.4	Αφρός της μπίρας.....	44
4.5	Είδη μπίρας.....	44
5	Μελέτη περίπτωσης. Μελέτη αστοχίας σε μικροζυθοποιία.....	46
5.1	Μικροζυθοποιία.....	46
5.1.1	Μικροζυθοποιία ΣΚΝΙΠΑ.....	46
	Συμπεράσματα.....	77
	BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	80
	ΕΛΛΗΝΙΚΗ.....	80
	ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ.....	81
	ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ.....	99

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1	Βαθμολογία σοβαρότητας	7
Πίνακας 2	Βαθμολογία πιθανότητας εμφάνισης αστοχίας	8
Πίνακας 3	Βαθμολογία πιθανότητας εντοπισμού αστοχίας	8
Πίνακας 4	Διαφορές ανάμεσα στο δίστοιχο και στο εξάστοιχο κριτήριο	12
Πίνακας 5	Μικροβιολογικές απαιτήσεις του πόσιμου νερού	15
Πίνακας 6	Χημικές απαιτήσεις του πόσιμου νερού	15
Πίνακας 7	Παράμετροι που σχετίζονται με την εκτίμηση κινδύνου των συστημάτων οικιακής διανομής	18
Πίνακας 8	Παράμετροι που επιδρούν στο νερό της ζυθοποίησης	18
Πίνακας 9	Σύσταση λυκίσκου	22
Πίνακας 10	Διαφορές ανάμεσα στις μπίρες ale και lager	45
Πίνακας 11	Πίνακας αστοχιών για την παραλαβή της βύνης και διορθωτικές ενέργειες	48
Πίνακας 12	Πίνακας αστοχιών για την αποθήκευση των πρώτων υλών και διορθωτικές ενέργειες	49
Πίνακας 13	Πίνακας αστοχιών για την άλεση της βύνης και διορθωτικές ενέργειες	51
Πίνακας 14	Πίνακας αστοχιών για την πολτοποίηση και διορθωτικές ενέργειες	52
Πίνακας 15	Πίνακας αστοχιών για το φιλτράρισμα και διορθωτικές ενέργειες	55
Πίνακας 16	Πίνακας αστοχιών για το βρασμό και διορθωτικές ενέργειες	57
Πίνακας 17	Πίνακας αστοχιών για τη φυγοκέντριση και διορθωτικές ενέργειες	58
Πίνακας 18	Πίνακας αστοχιών για την ψύξη και διορθωτικές ενέργειες	59
Πίνακας 19	Πίνακας αστοχιών για την προετοιμασία της μαγιάς και διορθωτικές ενέργειες	59
Πίνακας 20	Πίνακας αστοχιών για τη ζύμωση και διορθωτικές ενέργειες	61
Πίνακας 21	Πίνακας αστοχιών για την ωρίμανση και διορθωτικές ενέργειες	64
Πίνακας 22	Πίνακας αστοχιών για την απομάκρυνση του ψυχρού ιζήματος και διορθωτικές ενέργειες	65
Πίνακας 23	Πίνακας αστοχιών για την εμφιάλωση και διορθωτικές ενέργειες	66
Πίνακας 24	Πίνακας αστοχιών για την αποθήκευση και διορθωτικές ενέργειες	67
Πίνακας 25	Πίνακας αστοχιών για το πλύσιμο του εξοπλισμού και διορθωτικές ενέργειες	68
Πίνακας 26	Πίνακας αστοχιών για τη διανομή και διορθωτικές ενέργειες	69
Πίνακας 27	Πίνακας όλων των αστοχιών με βάση το RPN πριν τις διορθωτικές ενέργειες	70
Πίνακας 29	Πίνακας όλων των αστοχιών με βάση το RPN μετά τις διορθωτικές ενέργειες	73

Κατάλογος σχημάτων

Διάγραμμα 1 Διάγραμμα Pareto πριν τις διορθωτικές ενέργειες 73

Διάγραμμα 2 Διάγραμμα Pareto μετά τις διορθωτικές ενέργειες 76

Συντομογραφίες

ΕΦΕΤ Ενιαίος Φορέας Ελέγχου Τροφίμων

ΦΕΚ Φύλλο Εφημερίδας της Κυβέρνησης

ISO International Organization for Standardization - Διεθνής Οργανισμός Προτυποποίησης

FAO Food Agricultural Organization - Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών

FMEA Failure Mode and Effect Analysis

RPNR Risk Priority Number – Αριθμός Προτεραιότητας Κινδύνου

SFMEA System Failure Mode and Effect Analysis

DFMEA Design Failure Mode and Effect Analysis

PFMEA Production Failure Mode and Effect Analysis

PU Pasteurization Unit

1 Εισαγωγή

1.1 Σκοπός της εργασίας

Ο στόχος της Μελέτης Αστοχίας σε Μικροζυθοποιία είναι να υπολογίσει τον Αριθμό Προτεραιότητας Κινδύνου εφόσον αναγνωρισθούν οι κύριες αστοχίες και οι αιτίες που τις προκαλούν. Με τον τρόπο αυτό θα παρέχει στη μικροζυθοποιία τις απαραίτητες πληροφορίες ώστε να αξιολογήσει τις πιθανές αστοχίες και να προβεί στις απαραίτητες αλλαγές στη γραμμή παραγωγής. Ο γενικός σκοπός της εργασίας είναι η παραγωγή ενός ποιοτικού προϊόντος και η εξάλειψη κάθε πιθανής αστοχίας σε κάθε στάδιο παρασκευής. Έχουν ερευνηθεί εξονυχιστικά όλες οι πιθανές αιτίες που μπορεί να οδηγήσουν σε αστοχίες κατά την παραγωγή μπίρας. Κάθε αστοχία μπορεί να οφείλεται είτε σε ανθρώπινο λάθος είτε σε πρόβλημα στο μηχανολογικό εξοπλισμό είτε στη μέθοδο παραγωγής. Έχει αναλυθεί κάθε στάδιο παραγωγής, τα πιθανά προβλήματα που δημιουργούνται από τις πιθανές αστοχίες και έχουν δοθεί προτάσεις για την αντιμετώπιση και την εξάλειψη τους.

1.2 Δομή της εργασίας

Η εργασία είναι δομημένη σε έξι κεφάλαια

Στο πρώτο αναφέρονται ο σκοπός που πραγματοποιήθηκε η συγκεκριμένη εργασία όπως και η δομή της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία εκτενής αναφορά στην έννοια της ασφάλειας των τροφίμων και στην έννοια της ποιότητας. Αναλύεται επίσης και η μεθοδολογία της Μελέτης Αστοχίας

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μία εκτενής αναφορά στη μπίρα αρχίζοντας από την ιστορία της και αναλύοντας τα συστατικά της

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται και αναλύονται όλα τα στάδια της ζυθοποίησης

Στο πέμπτο κεφάλαιο έχουμε τη μελέτη περίπτωσης που είναι η Μελέτη αστοχίας σε μία μικροζυθοποιία αναλύοντας κάθε στάδιο παραγωγής και εντοπίζοντας τις αστοχίες και τις αιτίες αυτών και προτείνοντας διορθωτικές ενέργειες

Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα της μελέτης με βάση τις αστοχίες που υπάρχουν και με έμφαση στις σημαντικότερες και γίνονται προτάσεις για την ελαχιστοποίηση τους και την παραγωγή ενός ποιοτικού, ασφαλούς και σταθερού προϊόντος

2 Ποιότητα και ασφάλεια τροφίμων

2.1 Ασφάλεια τροφίμων

Η κατανάλωση των τροφίμων είναι η σημαντικότερη πηγή ενέργειας για τη διαβίωση των ανθρώπων, τα οποία θα πρέπει να είναι πρωτίστως ασφαλή. Η ασφάλεια παίζει καθοριστικό και πρωταρχικό ρόλο τόσο για τους παραγωγούς όσο και για τους καταναλωτές. Επειδή οι επιχειρήσεις καλούνται να επιβιώσουν σε ένα άκρως ανταγωνιστικό και απαιτητικό περιβάλλον με μόνιμα αναδυόμενες προκλήσεις πρέπει να εφαρμόζουν συστήματα διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων που βασίζονται στις αρχές του Codex Alimentarius (FAO, 2016). Ο Codex Alimentarius περιλαμβάνει μία συλλογή διεθνώς υιοθετημένων προτύπων τροφίμων τα οποία στοχεύουν στην προστασία της υγείας του καταναλωτή και στην διασφάλιση ορθών πρακτικών στο εμπόριο τροφίμων. Αφορά στην ανάπτυξη διεθνώς αποδεκτών προτύπων και περιλαμβάνει διατάξεις σχετικά με την υγιεινή των τροφίμων, τα κατάλοιπα των φυτοπροστατευτικών ουσιών και των κτηνιατρικών φαρμάκων, τα πρόσθετα τροφίμων, τους επιμολυντές, τις προσμείξεις, την επισήμανση και την παρουσίαση των τροφίμων, τις μεθόδους ανάλυσης και δειγματοληψίας και τέλος την επιθεώρηση και την πιστοποίηση εισαγωγών και εξαγωγών. Αναφέρονται στο σύνολο της αλυσίδας, των τροφίμων δηλαδή τρόφιμα είτε επεξεργασμένα είτε ημιεπεξεργασμένα είτε ωμά, για διανομή στον καταναλωτή. (FAO, 2016). Στην Ελλάδα ο κύριος φορέας έλεγχου είναι ο ΕΦΕΤ (Ενιαίος Φορέας Ελέγχου Τροφίμων) ο οποίος συστάθηκε με το Ν. 2741/ ΦΕΚ 199/28-09-1999, είναι ΝΠΔΔ και τελεί υπό την εποπτεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. (Αποστολή & Αρμοδιότητες ΕΦΕΤ,)

2.2 Επικινδυνότητα τροφίμων

Ανάλογα με το είδος των τροφίμων που παράγει μια επιχείρηση, την δραστηριότητα της, την επεξεργασία, που εφαρμόζει και τέλος τον τρόπο χρήσης από τον καταναλωτή, μπορεί να ανήκει στις επιχειρήσεις υψηλής επικινδυνότητας, μεσαίας επικινδυνότητας ή χαμηλής επικινδυνότητας. Τα τρόφιμα κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα την ευαισθησία που έχουν από την φύση τους να εμφανίσουν κάποιο κίνδυνο για την υγεία των καταναλωτών. (ΕΦΕΤ, 2017)

- Τρόφιμα Υψηλού Κινδύνου

Είναι πιθανό να περιέχουν ή να ευνοούν την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών και το σχηματισμό τοξινών (νωπό γάλα, κρέας,)

- Τρόφιμα Μέσου Κινδύνου

Είναι πιθανό να περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς αλλά λόγω των χαρακτηριστικών του τρόφιμου δεν ευνοούν την περαιτέρω ανάπτυξη τους καθώς επίσης και τρόφιμα που ενώ δεν είναι πιθανό να περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς λόγω του είδους τους ή της μεθόδου παρασκευής τους, παρόλα αυτά μπορεί να ευνοούν τον σχηματισμό τοξινών ή την περαιτέρω ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών ή ακόμα είναι πιθανό να περιέχουν χημικούς κινδύνους. (παστεριωμένοι χυμοί, μαγειρεμένα φαγητά)

- Τρόφιμα Χαμηλού Κινδύνου

Είναι τρόφιμα που δεν περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς και ούτε ευνοούν την ανάπτυξη τους (αλκοολούχα ποτά, αναψυκτικά)

Εκτός από τα χαρακτηριστικά που έχει ένα τρόφιμο μεγάλη σημασία στον προσδιορισμό της επικινδυνότητας παίζει και ο τρόπος κατανάλωσης (ωμό ή επεξεργασμένο) και η αποθήκευση του για την αποφυγή επιμόλυνσης.

2.3 Μελέτη αστοχίας και ανάλυσης αποτελεσμάτων (FMEA)

Η Μελέτη Αστοχίας και Ανάλυσης Αποτελεσμάτων FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), είναι μία τεχνική που αφορά στην ανάλυση αξιοπιστίας. Εφαρμόζεται για τους εξής λόγους (Ebrahimzadih et al, 2014):

- Για τον εντοπισμό και την ιεράρχηση πιθανών τρόπων αστοχίας σε ένα σύστημα, προϊόν, διαδικασία ή υπηρεσία.
- Για τον ορισμό και την εκτέλεση μέτρων για την εξάλειψη ή τη μείωση της συχνότητας πιθανών τρόπων αστοχίας.
- Για την καταγραφή των αποτελεσμάτων της ανάλυσης προκειμένου να υπάρξει μια ολοκληρωμένη αναφορά για την επίλυση μελλοντικών θεμάτων και προβλημάτων.

Η Μελέτη Αστοχίας εξετάζει κάθε επιμέρους στοιχείο του συνολικού συστήματος. Είναι μια αναλυτική τεχνική που επιτρέπει την καθιέρωση σχέσεων μεταξύ των αιτιών και των αποτελεσμάτων των αποτυχιών από τη μία και από την άλλη μπορεί να υποδείξει τρόπους αναζήτησης, επίλυσης και αξιοποίησης των καλύτερων αποφάσεων σχετικά με την εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων για την επίλυση των αποτυχιών (Ćatić et al., 2011). Η εφαρμογή μιας μελέτης FMEA σε έναν κύκλο παραγωγής σημαίνει την ακολουθία μιας σειράς διαδοχικών βημάτων: ανάλυση της διαδικασίας ή του προϊόντος σε κάθε μεμονωμένο μέρος, κατάλογος των εντοπισμένων πιθανών αστοχιών, αξιολόγηση της συχνότητάς τους, της σοβαρότητά τους (όσον αφορά στις επιπτώσεις της αστοχίας στη διαδικασία και στο περιβάλλον) και τεχνική ανίχνευσης.

Ακόμα περιλαμβάνει μια συνολική αξιολόγηση του προβλήματος καθώς και εντοπισμό των διορθωτικών ενεργειών και των σχεδίων ελέγχου που θα μπορούσαν να εξαλείψουν ή να μειώσουν την πιθανότητα πιθανών αστοχιών (Scirioni et al., 2002). Μία από τις βασικές παραδοχές της μεθόδου FMEA είναι ότι πάνω από το 75% όλων των σφαλμάτων είναι αποτέλεσμα παρατυπιών που εξακολουθούν να συμβαίνουν κατά τη φάση προετοιμασίας μιας δεδομένης παραγωγής. Επιπλέον, υποθέτει ότι περίπου το 80% όλων των σφαλμάτων εξακολουθούν να βρίσκονται στο στάδιο παραγωγής (Barosz et al, 2017). Δηλαδή χάρη στη μέθοδο FMEA είναι δυνατή η πρόληψη και ο περιορισμός των επιπτώσεων των αστοχιών που εμφανίζονται σε μια συγκεκριμένη κατασκευή και στις διεργασίες κατασκευής της. Η Μελέτη Αστοχίας είναι ένα δυναμικό κείμενο που για να προσαρμόζεται κατά περίπτωση στις ανάγκες του πελάτη πρέπει να τροποποιείται συνέχεια (Αγγελόπουλος, 2000).

Η μελέτη FMEA έχει και κάποια μειονεκτήματα. Τα ουσιαστικότερα από αυτά είναι ότι ο δείκτης RPN μπορεί να εμφανίσει μεγαλύτερη τιμή από έναν άλλο δείκτη μείζονος σοβαρότητας. Αυτό αιτιολογείται από το γεγονός ότι οι βαθμολογίες που δίνονται στις τρεις παραμέτρους (κρισιμότητα (S), πιθανότητα εμφάνισης (O) και δυνατότητα ανίχνευσης (D)) είναι τακτικοί αριθμοί και ο πολλαπλασιασμός τους μπορεί να οδηγήσει σε αποτελέσματα που δεν είναι έγκυρα. Μπορεί δηλαδή το γινόμενο τους να οδηγήσει σε μια κατάταξη που είναι αντίστροφη των τρόπων αστοχίας. Ένα ακόμη σημαντικό μειονέκτημα έχει να κάνει με το γεγονός ότι η συγκεκριμένη μελέτη μπορεί να εντοπίσει μόνο τους σημαντικούς τρόπους αστοχίας σε ένα σύστημα όταν αυτοί δεν είναι πολύ σύνθετοι δηλαδή όταν δεν εντοπίζονται πολλαπλές αστοχίες εντός ενός υποσυστήματος. (Lipol and Haq, 2011).

Τα βήματα που ακολουθούνται για την ανάλυση της αστοχίας είναι (Sharma and Srivastava, 2018) :

- Καθορισμός του τύπου αστοχίας
- Καταγραφή των επιπτώσεων
- Εκτίμηση επιπέδου σοβαρότητας (S)
- Καταγραφή των αιτιών που προκαλούν την αστοχία
- Εκτίμηση συχνότητας εμφάνισης (O)
- Καταγραφή μεθόδων ελέγχου
- Εκτίμηση ανιχνευσιμότητας (D)
- Υπολογισμός Risk Priority Number = $S \times O \times D$
- Προσδιορισμός Προτεινόμενων Ενεργειών Συντήρησης
- Επανεκτίμηση RPN

Μετά από τις διορθωτικές ενέργειες επανεκτιμάται ο νέος αριθμός RPN

2.3.1 Τύποι FMEA

Η μέθοδος FMEA είναι κυρίως ποιοτική και διαθέτει τις εξής μορφές:

- SFMEA (System FMEA)

Αυτός ο τύπος FMEA διενεργείται για τον εντοπισμό προβλημάτων σε διαδικασίες μεγαλύτερης κλίμακας. Περιλαμβάνονται αστοχίες που σχετίζονται με διεπαφές και αλληλεπιδράσεις μεταξύ υποσυστημάτων ή με άλλα συστήματα, αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον, ανθρώπινη αλληλεπίδραση, εξυπηρέτηση και άλλα θέματα που μπορεί να προκαλέσει τη μη λειτουργία του συνολικού συστήματος όπως προβλέπεται (Carlson, 2014).

- DFMEA (Design FMEA)

Αυτός ο τύπος FMEA διενεργείται για τον εντοπισμό προβλημάτων που σχετίζονται με το σχεδιασμό, συνήθως στο επίπεδο υποσυστήματος ή στοιχείου βοηθώντας τους οργανισμούς να εντοπίσουν και να αντιμετωπίσουν αστοχίες σχεδιασμού πριν το προϊόν φτάσει στην παραγωγή. Λαμβάνει υπόψη όλους τους τύπους αστοχιών καθ' όλο τον κύκλο ζωής του εξοπλισμού. με έμφαση στη βελτίωση του σχεδιασμού και διασφαλίζοντας ότι η λειτουργία του προϊόντος είναι ασφαλής και αξιόπιστη κατά τη διάρκεια της ωφέλιμη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού (Carlson, 2014).

- PFMEA (Process FMEA)

Αυτός ο τύπος FMEA διενεργείται για τον εντοπισμό προβλημάτων που σχετίζονται με πιθανούς τρόπους αστοχίας σε μια διαδικασία κατασκευής ή συναρμολόγησης, με στόχο την πρόληψη ή τη μείωση της πιθανότητας αστοχιών κατά την παραγωγή, δίνοντας έμφαση στον τρόπο κατασκευής. Η παραγωγή μπορεί να βελτιωθεί για να διασφαλιστεί ότι ένα προϊόν έχει κατασκευαστεί με ασφαλή τρόπο, με ελάχιστες διακοπές λειτουργίας, σκραπ και επανεπεξεργασία. Το πεδίο εφαρμογής μιας διαδικασίας FMEA μπορεί να περιλαμβάνει εργασίες κατασκευής και συναρμολόγησης, αποστολή, εισερχόμενα ανταλλακτικά, μεταφορά υλικών, αποθήκευση, μεταφορείς, συντήρηση εργαλείων και επισήμανση (Carlson, 2014).

2.3.2 Ορολογία FMEA

Οι όροι που χρησιμοποιούνται στη Μελέτη ανάλυσης αστοχίας είναι οι παρακάτω (Kumar et al. 2011)

- **Αστοχία (Failure):**
Φυσική περιγραφή μιας αποτυχίας. Είναι ο τρόπος με τον οποίο η διαδικασία αποτυγχάνει να εκτελεστεί την προβλεπόμενη λειτουργία του.
- **Τρόπος αστοχίας (Failure Mode):**
Είναι μια επίπτωση της αστοχίας στη διαδικασία, τον εξοπλισμό. Είναι αρνητική συνέπεια ότι η πελάτης / χρήστης μπορεί να βιώσει.
- **Αιτία αστοχίας:**
Αναφέρεται στην αιτία της αστοχίας
- **Επίδραση:**
Ο αντίκτυπος, το αποτέλεσμα της αποτυχίας στο σχεδιασμό, τις διαδικασίες, την κατασκευή, τη χρήση προϊόντων ή την ικανοποίηση των πελατών.
- **Τρέχων σχεδιασμός ελέγχων:**
Οι μέθοδοι ή οι ενέργειες τρέχοντος σχεδιασμού που ήδη εφαρμόζονται για να μειώσουν ή να εξαλείψουν τις πιθανές αστοχίες κατά τον σχεδιασμό, τις διαδικασίες, την κατασκευή, τη χρήση προϊόντων ή την ικανοποίηση των πελατών
- **Απαιτούμενες ενέργειες:**
Οι απαιτούμενες ενέργειες που προέκυψαν και προτείνονται από την ομάδα της FMEA με στόχο την μείωση ή εξάλειψη του κινδύνου πιθανών αστοχιών κατά τον σχεδιασμό, τις διαδικασίες, την κατασκευή, τη χρήση προϊόντων ή την ικανοποίηση των πελατών.
- **Ενέργειες που πάρθηκαν:**
Συγκεκριμένες ενέργειες που εφαρμόστηκαν για να μειώσουν ή να εξαλείψουν τον κίνδυνο αστοχιών.
- **Σοβαρότητα επίδρασης (Severity of effect):**
Εξετάζει τη σοβαρότητα των επιπτώσεων μιας κατάστασης αποτυχίας στον πελάτη ή στην διαδικασία και καθορίζεται από τον βαθμό τραυματισμού, φθορά ιδιοκτησίας ή αστοχία υλικού που θα μπορούσε να εμφανιστεί, κλίμακα κατάταξης 1-10.
- **Πιθανότητα εμφάνισης (Probability of occurrence):**
Η εμφάνιση σχετίζεται με την πιθανότητα του τρόπου αστοχίας και την αιτία ,κλίμακα κατάταξης 1-10.
- **Ανίχνευση (Detection):**
Η πιθανότητα ότι η αστοχία θα εντοπιστεί εγκαίρως ή προτού φτάσει στον πελάτη, κλίμακα κατάταξης 1-10

- Αριθμός προτεραιότητας (RPN- Risk Priority Number):

Το μέγεθος της αξίας της αστοχίας που υπολογίζεται με τον πολλαπλασιασμό των τιμών της σημαντικότητας, της πιθανότητας εμφάνισης και της πιθανότητα ανίχνευσης ($RPN=S \cdot O \cdot D$). Το RPN είναι ένα μέτρο του κινδύνου σχεδιασμού και θα υπολογιστεί μεταξύ "1" και "1000"

2.3.3 Βαθμολόγηση των παραμέτρων

Οι τρεις παράμετροι που συμβάλλουν στον υπολογισμό του RPN όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι η Σοβαρότητα της επίδρασης (S) η Πιθανότητα εμφάνισης (O) και η Ανίχνευση (D). Ο τρόπος με τον οποίο βαθμολογείται κάθε μία από αυτές τις παραμέτρους φαίνεται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 1 Βαθμολογία σοβαρότητας

ΒΑΘΜΟΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΠΙΠΤΩΣΗ
1	Κανένα	Καμία επίπτωση
2	Αμελητέο	Αμελητέα επίπτωση στο χρήστη ή στη λειτουργία
3	Ελαφρύ	Ελαφρά επίπτωση στο χρήστη ή στη λειτουργία
4	Ήσσονος Σημασίας	Δημιουργεί ελαφρά δυσaré-σκεια στον πελάτη. Η αστοχία δεν απαιτεί επισκευή.
5	Μέτριο	Μέτρια επίπτωση στο χρήστη ή στη λειτουργία. Δημιουργεί δυσaréσκεια στον πελάτη.
6	Σημαντικό	Μείωση στην απόδοση του προϊόντος. Καμία επίπτωση στη λειτουργία ή στην ασφάλεια.
7	Μείζονος Σημασίας	Σοβαρή δυσaréσκεια του πελάτη. Σοβαρές επιπτώσεις στη λειτουργία, αλλά όχι στην ασφάλεια.
8	Κρίσιμο	Πολλή σοβαρή δυσaréσκεια του πελάτη. Διακοπή της λειτουργίας, αλλά καμία επίπτωση στην ασφάλεια.
9	Πολύ κρίσιμο	Πιθανό πρόβλημα ασφάλειας ή υγιεινής. Ενδείξεις μη συμμόρφωσης με Κοινοτικές ή άλλες Οδηγίες.
10	Επικίνδυνο	Σοβαρό πρόβλημα ασφάλειας ή υγιεινής. Μη συμμόρφωση με

		Κοινοτικές ή άλλες Οδηγίες.
--	--	-----------------------------

Πηγή: Αγγελόπουλος, 2000

Πίνακας 2 Βαθμολογία πιθανότητας εμφάνισης αστοχίας.

ΒΑΘΜΟΣ	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ	ΚΡΙΤΗΡΙΟ
1	Μηδαμινή	<1 αστοχία στις 1.500.000
2	Αμελητέα	1 αστοχία στις 150.000
3	Ελάχιστη πιθανότητα	1 αστοχία στις 15.000
4	Ήσσων πιθανότητα	1 αστοχία στις 2.000
5	Μέτρια πιθανότητα	1 αστοχία στις 400
6	Πιθανή	1 αστοχία στις 80
7	Αυξημένη πιθανότητα	1 αστοχία στις 20
8	Αρκετή πιθανότητα	1 αστοχία στις 8
9	Βέβαιη πιθανότητα	1 αστοχία στις 3
10	Απολύτως βέβαιη πιθανότητα	>1 αστοχία στις 2

Πηγή: Αγγελόπουλος, 2000

Πίνακας 3 Βαθμολογία πιθανότητας εντοπισμού αστοχίας.

ΒΑΘΜΟΣ	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ	ΚΡΙΤΗΡΙΟ
1	Απολύτως βέβαιος εντοπισμός	Ο έλεγχος του σχεδιασμού έχει απόλυτη αποτελεσματικότητα και είναι δυνατό να εντοπίσει όλα τα πιθανά αίτια της αστοχίας.
2	Βέβαιος εντοπισμός	Ο έλεγχος του σχεδιασμού έχει πολύ μεγάλη αποτελεσματικότητα και είναι δυνατό να εντοπίσει τα πιθανά αίτια της αστοχίας.
3	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού	Ο έλεγχος του σχεδιασμού έχει αρκετά μεγάλη αποτελεσματικότητα και είναι δυνατό να εντοπίσει πιθανά αίτια της αστοχίας.
4	Αυξημένη πιθανότητα	Ο έλεγχος του σχεδιασμού έχει αυξημένη αποτελεσματικότητα και είναι δυνατό να εντοπίσει πιθανά αίτια της αστοχίας.
5	Πιθανός εντοπισμός	Ο έλεγχος του σχεδιασμού έχει μέτρια αποτελεσματικότητα και είναι πιθανό να εντοπίσει δυνητικά αίτια της αστοχίας.
6	Μέτρια πιθανότητα εντοπισμού	Ο έλεγχος του σχεδιασμού έχει περιορισμένη αποτελεσματικότητα και είναι πιθανό να εντοπίσει δυνητικά αίτια της αστοχίας.

7	Ήσσων πιθανότητα εντοπισμού	Ο έλεγχος του σχεδιασμού έχει χαμηλή αποτελεσματικότητα.
8	Ελάχιστη πιθανότητα εντοπισμού	Ο έλεγχος του σχεδιασμού έχει πολύ χαμηλή αποτελεσματικότητα.
9	Αμελητέα πιθανότητα εντοπισμού	Ο έλεγχος του σχεδιασμού έχει αμελητέα αποτελεσματικότητα. Η τεχνική της σχεδίασης είναι αναξιόπιστη ή μη επαρκώς δοκιμασμένη.
10	Απίθανος εντοπισμός	Ο εντοπισμός της αστοχίας είναι σχεδόν απίθανος. Η τεχνική και ο έλεγχος του σχεδιασμού είναι άγνωστη ή μη διαθέσιμη.

Πηγή: Αγγελόπουλος, 2000

3 Μπίρα

3.1 Ορισμός της μπίρας

«Μπίρα» νοείται το ποτό που παράγεται κατ' εφαρμογή των διατάξεων του ν.2963/1922, όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει με το άρθρο 3 του ν.1839/1989“ Η μπίρα που διατίθεται στην κατανάλωση πρέπει να πληροί τους σχετικούς όρους της ενωσιακής και εθνικής νομοθεσίας, να είναι ευχάριστης οσμής και γεύσης και να παρουσιάζει τους κανονικούς οργανοληπτικούς χαρακτήρες αυτής.” (Κώδικας Τροφίμων και Ποτών,2013)

Επειδή θεωρείται σημαντική πηγή θρεπτικών ουσιών όπως οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες έχει γίνει αναπόσπαστο μέρος της διατροφής σε πολλούς πολιτισμούς. (Olsonska et al., 2015)

3.1.1 Η μπίρα στην Ευρώπη

Η συμβολή του κλάδου της μπίρας στην οικονομία της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι σημαντικής σημασίας. Ο συγκεκριμένος κλάδος απασχολεί μεγάλο αριθμό εργατικού δυναμικού με σημαντικές εισφορές στα δημόσια έσοδα. Οι ζυθοποιίες, συγκαταλέγονται στις σημαντικότερες επιχειρήσεις αγαθών παγκοσμίως (Τσιφτελής, 2020). Η Ευρωπαϊκή Ένωσή έρχεται 2η σε παγκόσμιο επίπεδο στην παραγωγή μπίρας, μετά από την Κίνα ενώ ακολουθούν οι ΗΠΑ και η Βραζιλία (Παπαβασιλείου,2023) Στην Ευρώπη το 2020 με την πανδημία η παραγωγή και η κατανάλωση μπίρας σταμάτησαν απότομα την ανοδική πορεία που είχαν. Έχει αρχίσει πάλι η ανάκαμψη της παραγωγής μπίρας όμως ακόμα δεν έχει φτάσει στα προ πανδημίας επίπεδα. Για το 2023 η πρώτη χώρα στην παραγωγή μπίρας ήταν η Γερμανία με δεύτερη την Ισπανία ενώ όσον αφορά στην κατανάλωση ήταν πάλι πρώτη η Γερμανία με δεύτερο το Ηνωμένο Βασίλειο (European Beer Trends,2023) Ένα χαρακτηριστικό στην κατανάλωση της μπίρας είναι ότι τις τελευταίες δεκαετίες υπάρχει άνοδος στις ειδικές μπίρες που δεν συνάδει με την οικονομική ύφεση (Donadini et al., 2016) Η κατανάλωση μπίρας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω των οργανοληπτικών της χαρακτηριστικών και επίσης λόγω του χαμηλού κόστους της σε σύγκριση με άλλα αλκοολούχα ποτά που κυκλοφορούν στην Ευρώπη (Sohrabvandi et al.,2009).

3.1.2 Η μπίρα στην Ελλάδα

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα αρκετές «μικροζυθοποιίες» (περίπου σαράντα) έχουν αναπτυχθεί και δραστηριοποιούνται κυρίως σε τοπικό επίπεδο. Η εγχώρια αγορά μπίρας φαίνεται ότι δεν έχει μεγάλες ετήσιες διακυμάνσεις, ενώ η κατά κεφαλήν κατανάλωση μπίρας στην Ελλάδα είναι χαμηλότερη από άλλες χώρες της ΕΕ (Στεφάνου,2019). Η Ελλάδα το 2022 παρήγαγε 4.220.000 εκατόλιτρα μπίρας και ήταν στην 17η θέση σε παραγωγή μπίρας σε 29 Ευρωπαϊκές χώρες και καταναλώθηκαν 3.850.000 εκατόλιτρα (European Beer Trends,2023)

3.2 Πρώτες ύλες για παραγωγή μπίρας

Η μπίρα είναι το τρίτο πιο διαδεδομένο ποτό μετά το νερό και το τσάι. Έχουν καταγραφεί και ταξινομηθεί περισσότερα από 140 είδη μπίρας ανάλογα με την προέλευση τους, τα συστατικά τους και τη διαδικασία παρασκευής τους (Brewers Association, 2012). Παγκοσμίως οι μπίρες παρασκευάζονται από τέσσερα συστατικά σύμφωνα με το νόμο περί καθαρότητας (Reinheitsgebot) δηλαδή νερό, λυκίσκο, κριθάρι και ζύμη. Βέβαια ανάλογα με τη νομοθεσία κάθε χώρας και το είδος της μπίρας μπορεί να χρησιμοποιηθούν και άλλα συστατικά (Back and Wunderlich, 2009)

3.2.1 Κριθάρι

Το κριθάρι (*Hordeum vulgare* L.) είναι μέλος της οικογένειας Poaceae (Αγρωστώδη). Κατάγεται από την περιοχή της Μέσης Ανατολής και καλλιεργείται σε Ευρώπη, Αφρική και Ασία. Το κριθάρι είναι το τέταρτο καλλιεργούμενο δημητριακό μετά τον αραβόσιτο (*Zea mays* L.), το σιτάρι (*Triticum aestivum* L.) και το ρύζι (*Oryza sativa* L.) και καταλαμβάνει το μεγαλύτερο φάσμα περιοχών παραγωγής (Horsley et al, 2009) Το κριθάρι μπόρεσε να εξαπλωθεί τόσο ευρέως χάρη στο γεγονός ότι οι τύποι του χειμώνα και της άνοιξης έχουν την ικανότητα προσαρμογής σε πολύ διαφορετικές κλιματικές συνθήκες, Ακόμα η ανοχή του στην ξηρασία επιτρέπει την επιτυχή καλλιέργεια του σε περιοχές που δεν είναι ευνοϊκές για άλλα δημητριακά (Guiné and Correia, 2014). Οι κυριότερες παραγωγικές χώρες είναι η Ρωσία, ο Καναδάς, η Αυστραλία, η Ουκρανία, οι ΗΠΑ και κάποιες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως η Γερμανία και η Γαλλία. Στην Ελλάδα καλλιεργείται κυρίως στη Μακεδονία, στη Θεσσαλία, στη Θράκη και στην Στερεά Ελλάδα. Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες του κριθαριού ανήκουν στο δίστοιχο κριθάρι (*Hordeum vulgare* ssp *distichon*), στο εξάστοιχο κριθάρι (*Hordeum vulgare* ssp *hexastichon*) και στη γυμνοκριθή (*Hordeum vulgare* ssp *nudum*) (Παπαστυλιανού κ.α, 2022). Από την παγκόσμια παραγωγή κριθαριού το 65% χρησιμοποιείται για ζωοτροφές , το 30% για τη ζυθοποιία και μόνο το 1,5% χρησιμοποιείται για βρώση. (Newman and Newman, 2006). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2023 παρήχθησαν 4.7818.000 τόνοι κριθαριού(Agriculture and rural development, 2024). Τα κριθάρια διαφορετικών κατηγοριών έχουν σημαντικές διαφορές ως προς τα χαρακτηριστικά της σύνθεσης τους και κατά συνέπεια έχουν διαφορετικές ιδιότητες επεξεργασίας ποιότητας και χρήσης (Baik and Ullrich, 2008). Όσον αφορά στην παραγωγή του ζύθου χρησιμοποιούνται το δίστοιχο και το εξάστοιχο κριθάρι.

3.2.2 Μορφολογία κριθαριού

Ένα ώριμο φυτό κριθαριού αποτελείται από (Γαζούλης, 2019)

- τις ρίζες,
- τα στελέχη τα οποία αποτελούνται από κενά μεσογονάτια διαστήματα και 5-7 συμπαγή γόνατα
- τα φύλλα, που αποτελούνται από τα γλωσσίδια, το έλασμα, τον κολεό και τα ωτίδια,
- ένα στάχυ στην κορυφή κάθε στελέχους, το οποίο απαρτίζεται από σταχύδια τα οποία αποτελούνται από ένα ανθίδιο και δύο λέπυρα εξωτερικά και είναι οργανωμένα σε ομάδες των τριών που εναλλάσσονται σε κάθε γόνατο της ράχης,
- τα αυτεπικονιαζόμενα ανθίδια που αποτελούνται από τη λεπίδα και το χιτώνα που εσωκλείουν τα αναπαραγωγικά όργανα και τέλος
- τους σπόρους.

Υπάρχουν δύο τύποι κριθαριού: το χειμερινό κριθάρι που μπορεί να είναι είτε δίστοιχο είτε εξάστοιχο και το εαρινό που είναι μόνο δίστοιχο. Το χειμερινό κριθάρι έχει τη δυνατότητα να εκμεταλλεύεται καλύτερα τη φθινοπωρινή υγρασία του χώματος, γεγονός που μπορεί να διασφαλίσει μεγαλύτερη καλλιεργητική παραγωγικότητα σε σχέση με το εαρινό (*Barley Malt Beer*, 2009). Το κύριο χαρακτηριστικό του κριθαριού, που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα χειμερινά σιτηρά είναι τα μεγάλα ωτίδια εκεί όπου συνδέεται ο κολεός με το έλασμα. Στο κριθάρι το ανώτερο φύλλο είναι μικρότερο από όλα τα άλλα. Όταν και τα τρία σταχύδια φέρουν γόνιμα άνθη, το κριθάρι ονομάζεται εξάστοιχο ενώ ονομάζεται δίστοιχο όταν είναι γόνιμο μόνο το κεντρικό σταχύδιο (Γκίκας, 2022)

Οι σημαντικότερες διαφορές ανάμεσα στο δίστοιχο και στο εξάστοιχο κριθάρι είναι οι εξής:

Πίνακας 4 Διαφορές ανάμεσα στο δίστοιχο και στο εξάστοιχο κριθάρι

ΔΙΣΤΟΙΧΟ ΚΡΙΘΑΡΙ	ΕΞΑΣΤΟΙΧΟ ΚΡΙΘΑΡΙ
Ανάπτυξη δύο σειρών	Ανάπτυξη έξι σειρών

Μεγαλύτεροι κόκκοι	Μικρότεροι κόκκοι
Ανάπτυξη βαρύτερων κόκκων	Ανάπτυξη ελαφρύτερων κόκκων
Μικρή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη	Μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη
Μεγαλύτερος χρόνος διαβροχής κατά τη βυνοποίηση	Μικρότερος χρόνος διαβροχής κατά τη βυνοποίηση
Μεγαλύτερη ομοιομορφία κόκκων	Μικρότερη ομοιομορφία κόκκων

Πηγή :Παπαστυλιανού κ.α, 2023, Rani and Bhardwaj, 2021

Στο δίστοιχο κριθάρι οι κόκκοι παρουσιάζουν ομοιομορφία ως προς το σχήμα, το μέγεθος και τη συμμετρία τους ενώ οι κόκκοι των μεσαίων σταχυδίων στο εξάστοιχο κριθάρι είναι συμμετρικοί σε αντίθεση με τους κόκκους των πλαγίων σειρών οι οποίοι είναι μικρότεροι και ασύμμετροι (Παπαστυλιανού κ.α, 2023). Καλύτερο κριθάρι για βυνοποίηση και κατόπιν ζυθοποίηση είναι αυτό που περιέχει μικρή ποσότητα πρωτεΐνης σε σχέση με το άμυλο δηλαδή το δίστοιχο κριθάρι (Barley Malt Beer, 2009) και να είναι ο χιτώνας και η λεπίδα κολλημένα με τον κόκκο (Θωμόπουλος, 2018). Κατά την ανάπτυξη του ενδοσπερμίου κριθαριού, το ξηρό βάρος των πυρήνων και η περιεκτικότητα σε άμυλο και αμυλόζη αυξάνονται (Källman et al, 2015)

3.2.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του κριθαριού

Το χρησιμοποιούμενο κριθάρι θα πρέπει να πληροί ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά τα οποία αναφέρονται παρακάτω (Νεραντζής κ,α, 2014) :

- Να προέρχεται από ποικιλία που θεωρείται αποδεκτή
- Να έχει βλαστική ικανότητα σε ποσοστό πάνω από 95%
- Να είναι πλήρους ωριμότητας
- Να είναι απαλλαγμένο από ασθένειες
- Να μην έχει υποστεί αλλοιώσεις από θερμοκρασιακές μεταβολές
- Να έχει μικρό ποσοστό λιγότερο από 5% κόκκους σπασμένους ή αποφλοιωμένους
- Να έχει μέγιστη υγρασία 13,5%
- Να μην έχει υποστεί ξήρανση με τεχνητά μέσα
- Να μην υπάρχουν ξένες ύλες (έντομα, ξένα σώματα, μούχλα, επεξεργασμένοι κόκκοι, κακοσμία)

- Να μην έχει στίγματα γήρανσης
- Να μην υπάρχουν ουσίες για τον έλεγχο της υγρασίας
- Να είναι οι κόκκοι γεμάτοι
- Να έχουν οι κόκκοι ομοιόμορφο σχήμα
- Να περιέχουν πρωτεΐνη 10,5-13% σε ξηρό βάρος

3.2.4 Αιτίες ακαταλληλότητας κριθαριού

Η κακή βιωσιμότητα του κριθαριού μπορεί να οφείλεται σε: (Martin, 2015):

- Προβλάστηση του κριθαριού όταν υπάρχουν υγρές συνθήκες συγκομιδής
- Προβλάστηση από αργοπορημένη συγκομιδή
- Ανωριμότητα κριθαριού κατά τη συγκομιδή από ακατάλληλη καλλιεργητική περίοδο
- Ζημιές από παγετό
- Σπασμένοι ή αποφλοιωμένοι σπόροι από λανθασμένο χειρισμό κατά τη συγκομιδή
- Ανεπαρκής ξήρανση μετά τη συγκομιδή
- Υπερβολική ξήρανση μετά τη συγκομιδή

3.3 Νερό

Το νερό που χρησιμοποιείται στην παραγωγή μπίρας κατατάσσεται σε τέσσερις κατηγορίες:

- Νερό ζυθοποίησης
- Νερό διεργασιών
- Νερό υπηρεσίας
- Νερό γενικής χρήσης

3.3.1 Νερό ζυθοποίησης

Ως νερό ζυθοποίησης χαρακτηρίζεται το νερό που συμβάλλει άμεσα στην παραγωγή της μπίρας (Νεραντζής κ.α., 2014) και χρησιμοποιείται σε όλα τα στάδια της παραγωγής. Το νερό αποτελεί περίπου το 94% της μπίρας. Ανάλογα με τη σύνθεση του νερού που χρησιμοποιείται καθορίζεται το είδος και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος..(Eumann, 2006). Τα άλατα και τα μεταλλικά στοιχεία του νερού επηρεάζουν τη γεύση της μπίρας, ενώ τα μεταλλικά άλατα τον αφρό της. (Δρόσου, 2022).

Οι περιοχές που φημίζονται για το νερό ζυθοποιίας τους είναι το Pilsen στην Τσεχία, το Μόναχο της Γερμανίας, το Burton-on-Trent στο Ηνωμένο Βασίλειο, το Ντόρτμουντ στη Γερμανία και η Βιέννη στην Αυστρία (Hardwik, 1994). Το νερό ζυθοποίησης πρέπει να τηρεί τις προδιαγραφές του

πόσιμου νερού. Όλα τα ύδατα που ταξινομούνται ως πόσιμα δεν είναι κατάλληλα για κάθε είδος μπίρας (Προτεινόμενη χημική σύνθεση του νερού για ζυθοποίηση, 2019)

Ως πόσιμο νερό σύμφωνα με την οδηγία 2020/2184 της Ευρωπαϊκής Ένωσης ορίζεται: “Το νερό, είτε στη φυσική του κατάσταση είτε μετά από επεξεργασία, που προορίζεται για πόση, μαγείρεμα, προπαρασκευή τροφής ή άλλες οικιακές χρήσεις τόσο σε δημόσιες όσο και σε ιδιωτικές εγκαταστάσεις, ανεξάρτητα από την προέλευσή του και από το εάν παρέχεται από δίκτυο διανομής, παρέχεται από βυτίο ή τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία, συμπεριλαμβανομένων των νερών πηγής και το νερό που χρησιμοποιείται σε οποιαδήποτε επιχείρηση τροφίμων για την παρασκευή, επεξεργασία, συντήρηση ή εμπορία προϊόντων ή ουσιών που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.” και πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις στα παρακάτω

Πίνακας 5 Μικροβιολογικές απαιτήσεις του πόσιμου νερού

εντερόκοκκοι	απουσία
e.coli	απουσία

Πηγή : Οδηγία ΕΕ 2020/2184 παράρτημα 1

Σύμφωνα με την οδηγία ΕΕ 2020/2184 παράρτημα 1 θα πρέπει όσον αφορά τις μικροβιολογικές παραμέτρους του πόσιμου νερού να μην υπάρχουν καθόλου βακτήρια εντερικής προέλευσης δηλαδή εντερόκοκκοι και *Escherihia coli* (e.coli)

Πίνακας 6 Χημικές απαιτήσεις του πόσιμου νερού

Ακρυλαμίδιο	$\leq 0.10 \mu\text{g/l}$
Αντιμόνιο	$\leq 10 \mu\text{g/l}$
Αρσενικό	$\leq 10 \mu\text{g/l}$

Βενζόλιο	$\leq 1.0 \mu\text{g/l}$
Βενζοπυρένιο	$\leq 0.010 \mu\text{g/l}$
Δισφαινόλη	απουσία
Βόριο	$\leq 1.5 \text{ mg/l}$
Βρωμικά άλατα	$\leq 10 \mu\text{g/l}$
Κάδμιο	$\leq 5.0 \mu\text{g/l}$
Χλωρικά	$\leq 0.25 \text{ mg/l}$
Χλωριώδη	$\leq 25 \mu\text{g/l}$
Χαλκός	$\leq 2.0 \text{ mg/l}$
Κυανιούχα	$\leq 50 \mu\text{g/l}$
1,2-Διχλωροαιθάνιο	$\leq 3.0 \mu\text{g/l}$
Επιγλωρυδρίνη	$\leq 0.10 \mu\text{g/l}$
Φθοριούχα	$\leq 1.5 \text{ mg/l}$
Αλογονοοξικά οξέα (HAA)	$\leq 60 \mu\text{g/l}$
Μόλυβδος	$\leq 5 \mu\text{g/l}$
Υδράργυρος	$\leq 1.0 \mu\text{g/l}$
Μικροκυστίνη-LR	$\leq 1.0 \mu\text{g/l}$
Νικέλιο	$\leq 20 \mu\text{g/l}$
Νιτρικά	$\leq 50 \text{ mg/l}$
Νιτρώδη	$\leq 0.50 \text{ mg/l}$
Παρασιτοκτόνα	$\leq 0.10 \mu\text{g/l}$
Σύνολο παρασιτοκτόνων	$\leq 0.50 \mu\text{g/l}$
Σύνολο PFAS	$\leq 0.50 \mu\text{g/l}$
Άθροισμα των PFAS	$\leq 0.10 \mu\text{g/l}$
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	$\leq 0.10 \mu\text{g/l}$

Σελήνιο	$\leq 20 \mu\text{g/l}$
Τετραχλωροαιθέριο και τριχλωροαιθέριο	$\leq 10 \mu\text{g/l}$
Ολικά τριαλογονομεθάνια	$\leq 100 \mu\text{g/l}$
Ουράνιο	$\leq 30 \mu\text{g/l}$
Βινυλοχλωρίδιο	$\leq 0,50 \mu\text{g/l}$

Πηγή : Οδηγία ΕΕ 2020/2184 παράρτημα 1

Σύμφωνα με την οδηγία ΕΕ 2020/2184 παράρτημα 1 θα πρέπει όσον αφορά τις χημικές παραμέτρους του πόσιμου νερού θα πρέπει τα περισσότερα επικίνδυνα χημικά να βρίσκονται σε απειροελάχιστες ποσότητες. Η δυσφαινόλη δεν θα πρέπει να εντοπίζεται καθόλου ενώ το βενζοπυρένιο μπορεί να εντοπίζεται σε ποσότητα μικρότερη των $0.010 \mu\text{g/l}$. Κάποια άλλα όπως το ακρυλαμίδιο, η επιχλωρυδρίνη, τα παρασιτοκτόνα, το άθροισμα των PFAS, οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες μπορεί να εντοπίζονται σε ποσότητα μικρότερη των $0,10 \mu\text{g/l}$. Όσον αφορά στα νιτρώδη, στο σύνολο των παρασιτοκτόνων, στο σύνολο των PFAS και στο βινυλοχλωρίδιο η οδηγία επιτρέπει να απαντώνται σε ποσότητα μικρότερη των $0,50 \mu\text{g/l}$. Το βενζόλιο, ο υδράργυρος και η μικροκυστίνη-LR μπορεί να εντοπίζονται σε ποσότητα μικρότερη του $1,0 \mu\text{g/l}$ ενώ το βόριο και τα φθοριούχα μπορεί να εντοπίζονται σε ποσότητα μικρότερη του $1,5 \mu\text{g/l}$. Σύμφωνα με την οδηγία το 1,2-διχλωροαιθέριο μπορεί να εντοπίζεται σε ποσότητα μικρότερη των $3,0 \mu\text{g/l}$, το κάδμιο σε ποσότητα μικρότερη των $5,0 \mu\text{g/l}$ ενώ σε ποσότητα μικρότερη των $10,0 \mu\text{g/l}$ μπορεί να εμφανίζονται το αντιμόνιο, το αρσενικό, τα βρωμικά άλατα, το τετραχλωροαιθέριο και το τριχλωροαιθέριο. Το νικέλιο και το σελήνιο επιτρέπει να απαντώνται σε ποσότητα μικρότερη των $20,0 \mu\text{g/l}$, το ουράνιο σε ποσότητα μικρότερη των $30,0 \mu\text{g/l}$ τα αλογονοοξικά οξέα (HAA) σε ποσότητα μικρότερη των $60,0 \mu\text{g/l}$ και τα ολικά τριαλογονομεθάνια σε ποσότητα μικρότερη των $100,0 \mu\text{g/l}$. Σε κάπως μεγαλύτερες ποσότητες μπορεί να εντοπίζονται τα χλωρικά σε ποσότητα μικρότερη των $0,25 \text{ mg/l}$, τα νιτρώδη σε ποσότητα μικρότερη του $0,50 \text{ mg/l}$, το βόριο και τα φθοριούχα σε ποσότητα μικρότερη του $1,50 \text{ mg/l}$, ο χαλκός σε ποσότητα μικρότερη των $2,0 \text{ mg/l}$ ενώ τα νιτρικά σε ποσότητα μικρότερη των $50,0 \text{ mg/l}$.

Πίνακας 7 Παράμετροι που σχετίζονται με την εκτίμηση κινδύνου των συστημάτων οικιακής διανομής

Legionella	< 1,000 CFU/l
Μόλυβδος	10 µg/l

Πηγή : Οδηγία ΕΕ 2020/2184 παράρτημα 1

Οι εν λόγω δυνητικοί κίνδυνοι επηρεάζουν την ποιότητα του νερού στο σημείο όπου αυτό βγαίνει από τις βρύσες που χρησιμοποιούνται συνήθως για νερό ανθρώπινης κατανάλωσης. Το βακτήριο Legionella πρέπει να βρίσκεται σε λιγότερο από 1,000 CFU/l ενώ όσον αφορά στο μόλυβδο αυτή τη χρονική περίοδο η επιτρεπόμενη ποσότητα είναι 10 µg/l παρόλα αυτά τα κράτη μέλη θα πρέπει να καταβάλουν κάθε δυνατή προσπάθεια για να επιτύχουν τη χαμηλότερη τιμή των 5 µg/l έως τις 12 Ιανουαρίου 2036.

Πίνακας 8 Παράμετροι που επιδρούν στο νερό της ζυθοποίησης

ΙΟΝΤΑ ΠΟΥ ΒΡΙΣΚΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΝΕΡΟ	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤ ΜΠΙΡΑ
Κατιόντα ασβεστίου	Σταθεροποίηση α-αμυλάσης
Κατιόντα μαγνησίου	Σκληρότητα νερού
Κατιόντα καλίου	Αλμυρή γεύση
Κατιόντα σιδήρου	Θολότητα
Κατιόντα μαγγανίου	Θολότητα
Κατιόντα νατρίου	Αλμυρή γεύση
Κατιόντα σιδήρου	Γεύση
Ανιόντα χλωρίου > 50ppm	Παράγονται χλωροφαινόλες

Πηγή: Lewis and Young, 2001, Punčochářová et al, 2019, Eumann and Schildbach, 2012

Οι αναλύσεις της ποιότητας του νερού πρέπει να γίνονται κάθε χρόνο (Eumann, 2006). Τα σημαντικότερα συστατικά του νερού που σχετίζονται με την παραγωγή της μπίρας είναι τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου, που καθορίζουν και τη σκληρότητα του νερού, τα θειικά, χλωριόντα, νατρίου και το όξινο ανθρακικό. (Lewis and Young, 2001). Ανάλογα με το είδος της μπίρας η συγκέντρωση των ιόντων σε ppm Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+1} , Cl^{-1} , SO_4^{+2} και HCO_3^{-1} διαφέρουν με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις να υπάρχουν στο νερό της περιοχής Burton-on-Trent στο Ηνωμένο

Βασίλειο (Graham and Priest, 2006). Πολύ σημαντικό ρόλο παίζουν τα ιόντα ασβεστίου καθώς επηρεάζουν τον βαθμό γλυκύτητας του γλεύκους, σταθεροποιούν το ένζυμο α-αμυλάση και ενισχύουν τη σταθερότητα και τη γεύση της μπίρας (Punčochářová et al, 2019). Η ιδανική αναλογία ιόντων ασβεστίου / μαγνησίου είναι 2/1 (Eßlinger, 2009). Η υψηλή περιεκτικότητα σε ιόντα μαγνησίου δίνουν πικρή γεύση στη μπίρα ενώ η υψηλή περιεκτικότητα σε ιόντα νατρίου αλμυρή γεύση όπως και τα ιόντα καλίου. Η υψηλή περιεκτικότητα σε ιόντα σιδήρου επηρεάζουν αρνητικά τη γεύση, το χρώμα και δημιουργούν θολότητα όπως και τα ιόντα μαγγανίου (Hardwick, 1994). Η ύπαρξη χλωρίου στο νερό για ζυθοποίηση, σε ποσότητα μεγαλύτερη από 50ppm χαρακτηρίζεται επικίνδυνη, επειδή παράγονται χλωροφαινόλες (Eumann and Schildbach, 2012). Εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στην παρασκευή της μπίρας παίζει η τιμή του pH στο γλέυκος κι αυτό γιατί από αυτή τη τιμή επηρεάζεται η δράση των ενζύμων που μετατρέπουν το άμυλο σε ζυμώσιμα σάκχαρα. Επίσης, το pH του νερού επηρεάζει το βρασμό. Οι υψηλές τιμές pH ευνοούν τις αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκειά του βρασμού. Από αυτές εξαρτώνται τα αρωματικά στοιχεία, το χρώμα καθώς και η ενσωμάτωση του λυκίσκου. (Σαμανίδου, 2023).

3.3.2 Νερό διεργασιών

Είναι το νερό που χρησιμοποιείται για το πλύσιμο και την αποστείρωση των σωληνώσεων και δεξαμενών και για τον καθαρισμό όλων των επιφανειών που έρχονται σε επαφή με τη μπίρα καθώς και για το πλύσιμο των επιστρεφόμενων μπουκαλιών. Το νερό πρέπει να είναι άγευστο και άοσμο (Hardwick, 1994). Επειδή αυτές οι διαδικασίες γίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες η μείωση της σκληρότητας του νερού είναι απαραίτητη. Όσον αφορά στη μικροβιολογική ασφάλεια του νερού διεργασιών τόσο κατά την αποθήκευση όσο και κατά τη διανομή προτιμάται η χρήση ClO_2 έναντι της χρήσης Cl_2 και όζοντος γιατί μπορεί να δημιουργήσουν τριαλομεθάνες που είναι τοξικές (Eumann and Schildbach, 2012).

3.3.3 Νερό γενικής χρήσης

Είναι το νερό για το γενικό πλύσιμο και το γενικό καθαρισμό του ζυθοποιείου.

3.3.4 Νερό υπηρεσίας

Είναι το νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή ατμού στο λέβητα. Το νερό για αυτή τη χρήση οφείλει να ακολουθεί τις προδιαγραφές του κατασκευαστή του λέβητα ((Graham and Priest, 2006). Γενικά δεν πρέπει να περιέχει άλατα. Η περιεκτικότητα σε CaCO_3 πρέπει να είναι $< 1\text{ppm}$. Η σκληρότητα μπορεί να αφαιρεθεί με τοποθέτηση απορροφητών σκληρότητας. Επίσης θεωρείται απαραίτητη η απαέρωση και αποβολή του CO_2 που πραγματοποιούνται με τοποθέτηση απορροφητών οξυγόνου ή μέσω θερμικής απαέρωσης (Eumann and Schildbach, 2012). Η

διάβρωση που προκαλείται σε αντίθετη περίπτωση επηρεάζει την απόδοση του λέβητα και μπορεί να προκαλέσει τρύπες στις σωληνώσεις και αποφράξεις σε μικρές σωληνώσεις (Pedefferri ,2018)

3.3.5 Πηγές νερού

Τα νερά που χρησιμοποιούνται σε ένα ζυθοποιείο μπορεί να προέρθουν από διαφορετικές πηγές:

- Νερό ύδρευσης
Είναι νερό που έχει ήδη υποστεί μια επεξεργασία
- Νερό από πηγάδια και πηγές
Είναι νερό συνήθως σταθερό και σε ποσότητα και ποιότητα. Είναι σταθερά από μικροβιολογική άποψη αν δε μολυνθούν κατά τη διαδικασία της γεώτρησης
- Επιφανειακά ύδατα
Προέρχονται από λίμνες, ποτάμια, φράγματα και τεχνητές δεξαμενές..Δεν είναι σταθερά ούτε σε ποσότητα ούτε σε ποιότητα. Επηρεάζονται από εποχικές αλλαγές και είναι ευαίσθητα τόσο σε μικροβιακές μολύνσεις όσο και σε επιβάρυνση με οργανικό φορτίο
- Νερό βροχής
Όπως και τα επιφανειακά ύδατα δεν είναι σταθερά ούτε σε ποσότητα ούτε σε ποιότητα. Είναι κι αυτά ευαίσθητα τόσο σε μικροβιακές μολύνσεις όσο και σε επιβάρυνση με οργανικό φορτίο(Eumann and Schildbach, 2012)
- Επαναχρησιμοποίηση νερού
Χρησιμοποιούνται μετά την επεξεργασία των λυμάτων (Pettigrew et al.,2015)

3.4 Λυκίσκος

Για τη γεύση και τη διατήρηση της μπίρας στο πέρασμα των αιώνων έχουν χρησιμοποιηθεί πολλά βότανα αλλά μόνο ο λυκίσκος (*Humulus lupulus* L.) θεωρείται πλέον απαραίτητη πρώτη ύλη για την παρασκευή μπίρας σε όλο τον κόσμο.(Moir, 2000) Ο λυκίσκος υπερίσχυσε των άλλων βοτάνων λόγω της μοναδικής ικανότητας του να είναι ένα εξαιρετικά αποτελεσματικό συντηρητικό για την μπίρα. (Legun et al,2022)

Ο λυκίσκος δίνει στη μπίρα πέντε ιδιότητες:

- Πικρή γεύση
- Άνθινο άρωμα
- Σταθερότητα στη γεύση
- Αντιβακτηριακή προστασία
- Σταθερότητα αφρού (Schönberger and Kosteletzky, 2011)

Σήμερα, το 98% της παραγόμενης καλλιέργειας λυκίσκου παγκοσμίως χρησιμοποιείται από τα ζυθοποιεία (Korpelainen and Pietiläinen, 2021). Ο λυκίσκος παράγεται κυρίως σε εννέα χώρες. Τα 2/3 των εδαφών που καλλιεργείται ο λυκίσκος όπως και τα 3/4 της ποσότητας που παράγεται είναι από τις ΗΠΑ και τη Γερμανία. Οι άλλες χώρες που παράγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες λυκίσκου είναι η Νέα Ζηλανδία, η Πολωνία, η Αυστραλία, η Τσεχία, η Σλοβενία, η Κίνα και το Ηνωμένο Βασίλειο (Kubes, 2020). Η καλλιέργεια του λυκίσκου μπορεί να γίνει σε μια ευρεία ποικιλία κλιμάτων, συμπεριλαμβανομένων ημιάνυδρων, θαλάσσιων, υγρών ηπειρωτικών και υποτροπικών περιοχών, με διαφορετικές ποικιλίες να είναι πιο προσαρμοσμένες σε διαφορετικές κλιματικές συνθήκες. (Turner et al, 2011) Ο γονότυπος του λυκίσκου και η περιοχή καλλιέργειας του χαρακτηρίζουν το είδος της μπίρας (Ghiselli et al, 2022)

Υπάρχουν δύο κατηγορίες λυκίσκου που χρησιμοποιούνται στη ζυθοποιία ανάλογα με την πικρική τους ικανότητα και το άρωμα τους

- λυκίσκος για άρωμα (ποσοστό β-οξέων)
- λυκίσκος για πίκρισμα (ποσοστό α-οξέων)
- λυκίσκος για διπλή χρήση (Τα συστατικά της μπίρας :λυκίσκος)

3.4.1 Μορφολογία λυκίσκου

Ο λυκίσκος (*Humulus lupulus* L.) ανήκει στο γένος *Humulus* της οικογένειας Cannabaceae (Κανναβοειδών). Ο καλλιεργούμενος λυκίσκος είναι δίκωτο, δίοικο, αναρριχώμενο, πολυετές φυτό. Ο λυκίσκος μπορεί να επιζήσει και να καρποφορεί για πολλά χρόνια που υπερβαίνουν τα είκοσι. Η συγκομιδή του γίνεται στο τέλος του καλοκαιριού (Preedy, 2009). Το ριζικό σύστημα του λυκίσκου είναι βαθύ με δευτερεύουσες ρίζες που παρουσιάζουν οριζόντια ανάπτυξη. Το βάθος του συνήθως φθάνει έως και 5m, ανάλογα με τις συνθήκες εδάφους και κλίματος.. Ο λυκίσκος σχηματίζει επίσης ριζώματα τα οποία είναι υπόγειοι βλαστοί. (Ruth, 2018). Τα κλαδιά του αναρριχώνται πάντα δεξιόστροφα. Έχει τα κύρια κλαδιά που αναπτύσσονται κατακόρυφα και τα δευτερεύοντα που αναπτύσσονται πλάγια (Campos et al., 2023). Ο βλαστός του ξεπερνάει τα 6m. Τα φύλλα είναι αντίθετα, έμμισχα, οδοντωτά με 3 έως 5 λοβούς (Almaguer et al, 2014). Τα αρσενικά άνθη παράγουν γύρη για τη γονιμοποίηση των θηλυκών ανθέων Τα λουλούδια είναι μικρά και γονιμοποιούνται από τον άνεμο. Τα θηλυκά φυτά έχουν κωνοειδή δομές Τα θηλυκά φυτά είναι αυτά που χρησιμοποιούνται στη ζυθοποιία. Το 97% της παγκόσμιας παραγωγής αποτελείται από θηλυκά άνθη (Madsen et al., 2020). Στα θηλυκά φυτά σχηματίζονται στροβιλοειδείς σφαιρικές ή ωοειδείς ταξιανθίες μήκους 2,5-5 cm που ονομάζονται κώνοι. Τα φύλλα καλύπτονται από αδενώδεις τρίχες, οι οποίες εκκρίνουν ρητινώδεις ουσίες με πικρή γεύση, κυρίως χουμουλίνη (α-

οξέα), λουπουλόνη (β-οξέα) και πτητικά αιθέρια έλαια που προσδίδουν το χαρακτηριστικό άρωμα και την πικρή γεύση στον λυκίσκο (Almaguer et al., 2014). Οι σπόροι του λυκίσκου είναι μικροί, σκληροί και αδιάβροχοι, παρουσιάζοντας μακρά λήθαργο και αργή βλάστηση. Μπορεί να χρειαστούν έως και τρία χρόνια πριν τα θηλυκά φυτά αρχίσουν να ανθίζουν και να παράγουν στροβίλους. Οι περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες είναι χωρίς σπόρους, επειδή οι σπόροι, ειδικά αν θρυμματιστούν κατά τη διαδικασία παρασκευής, πιστεύεται ότι επηρεάζουν τη γεύση της μπίρας (Korpelainen and Pietiläinen, 2021).

3.4.2 Χημική σύσταση λυκίσκου

Σε όλα τα φυτά οι χημικές ενώσεις χωρίζονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς μεταβολίτες. Οι πρωτογενείς μεταβολίτες σχετίζονται με την θρέψη, την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή του φυτού και αφορούν σύμπλοκα όπως είναι τα σάκχαρα, τα πεπτίδια, τα λιπίδια, τα αμινοξέα, οι πρωτεΐνες και όλα τα παράγωγα τους. Οι δευτερογενείς μεταβολίτες δεν έχουν απαραίτητα άμεση συσχέτιση με αυτές τις λειτουργίες του φυτού. Η λειτουργία τους έχει να κάνει με την αλληλεπίδραση του φυτού με το περιβάλλον, με την προστασία του από τους θηρευτές, τα παράσιτα, τις ακραίες καιρικές συνθήκες και άλλες απειλές. (Τσιόνκης, 2023). Μόνο οι κώνοι των θηλυκών φυτών μπορούν να εκκρίνουν τη λεπτή κίτρινη ρητινώδη σκόνη από τους αδένες λουπουλίνης. Σε αυτούς τους αδένες συντίθενται και συσσωρεύονται οι δευτερογενείς μεταβολίτες δηλαδή οι ρητίνες τα αιθέρια έλαια και οι πολυφαινόλες. (Almaguer et al. 2014). Η χημική σύσταση των κώνων των θηλυκών ανθέων του λυκίσκου εξαρτάται από την ποικιλία του λυκίσκου, τις συνθήκες καλλιέργειας, συγκομιδής και αποθήκευσης. (Campos et al, 2023). Η γενική σύσταση του όμως είναι η ακόλουθη:

Πίνακας 9 Σύσταση λυκίσκου

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ %
Ολικές ρητίνες	15-30
Αιθέρια έλαια	0,5-3
Πρωτεΐνες	15
Μονοσακχαρίτες	2
Πολυφαινόλες (ταννίνες)	4

Αμινοξέα	0,1
Στερεοΐδη	ίχνη
Τέφρα	8
Υγρασία	10
Κυτταρίνη κ.α	43

Πηγή: Almagueur et al. 2014

Τα κυριότερα από αυτά είναι οι ρητίνες που ευθύνονται για τη πικρή γεύση της μπίρας και τα αιθέρια έλαια που ευθύνονται για τον αρωματικό χαρακτήρα.

3.4.2.1 Ρητίνες

Οι ρητίνες λυκίσκου αποτελούνται από ένα κλάσμα σκληρής και μαλακής ρητίνης. Από αυτές οι μαλακές ρητίνες (πικρά οξέα) είναι εκείνες που χρησιμοποιούνται στην παρασκευή μπίρας και έχουν φαρμακευτικές ιδιότητες. Τα πικρά οξέα αποτελούνται από άλφα οξέα (χουμουλόνες) και βήτα οξέα (λουπουλόνες). Τα άλφα οξέα είναι τα πιο σημαντικά πικρά οξέα και ισομερίζονται εύκολα σε ισο-άλφα οξέα, ενώ τα βήτα οξέα δεν ισομερίζονται και γενικά καταστρέφονται κατά τη διαδικασία παρασκευής μπίρας. Τα βήτα-οξέα είναι υδρόφοβα και μη διαλυτά στο νερό (ιδίως όταν το pH είναι χαμηλό) κάτι το οποίο συμβάλει στην αντιβακτηριακή αξία τους και στην υψηλή δυνατότητα για φαρμακευτικές εφαρμογές (Korpelainen and Pietiläinen, 2021)

3.4.2.2 Αιθέρια έλαια

Τα αιθέρια έλαια του λυκίσκου είναι πτητικές αρωματικές ενώσεις οι οποίες του προσδίδουν τη χαρακτηριστική μυρωδιά. Το μυρσένιο, η λιναλοόλη και η γερανιόλη είναι οι πιο σημαντικές αρωματικές ενώσεις του ελαίου, με το μυρσένιο να είναι το πιο άφθονο (Almaguer et al. 2014). Η μυρωδιά του λυκίσκου είναι ένας συνδυασμός και αλληλεπίδραση των αναλογιών των πτητικών ενώσεων που υπάρχουν σε κάθε ποικιλία. Οι αλληλεπιδράσεις συμβαίνουν σε συγκεκριμένους συνδυασμούς ενώσεων, αναλογίες και κάτω και πάνω από συγκεκριμένες συγκεντρώσεις αισθητηρίου κατωφλίου, ιδιαίτερα σε ετερογενή μείγματα. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές μπορεί να δρουν είτε συνεργιστικά είτε ανταγωνιστικά είτε προσθετικά είτε συγκαλυπτικά (Dietz et al, 2020) Υπάρχουν πάνω από 1000 διαφορετικές ενώσεις. Οι ενώσεις αυτές χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες Almagueur et al. 2014):

- Υδρογονάνθρακες οι οποίοι περιέχουν μονοτερπένια, σεσκιτερπένια και διάφορους άλλους αλειφατικούς υδρογονάνθρακες.

- Οξυγονωμένες ενώσεις οι οποίες περιέχουν αλκοόλες, κετόνες, εστέρες και εποξειδία, όπως διεποξειδία χουμουλενίου, λιναλοόλη, α-τερπινεόλη, γερανιόλη, μεθυλ-δεκα-ενόνη, και σιντρονελλόλη.
- Ενώσεις που περιέχουν θείο: θειοεστέρες, σουλφίδια, και άλλες ενώσεις θείου όπως διμεθυλοδισουλφίδιο, διμεθυλοτρισουλφίδιο, μεθανοθειόλη

Το άρωμα και η γεύση της μπίρας καθορίζονται από ξεχωριστές χημικές ενώσεις (Schönberger and Kostecky, 2011)

- Γεύσεις χόρτου οφείλονται σε αλδεύδες
- Γεύσεις εσπεριδοειδών οφείλονται σε εστέρες
- Γεύσεις φρουτώδεις οφείλονται σε κετόνες

3.4.2.3 Πολυφαινόλες

Οι πολυφαινόλες έχουν ως κύριο ρόλο την προστασία του λυκίσκου από τις εξωτερικές απειλές. Στους κώνους του λυκίσκου υπάρχει περίπου δέκα φορές μεγαλύτερη συγκέντρωση φαινολικών ουσιών σε σύγκριση με τα φύλλα του λυκίσκου. Τα ολικά φαινολικά κυμαίνονται από 0,099 έως 0,542 mg CAE/mL για το εκχύλισμα των φύλλων και από 0,738 έως 1,734 mg CAE/mL για τους κώνους (Abram et al., 2015)

Οι κατηγορίες των πολυφαινολών είναι (Hmielec et al., 2019):

- Πρενυλφλαβονοειδή
- Κατεχίνες
- Φλαβόνες
- Γλυκοζίτες
- Φαινολικά οξέα -Φερουλικό οξύ
- Στιλβένια: Ρεσβερατρόλη

3.4.3 Τύποι λυκίσκου

Στη ζυθοποιία χρησιμοποιείται ο λυκίσκος με διαφορετικές μορφές που διαφέρουν ως προς τη χρήση και την απόδοσή τους στο ζυθοποιείο. Οι μορφές που χρησιμοποιούνται είναι (Goldammer, 2022):

- Ολόκληρος λυκίσκος
Ο ολόκληρος λυκίσκος δεν είναι πλέον τόσο δημοφιλής όσο παλαιότερα λόγω εύκολης οξείδωσης
- Σφαιρίδια (pellets)

Τα σφαιρίδια (pellets) κατασκευάζονται για να μην υπάρχει οξείδωση από τον αέρα και χαθούν πολύτιμα έλαια και ρητινώδεις ουσίες. Τα pellets συγκρατούνται φυσικά από τα δικά τους έλαια, ρητίνες και υγρασία.

- Βύσματα (plugs)

Τα βύσματα (plugs) είναι ένα υβρίδιο κώνων και σφαιριδίων δηλαδή συμπιεσμένα ολόκληρα άνθη που μπορούν να διατηρηθούν φρέσκα για αρκετό καιρό.

- Σκόνη λυκίσκου (loop-you-lin)

Η λουπουλίνη (loop-you-lin) είναι ο κίτρινος αδένας του λυκίσκου στον οποίο βρίσκονται τα οξέα του λυκίσκου και τα αιθέρια έλαια. Η λουπουλίνη δίνει πικρία και άρωμα στην μπίρα.

- Εκχυλίσματα λυκίσκου

Το εκχύλισμα λυκίσκου είναι μια συμπυκνωμένη ρητίνη λυκίσκου που περιέχει άλφα οξέα, βήτα οξέα και αιθέρια έλαια. Η χρήση εκχυλισμάτων λυκίσκου επιτρέπει στη ζυθοποιία να αυξήσει τη χρήση των άλφα-οξέων στο 45%

- Προϊόντα ελαίου λυκίσκου

Τα καθαρά έλαια έχουν συνήθως κιτρινοπράσινο χρώμα και η προσθήκη τους μειώνει την ποσότητα των απορριμμάτων κατά τη διάρκεια του βρασμού.

3.5 Ζύμες

Οι ζύμες είναι μονοκύτταροι ευκαρυωτικοί μικροοργανισμοί που ταξινομούνται ως μέλη του βασιλείου των μυκήτων και μπορούν να επιβιώσουν σε ένα μεγάλο εύρος ενδιαιτήματος όπως φυτά, ζώα, έδαφος, ατμόσφαιρα (Perricone et al, 2017). Έχουν πολύ μικρές διαστάσεις 4 έως 10 μm και ποικίλουν στην φυσιολογία και στην δομή. Το σχήμα τους μπορεί να είναι στρογγυλό, ωοειδές, ελλειψοειδές, σφαιρικό, κυλινδρικό, επίμηκες, αψιδωτό, οξυκόρυφο και το χρώμα τους κρεμ, λευκό, ροζ, μαύρο, κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο. Αναπαράγονται με εκβλάστηση ή σχάση (Walker, 1998). Ο κύκλος ζωής τους περιλαμβάνει πέντε φάσεις (Briggs et al, 2004):

- Λανθάνουσα φάση

Σε αυτή τη φάση γίνεται η προσαρμογή των κυττάρων στις καινούριες συνθήκες όπου δεν συμβαίνει καμία κυτταροδιαίρεση. Καθυστερεί για μικρό χρόνο η έναρξη του πολλαπλασιασμού τους.

- Φάση επιτάχυνσης

Σε αυτή τη φάση αυτή αρχίζει σιγά – σιγά ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων.

- Λογαριθμική φάση

Σε αυτή τη φάση γίνεται εξ' ολοκλήρου ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων. Η θνησιμότητα είναι μηδενική.

- Φάση στασιμότητας

Σε αυτή τη φάση αυτή δεν παρατηρείται καμία ανάπτυξη των κυττάρων αλλά ούτε και μείωση.

- Φάση μείωσης

Σε αυτή τη φάση αρχίζει να μειώνεται ο πληθυσμός των κυττάρων. Γίνεται αυτόλυση των κυττάρων και ελευθερώνουν τα συστατικά τους.

Η ζύμωση είναι μια φυσική μεταβολική διαδικασία κατά την οποία οι μικροοργανισμοί μετατρέπουν τους υδατάνθρακες είτε σε αλκοόλη είτε σε οξύ (Tarver, 2016). Ειδικότερα η αλκοολική ζύμωση είναι η αναερόβια μετατροπή σακχάρων, κυρίως γλυκόζης και φρουκτόζης, σε αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα. Αυτή η διαδικασία, η οποία πραγματοποιείται από ζυμομύκητες και από ορισμένα βακτήρια μπορεί να συνοψισθεί στην παρακάτω χημική αντίδραση:



3.5.1 Ζύμες μπίρας

Η χαρακτηριστική γεύση και άρωμα οποιασδήποτε μπίρας καθορίζεται, σε μεγάλο βαθμό, από το στέλεχος της μαγιάς που χρησιμοποιείται κι αυτό οφείλεται στους εκατοντάδες δευτερογενείς μεταβολίτες που παράγονται πολλοί εκ των οποίων είναι πτητικοί. Η παραλλαγή σε αυτούς τους μεταβολίτες σε διαφορετικά στελέχη ζύμης είναι αυτό που επιτρέπει στη ζύμη να επηρεάζει τόσο μοναδικά τη γεύση της μπίρας (Dzialo et al, 2017). Οι ζύμες που είναι υπεύθυνες για την αλκοολική ζύμωση της μπίρας ανήκουν στο γένος *Saccharomyces*. Το γένος *Saccharomyces* περιλαμβάνει σύμφωνα με την τελευταία ταξινόμηση η οποία βασίζεται πλέον στα γονοτυπικά και όχι στα φαινοτυπικά χαρακτηριστικά 10 είδη (McCullough et al, 1998). Τα δύο είδη του γένους, *Saccharomyces* που χρησιμοποιούνται είναι το είδος *Saccharomyces cerevisiae* για τις μπίρες τύπου ale και το είδος *Saccharomyces pastorianus* για τις μπίρες τύπου lager. Το είδος *Saccharomyces pastorianus* είναι ένα υβρίδιο μεταξύ των ειδών *Saccharomyces cerevisiae* και *Saccharomyces eubayanus* (Graham, 2016). Υπάρχει ακόμα και η κατηγορία μπίρας lambic η οποία λαμβάνεται από αυθόρμητη ζύμωση γηγενών ζυμών που υπάρχουν στις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται (Iorizzo et al. 2021). Τα τελευταία χρόνια γίνονται μελέτες για την παραγωγή

μπίρας και με non-Saccharomyces ζυμομύκητες σε ερευνητικό επίπεδο ειδικά για τις μπύρες χωρίς αλκοόλ (Bellut and Arendt, 2019). Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του *Saccharomyces cerevisiae* είναι η ικανότητά του να πολλαπλασιάζεται σε περιβάλλοντα πλούσια σε ζάχαρη τόσο σε αερόβιο όσο και σε αναερόβιο περιβάλλον. Υπό αερόβιες συνθήκες, μεταβολίζει τα σάκχαρα σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό, ενώ υπό αναερόβιες συνθήκες παράγει αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα ως αποτέλεσμα της ζύμωσης. Είναι μη παθογόνος και κάτω από βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης, ο *S. cerevisiae* εμφανίζει σύντομους χρόνους διπλασιασμού μεταξύ 90 και 120 min (López-Gómez and Pérez-Rivero, 2019). Η ζύμη *Saccharomyces cerevisiae* έχει περιορισμένη αντιγραφική διάρκεια ζωής, δηλαδή κάθε κύτταρο μέσα σε έναν πληθυσμό είναι ικανό μόνο για έναν πεπερασμένο αριθμό διαιρέσεων πριν από τη γήρανση και τον θάνατο. Ως συνέπεια της γήρανσης, τα κύτταρα ζυμομύκητα υπόκεινται σε μορφολογικές, μεταβολικές και γενετικές τροποποιήσεις (Ginovart et al, 2011). Το όνομα του γένους, *Saccharomyces* μεταφράζεται ως «μύκητας ζάχαρης», που αναφέρεται στον βιότοπο στον οποίο συνήθως βρίσκεται η ζύμη ενώ το όνομα του είδους *cerevisiae* προέρχεται από το λατινικό όνομα για τη μπίρα (Briggs et al., 2004). Το είδος *Saccharomyces cerevisiae* χρησιμοποιείται ως ζύμη που ζυμώνει από την κορυφή (top-fermentation) δηλαδή κατά τη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης τα στελέχη της έχουν την τάση να επιπλέουν για την παρασκευή μπίρας, και να συγκεντρώνονται στην κορυφή του δοχείου σχηματίζοντας αιώρημα (αφροζύμη) ενώ το είδος *Saccharomyces pastorianus* είναι μια ζύμη ζύμωσης βυθού (bottom-fermentation) δηλαδή τα στελέχη της έχουν την τάση να συγκεντρώνονται στον πυθμένα του δοχείου ζύμωσης (βυθοζύμη) (Libkind et al, 2011). Η μπίρα τύπου ale ήταν το πρώτο είδος που δημιουργήθηκε ενώ η ζυθοποιία Lager εμφανίστηκε στη Βαυαρία του 15ου αιώνα και από τα τέλη του 19ου αιώνα έγινε η πιο δημοφιλής τεχνική παραγωγής μπίρας. Οι μπύρες τύπου ale χαρακτηρίζονται από γεμάτη γεύση και φρουτώδες άρωμα. Η τυπική θερμοκρασία ζύμωσης για τις αφροζύμες είναι 18-25°C. Οι μπύρες lager απαιτούν αργές ζυμώσεις σε χαμηλή θερμοκρασία 6-14°C. Οι μπύρες αυτές έχουν διαύγεια, απαλό και κομψό χαρακτήρα ενώ πραγματοποιείται δευτερογενής ζύμωση, ωρίμανση και αποθήκευση (Vidgren et al, 2010). Οι μπύρες lager αντιπροσωπεύουν το 90% της παγκόσμιας παραγωγής (Madsen et al, 2020).

4 Ζυθοποίηση

Η ζυθοποίηση είναι μία από τις παλαιότερες βιοτεχνολογικές διεργασίες η οποία πραγματοποιείται σε τρία στάδια καθένα εκ των οποίων περιλαμβάνει τις εξής διεργασίες (Νεραντζής κ.α , 2014)

- Προζυμωτικό
 - Βυνοποίηση
 - Παραλαβή κριθαριού
 - Διαβροχή
 - Βλάστηση
 - Ξήρανση
 - Παραγωγή ζυθογλεύκους
 - Άλεση
 - Πολτοποίηση
 - Διαχωρισμός του βυνογλεύκους
 - Βρασμός
 - Προσθήκη λυκίσκου
 - Απομάκρυνση ιζήματος
 - Προετοιμασία εμβολίου
 - Ενεργοποίηση της ξηρής βιομάζας
- Ζυμωτικό
 - Εμβολιασμό
 - Ζύμωση
- Μεταζυμωτικό
 - Ωρίμανση
 - Διαχωρισμός στερεών από το ζύθο
 - Παστερίωση
 - Συσκευασία
 - Αξιοποίηση υποπροϊόντων ζύμωσης

4.1 Προζυμωτικό στάδιο

Στο προζυμωτικό στάδιο γίνεται η παραγωγή του ζυθογλεύκους μέσα από τις διεργασίες:

4.1.1 Βυνοποίηση

Η μπίρα δεν παρασκευάζεται από κριθάρι αλλά από βυνοποιημένο κριθάρι. Η παραγωγή ποιοτικής βύνης είναι εξαιρετικά σημαντική για την επίτευξη των επιθυμητών ιδιοτήτων της τελικής μπίρας και η διαδικασία είναι χρονοβόρα και δαπανηρή. Η βυνοποίηση είναι η ελεγχόμενη, τεχνητή και υπό συγκεκριμένες συνθήκες και περιορισμούς, βλάστηση των σπόρων του κριθαριού, που οδηγεί στη βύνη. Με τον όρο βυνοποίηση περιγράφονται όλες οι φυσικές και χημικές αλλαγές που συμβαίνουν όταν γίνεται η μετατροπή του κριθαριού σε βύνη. Αυτές οι αλλαγές περιλαμβάνουν τη δημιουργία ενζύμων, την απλοποίηση φυτικών πρωτεϊνών και φυτικών υδατανθράκων και τη φυσική εξασθένηση της δομής του κυτταρικού τοιχώματος του ενδοσπερμίου του πυρήνα (Punia, 2020). Ένας κοινός κύκλος βύνης αποτελείται από 24 ώρες διαβροχής, ακολουθούμενες από 72 ώρες βλάστησης και 24 ώρες ξήρανσης. Κάθε μία φάση υπό ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, συγκέντρωσης οξυγόνου. (Daneri-Castro et al., 2016). Για την καλύτερη αποτελεσματικότητα της ζυθοποιίας, είναι απαραίτητες οι βύνες με υψηλές τιμές εκχυλίσματος, υψηλές ενζυμικές δραστηριότητες και καλή τροποποίηση. Με τον όρο τροποποίηση είναι η διαδικασία αλλαγής των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων για το φυσικό άμυλο με τη χρήση φυσικών (θερμικών και μη), χημικών ή ενζυματικών μεθόδων (Punia, 2020) Για να παραχθεί βύνη που να πληροί αυτές τις απαιτήσεις, το κριθάρι που χρησιμοποιείται πρέπει να έχει ελάχιστο λήθαργο μετά τη συγκομιδή και να μπορεί να βλαστάνει έντονα. (Woonton et al., 2012). Η βύνη χωρίζεται σε δύο κατηγορίες: τη βύνη βάσης, όπως ονομάζεται το κύριο μέρος της βύνης και τις συμπληρωματικές βύνες. Η βύνη βάσης είναι πλούσια σε ένζυμα, τα οποία μετατρέπουν το άμυλο σε ζυμώσιμα και μη ζυμώσιμα σάκχαρα και σε θρεπτικά για τη ζύμη συστατικά όπως είναι τα αμινοξέα, οι βιταμίνες και τα μέταλλα. Οι συμπληρωματικές βύνες είναι υπεύθυνες για το χρώμα, τη γεύση, και την υφή της μπίρας (Σαμανίδου, 2023). Αυτές οι βύνες έχουν συνήθως υποστεί ειδική βλάστηση και υψηλότερο βαθμό θερμικής επεξεργασίας. Σε πολλές περιπτώσεις υφίστανται επιπλέον ψήσιμο (Shopska et al., 2022)

4.1.1.1 Παραλαβή Κριθαριού

Για την παραλαβή του κριθαριού πρώτα πραγματοποιείται στο χώρο συγκομιδής ένας πρώτος οργανοληπτικός έλεγχος και κατόπιν το κριθάρι μεταφέρεται στο ζυθοποιείο όπου θα πρέπει να υπάρχει μεγάλος χώρος αποθήκευσης επειδή υπάρχει μικρή διάρκεια συγκομιδής (Νεραντζής κ.α, 2014). Κατά την παραλαβή του κριθαριού γίνεται δειγματοληψία από διαφορετικά σημεία και ακολουθεί μακροσκοπική εξέταση όσον αφορά στα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά δηλαδή την οσμή, το χρώμα, την ομοιογένεια και την ποιότητα του κελύφους (Ogdonna, 2013). Ακολουθεί

ζύγιση και ταξινόμηση. Στη συνέχεια γίνεται ο προσδιορισμός της βλαστικής ικανότητας με σκοπό να μειωθούν οι νεκροί ή οι μη φυτρωμένοι καρποί επειδή αποτελούν πηγή ανάπτυξης βακτηρίων. Στο κριθάρι που θα κριθεί κατάλληλο πραγματοποιείται ο καθαρισμός του από ξένες ύλες, με τη βοήθεια απορροφητήρων και ταξινόμηση των σπόρων κατά μέγεθος με τη χρήση παλλόμενων κόσκινων. Κατόπιν το κριθάρι για βυνοποίηση ταξινομείται ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων σε διάφορες κατηγορίες, άνω των 2,5 mm, 2,2 έως 2,5 mm και μικρότερα από 2,2 mm. Οσοι κόκκοι είναι σπασμένοι ή έχουν πλάτος μικρότερο από 2,2 mm αφαιρούνται. Ακολουθεί η αποθήκευση του κριθαριού για 4-8 εβδομάδες σε αεριζόμενα silos (Rani and Bhardwaj, 2021)

4.1.1.2 Διαβροχή

Ο σκοπός της διαβροχής είναι η αύξηση της περιεκτικότητας του κόκκου σε νερό ώστε να ενεργοποιηθεί η ενζυμική δράση στο ενδοσπέρμιο η οποία σχετίζεται με την ποιότητα της βύνης. Υπάρχει άμεση συνάφεια μεταξύ της πρωτεΐνης, του αμύλου, της μορφολογίας του πυρήνα, των χαρακτηριστικών και της σύνθεσης του κυτταρικού τοιχώματος τόσο γενετικών όσο και περιβαλλοντικών παραγόντων (πχ. θερμοκρασία) και της ποσότητας και του ρυθμού πρόσληψης νερού από τον πυρήνα του κριθαριού κατά τις πρώτες ώρες (Cozzolino et al., 2014). Στην αρχή γίνεται εμφύσηση των κόκκων με το νερό να αλλάζει τουλάχιστον μία φορά. Η διαδικασία του εμφύσηματος, δεν είναι συνεχής αλλά εναλλάσσεται με αερισμό των κόκκων ώστε να αποβάλλεται το παραγόμενο CO₂. καθώς δεν είναι επιθυμητές οι αναερόβιες συνθήκες. Καθώς ο κόκκος ενυδατώνεται, διογκώνεται σε 1,3 -1,4 φορές από τον αρχικό του όγκο (Briggs et al, 2004). Κατά τη διάρκεια της διαβροχής καταναλώνονται 200-300 lt νερό για 100kg βύνης (Sinha, 2007). Η πρόσληψη του νερού από τους σπόρους γίνεται σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση η οποία κρατάει 6-12 ώρες, η πρόσληψη του νερού είναι γρήγορη και φυσική λόγω του νερού που είχε προηγουμένως χαθεί κατά την ωρίμανση. Στη δεύτερη φάση η πρόσληψη νερού είναι συνήθως αργή και μπορεί να σταματήσει εντελώς. Στην τρίτη φάση, το νερό απορροφάται με σταθερό γραμμικό ρυθμό και αρχίζει να είναι ορατή η βλάστησης των σπόρων καθώς αναδύονται οι ρίζες (Ogdonna, 2013). Η συνηθισμένη θερμοκρασία του νερού που χρησιμοποιείται κατά τη διαβροχή είναι 14-18 °C μέχρι το ποσοστό υγρασίας των σπόρων να φτάσει το 43-46% (Bamforth, 2006). Ένας παράγοντας που έχει βρεθεί ότι επηρεάζει αρνητικά την ενυδάτωση του κόκκου είναι η περιεκτικότητα σε πολυσακχαρίτες του κυτταρικού τοιχώματος, ιδιαίτερα σε β-γλυκάνες (Daneri-Castro et al., 2016)

4.1.1.3 Βλάστηση

Η βλάστηση του σπόρου ξεκινά με την απορρόφηση του νερού και ολοκληρώνεται με την εμφάνιση ενός εμβρυϊκού ιστού (ριζίδια) που προεξέχει μέσα από τις περιβάλλουσες δομές. Συνήθως η πλειοψηφία των κόκκων κριθαριού θα αρχίσει την βλάστηση πριν από την ολοκλήρωση του σταδίου εμβάπτισης (Daneri-Castro et al., 2016) Τα ριζίδια πρέπει να είναι 1,5 φορά το μέγεθος του κόκκου για τη βύνη Pils ενώ για τη βύνη Μονάχου 2 φορές το μέγεθος του κόκκου (Νεραντζής κ.α., 2014). Για να αρχίσει η βλάστηση θα πρέπει να έχει περάσει το κριθάρι από τη φάση του ληθάργου και έχει αποδειχθεί ότι ο βαθμός λήθαργου των κριθαριών είναι πρωταρχικής σημασίας ως παράγοντας για την ποιότητα βυνοποίησης των κριθαριών (Bishop, 1945)

Μετά τη διαβροχή οι μουλιασμένοι κόκκοι μεταφέρονται σε ειδικά δοχεία. Όλα τα δοχεία έχουν κοινό χαρακτηριστικό τον πυθμένα ο οποίος έχει οπές από τις οποίες οι κόκκοι μπορούν να αερίζονται, να διατηρούν την απαραίτητη θερμοκρασία για εκβλάστηση και τέλος να διευκολύνουν την αποβολή του παραγόμενου CO₂. Μη επαρκής αερισμός, εγκυμονεί υπερθέρμανση των κόκκων, εξαιτίας της αναπνοής τους. Καλό είναι να βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ τους και για το σωστό αερισμό και για να μη μπλεχθούν μεταξύ τους τα ριζίδια που σχηματίζονται (Hertrich, 2013)

Η ιδανική θερμοκρασία για τη βλάστηση είναι 14-18°C. Στη θερμοκρασία αυτή, ενεργοποιούνται και σχηματίζονται ένζυμα που θα διασπάσουν την πρωτεΐνη, το άμυλο και τις ημικυτταρίνες των τοιχωμάτων του κριθαριού με τη μικρότερη δυνατή απώλεια σε αποθησαυριστικές ουσίες του σπόρου. Τα ένζυμα που σχηματίζονται είναι αμυλάσες, πρωτεάσες, γλυκανάσες, πεντοζανάσες, φωσφατάσες κ.ά.. (Ullrich, 2011). Όσο υψηλότερη είναι η υγρασία και η θερμοκρασία που εφαρμόζεται, τόσο χαμηλότερη είναι η περιεκτικότητα σε β-γλυκάνη του μούστου (Smart et al, 2018)

Η ποιότητα της βύνης αξιολογείται με δείκτες που περιλαμβάνουν την ποσότητα β-γλυκάνης, τη δραστηριότητα της α-αμυλάσης, την περιεκτικότητα σε ελεύθερο αμινο άζωτο (FAN) και τη συνολική συγκέντρωση εκχύλισης στην τελική βύνη (Saxton et al, 2024) και όλα αυτά καθαρίζονται από την πρόοδο της βλάστησης που με τη σειρά τους επηρεάζουν την τελική ποιότητα και τη δυνατότητα επεξεργασίας της μπίρας σε διάφορες πτυχές: αίσθηση στο στόμα, σχηματισμός αφρού και θολώματος όπως και την επεξεργασιμότητα και την πρόοδο της ζύμωσης (Steiner et al, 2011). Η περιεκτικότητα της βύνης κριθαριού σε άζωτο συνδέεται με την παραγωγή ενζύμων κατά τη διάρκεια της βυνοποίησης. Τα κριθάρια με χαμηλή περιεκτικότητα σε άζωτο

παράγουν εκχυλίσματα που είναι πλούσια σε υδατάνθρακες ενώ αυτά που είναι πλούσια σε άζωτο παράγουν εκχυλίσματα που είναι πλούσια σε αμινο άζωτο (FAN) (Agu, 2012)

Κατά την βλάστηση των κόκκων του κριθαριού περιληπτικά συμβαίνουν τα ακόλουθα :Με την πρόσληψη του νερού αρχίζει η ανάπτυξη των ενζύμων που απαιτούνται για την τροποποίηση των αποθεμάτων αμύλου σε ζυμώσιμα σάκχαρα και ενεργοποιούνται τα πρωτεολυτικά ένζυμα. Όταν επιτευχθεί η υδρόλυση από τα ένζυμα, ο κόκκος υφίσταται “τροποποίηση” και ως αποτέλεσμα αυτού είναι ένα πιο μαλακό το ενδοσπέρμιο. Τα πιο απλά μόρια, που παράγονται από την υδρόλυση, μεταφέρονται δια μέσου του ασπιδίου (scutellum), στο έμβρυο. Με αυτά τα μόρια το έμβρυο μπορεί να αναπτυχθεί (Hornsey, 2013). Τελικά, το προϊόν της εκβλάστησης ονομάζεται “πράσινη βύνη” και όχι εξαιτίας του χρώματος του αλλά είναι ένας όρος που περιγράφει την κατάσταση του κριθαριού από την έναρξης της βλάστησης έως την έναρξη της ξήρανσης (Hertrich, 2013)

4.1.1.4 Ξήρανση

Το τελευταίο στάδιο της βυνοποίησης, είναι η ξήρανση (kilning). Με το συγκεκριμένο όρο εννοούμε τη ξήρανση των φυτρωμένων κόκκων υπό ελεγχόμενη θερμοκρασία και χρόνο (Ogbonna,2013)

Η ξήρανση γίνεται για τους εξής λόγους (Νεραντζής κ.α, 2014):

- Διακοπή της ανάπτυξης και των ενζυμικών δραστηριοτήτων της πράσινης βύνης με το πέρας της διαδικασίας βλάστησης
- Μείωση του επιπέδου υγρασίας από περίπου 43% σε περίπου 3-5% ώστε η βύνη να μπορεί να αποθηκευτεί και να διατηρηθεί χωρίς αλλοίωση.
- Πήξη πρωτεϊνών που μπορεί να μειώσουν τη διαύγεια της μπίρας
- Απομάκρυνση των ριζιδίων
- Σχηματισμός χρωστικών και αρωματικών ουσιών

Η διάρκεια της ξήρανσης διαρκεί δύο ημέρες και πραγματοποιείται σε ειδικά διαμορφωμένους κλιβάνους. Ανεξάρτητα με το πως είναι διαμορφωμένος κάθε κλίβανος όλοι έχουν κοινά χαρακτηριστικά τα οποία είναι:

- Το μέγεθός τους σε σχέση με την ποσότητα της βύνης (έχουν μεγάλη επιφάνεια)
- Ένας εναλλάκτης θερμότητας που θερμαίνει τον αέρα χωρίς άμεση επαφή με τα προϊόντα της καύσης .
- Ανεμιστήρες για να αντλούν αέρα από την πηγή θέρμανσης (Hertrich, 2013)

Η ξήρανση πραγματοποιείται σε τρία στάδια:

- Στάδιο μααρασμού (Free drying-withering phase)

- Σε χαμηλή θερμοκρασία (50-60°C) ελαττώνεται η επιφανειακή υγρασία των κόκκων και φτάνει στο 12%. Η διαδικασία, μπορεί να διαρκέσει 12 ή 24 ώρες ανάλογα με το είδος κλιβάνου
- Στάδιο πτώσης (Intermediate/falling rate phase)
Υπάρχει σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας (65-75°C) και η τελική υγρασία των κόκκων φτάνει στο 4%. Η αποβολή υγρασίας γίνεται από το εσωτερικό του κόκκου προς την επιφάνειά του και γίνεται με πιο αργούς ρυθμούς
- Στάδιο συντήρησης (Bound water/curing phase)
Είναι το τελευταίο στάδιο στη διαδικασία της ξήρανσης. όπου η βύνη αποκτά τα επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και την απαραίτητη σύσταση για την αποθήκευση. Πραγματοποιείται έντονη αύξηση της θερμοκρασίας (<80°C) για 12 ώρες και στη συνέχεια, ελάττωση της (Rani and Bhardwaj, 2021) .

Εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών σε συνδυασμό με χαμηλά επίπεδα υγρασίας και υπό αλκαλικές (βασικές) συνθήκες που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της ξήρανσης πραγματοποιείται η μη-ενζυμική αντίδραση Maillard, της οποίας τα προϊόντα είναι τα melanoidins. Ο κλίβανος λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας του σε υγρασία προς το τέλος, χειρίζεται από τους βυνοποιούς έτσι ώστε να επιτευχθούν οι διάφοροι συνδυασμοί χρώματος και γεύσης που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή διαφορετικών στυλ μπίρας (Guiné and Correia, 2014).

4.1.2 Παραγωγή ζυθογλεύκους

Μετά τη βυνοποίηση ακολουθεί η παραγωγή του ζυθογλεύκους όπου ακολουθούνται οι ακόλουθες διαδικασίες:

4.1.2.1 Άλεση

Η πρώτη διαδικασία που ακολουθείται είναι η διαδικασία της άλεσης των βυνοποιημένων κόκκων. Είναι μία διαδικασία που πραγματοποιείται μόνο στο ζυθοποιείο και αποτελεί βασική δραστηριότητα της τεχνολογίας ζυθοποιίας. Η άλεση γίνεται με σκοπό να αυξηθεί η ειδική επιφάνεια αυτών και να μπορούν να δράσουν τα ένζυμα και να αυξηθεί ο βαθμός εκχυλισιμότητας των ουσιών που υπάρχουν στο βυνοποιημένο κριθάρι. Κατάλληλα αλεσμένοι κόκκοι επιτρέπουν τις επιθυμητές ενζυμικές αντιδράσεις στην παραγωγή του ζυθογλεύκους (Smejtková et al., 2016). Η βύνη πρώτα κοσκινίζεται για την απομάκρυνση οποιωνδήποτε ξένων υλών. Με την άλεση πρέπει να υπάρξει ένα αποδεκτό εύρος μεγέθους σωματιδίων. Όσο πιο λεπτά είναι τα σωματίδια τόσο πιο γρήγορα ενυδατώνονται κατά το επόμενο στάδιο της πολτοποίησης. Στην πράξη, οι

λεπτότεροι αλεσμένοι κόκκοι αποδίδουν υψηλότερα εκχυλίσματα. Συχνά η άλεση πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η διάσπαση του υλικού του φλοιού, καθώς θα λειτουργήσει αργότερα ως φίλτρο (Briggs et al., 2004). Η άλεση των κόκκων βασίζεται στις θεμελιώδεις αρχές της μηχανικής και πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας μύλους διαφόρων σχεδίων. Οι πιο κοινοί είναι οι κυλινδρικοί θραυστήρες. Μπορεί να χρησιμοποιηθούν μύλοι με δύο, τέσσερις, πέντε ή έξι κυλίνδρους λείανσης (Vaculik et al, 2016). Ο μύλος βύνης με δύο κυλίνδρους βασίζεται στην αρχή της λείανσης του υλικού σε ένα διάκενο άλεσης μεταξύ δύο κυλίνδρων. Το μέγεθος του μέσου όρου του κυλίνδρου επηρεάζει η περιοχή του χώρου λείανσης. Η ένταση σύνθλιψης ρυθμίζεται αλλάζοντας το μέγεθος του κενού. Η απόδοση λείανσης επηρεάζεται από το μήκος των κυλίνδρων και αυτό το μήκος πρέπει να ρυθμιστεί έτσι ώστε οι κύλινδροι να μην είναι πολύ μεγάλοι, καθώς σε τέτοια περίπτωση θα υπόκεινται σε παραμόρφωση (Hromasova et al, 2018).

4.1.2.2 Πολτοποίηση

Το επόμενο στάδιο στην παραγωγή ζυθογλεύκους μετά την άλεση είναι η πολτοποίηση ή εκχύλιση. Κατά τη διαδικασία της πολτοποίησης γίνεται προσθήκη θερμού νερού στο βυνοποιημένο κριθάρι μέσα σε ειδικά διαμορφωμένη δεξαμενή γνωστή ως mash-tun (Nkadimeng, 2022). Συνήθως χρησιμοποιούνται 2-4 hl νερού για κάθε 100kg βύνης (Sinha, 2007). Η βέλτιστη κατανομή μεγέθους κόκκου εξαρτάται από τις ειδικές απαιτήσεις της ζυθοποιίας για την ποιότητα του γλεύκους, την απόδοση του εκχυλίσματος και τις απαιτήσεις όσον αφορά στην απόδοση (McCafferty et al., 2003). Οι στόχοι της πολτοποίησης είναι η διαλυτοποίηση των συστατικών του κόκκου, η διάσπαση της δομής του κυτταρικού τοιχώματος των κόκκων, η εκχύλιση και η υδρόλυση του αμύλου, των σακχάρων και των πρωτεϊνών. Οι κύριες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την πολτοποίηση είναι η αποδόμηση του αμύλου, των β-γλυκανών και των αραβινοξυλανών σε ζυμώσιμους και μη ζυμώσιμους υδατάνθρακες μικρής αλυσίδας (Aroh, 2018). Τα ένζυμα που χρησιμοποιούνται για όλες της αντιδράσεις είναι αυτά που παράγονται κατά τη διάρκεια της βυνοποίησης (Mosher and Trantham, 2021). Η πιο σημαντική αντίδραση στη διαδικασία πολτοποίησης είναι η ενζυματική υδρόλυση του ζελατινοποιημένου αμύλου αφού καθορίζει την παραγόμενη ποσότητα ζυμώσιμων υδατανθράκων άρα και την αλκοολική περιεκτικότητα του τελικού προϊόντος. (Durand et al., 2009). Η θερμοκρασία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο κατά την πολτοποίηση καθώς τα σάκχαρα (ζυμωμένα και μη-ζυμωμένα) που υδρολύονται, επηρεάζονται από τη θερμοκρασία. Χρησιμοποιούνται περιβλήματα ατμού (steam jackets) για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας των δεξαμενών και όλη η διαδικασία της πολτοποίησης

κρατάει περίπου 2 ώρες. (Aroh, 2018). Εκτός από τη θερμοκρασία η αναλογία του νερού επηρεάζει τη μετατροπή του αμύλου. Ειδικότερα σε αναλογίες υγρού προς αλεσμένη βύνη 3:1 ή περισσότερο, η μετατροπή είναι ανεξάρτητη από την ποσότητα του νερού που υπάρχει. Σε αναλογίες υγρού προς αλεσμένη βύνη 2:1 ή χαμηλότερες, η ποσότητα του αμύλου που μετατρέπεται είναι ανάλογη με την ποσότητα του νερού που υπάρχει. Επίσης οι βύνες με χαμηλή περιεκτικότητα σε άζωτο απαιτούν περισσότερο νερό για πλήρη μετατροπή από αυτές με υψηλότερο άζωτο (Muller, 1991).

4.1.2.3 Διαχωρισμός του βυνογλεύκου

Μετά την ολοκλήρωση της πολτοποίησης, ο πολτός που έχει δημιουργηθεί περιέχει διαλυτές και αδιάλυτες ουσίες, το βυνογλεύκος και τα βυνοϋπολείμματα. Τα βυνοϋπολείμματα περιλαμβάνουν τα λέπυρα, το βλαστίδιο, και άλλες ουσίες που δεν έχουν αποικοδομηθεί στο στάδιο της πολτοποίησης (Νεραντζής κ.α, 2014). Αυτό το μίγμα διηθείται και έτσι διαχωρίζεται η υγρή από τη στερεή φάση. Αυτό το βήμα γίνεται στο lauter tun και διαρκεί συνολικά μιάμιση ώρα (Tippmann, 2010). Η στερεή φάση που παραμένει διατίθεται για ζωοτροφή ενώ η υγρή φάση δηλαδή το ζυθογλεύκος μεταφέρεται σε καζάνι (Aroh, 2018)

4.1.2.4 Βρασμός

Αφού ολοκληρωθεί ο διαχωρισμός του βυνογλεύκου από τα βυνοϋπολείμματα, ακολουθεί το στάδιο του βρασμού. Το ζυθογλεύκος μεταφέρεται σε δεξαμενές βρασμού όπου θα αρχίσει η διαδικασία του βρασμού ακριβής θερμοκρασία και η διάρκεια βρασμού είναι ξεχωριστά για κάθε συνταγή και είδος μπίρας και διαφέρει ανάλογα με το σύστημα βρασμού που χρησιμοποιείται (Briggs et al., 2004). Κάποια από τα συστήματα βρασμού που χρησιμοποιούνται είναι δοχεία βρασμού με εσωτερικό ή εξωτερικό βραστήρα, ανοιχτά δοχεία βρασμού με διπλό πυθμένα, δοχεία με συμπίεση και επαναχρησιμοποίηση υδρατμών και συστήματα βρασμού υψηλής θερμοκρασίας (Νεραντζής κ.α., 2014). Η θερμοκρασία που χρησιμοποιείται είναι μεγαλύτερη από τους 98° C και η διάρκεια του βρασμού κυμαίνεται από 30=90 min (Sinha, 2007)

Οι στόχοι του βρασμού ανεξάρτητα από τον τύπο της μπίρας είναι (Bamforth, 2017) :

- Αποστείρωση του γλεύκου
- Εξάτμιση του νερού και αύξηση σε σάκχαρα
- Καταστροφή και αδρανοποίηση ενζύμων.
- Κατακρήμνιση των πρωτεϊνών

4.1.2.5 Προσθήκη λυκίσκου

Κατά τη διάρκεια του βρασμού προστίθεται ο λυκίσκος. Προστίθεται μια φορά στην αρχή του βρασμού για να προσδώσει πικράδα και μια φορά στο τέλος του βρασμού για να προσδώσει το χαρακτηριστικό άρωμα.(Aroh,2018) Ανάλογα με το χρόνο προσθήκης του λυκίσκου όσο και την ποικιλία που χρησιμοποιείται επηρεάζεται η ποιότητα της πικράδας. (Oladokun et al, 2017)

4.1.2.6 Απομάκρυνση ιζήματος

Με την ολοκλήρωση του βρασμού εμφανίζεται το φαινόμενο της καθίζησης πρωτεϊνών και πολυφαινόλων με τη μορφή του λεγόμενου hot trub ή hot break. Από 5 έως 30 λεπτά μετά το βρασμό, εμφανίζονται φωτεινά αιωρούμενα κροκιδώσεις με μέγεθος από 30 έως 500 μm (Stachnik et al.,2021) Τα πιο χονδροειδή σωματίδια που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια του βρασμού του ζυθογλεύκους προέρχονται από σφαιρίδια λυκίσκου, ενώ η προσθήκη διαλυτών εκχυλισμάτων λυκίσκου δημιουργεί μικρότερα συσσωματώματα (Kühbeck et al, 2007) Το θερμό ίζημα πρέπει να απομακρύνεται για να διατηρηθεί η δομή και η θερμοκρασία του ζυθογλεύκους η οποία έχει επίδραση στο στάδιο του διαχωρισμού. Οι μέθοδοι απομάκρυνσης του θερμού ιζήματος είναι (Νεραντζής κ.α, 2014)

- Φυσική καθίζηση
- Φυγοκέντρωση (φυγόκεντρος ή Dekanter ή Whirlpool)
- Φιλτράρισμα (Νεραντζής κ.α,2014)

Αφού ολοκληρωθεί η απομάκρυνση του θερμού ιζήματος,(hot trub) το ζυθογλεύκος ψύχεται και γίνεται προσθήκη αέρα. Μέσω της ψύξης επιτυγχάνεται (Hornsey, 2013):

- Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του ζυθογλεύκους
- Ο κορεσμός του ζυθογλεύκους με οξυγόνο με προσθήκη αέρα
- Η απομάκρυνση του ψυχρού ιζήματος (cold trub)

Η απομάκρυνση του ψυχρού ιζήματος γίνεται με τη μέθοδο της επίπλευσης (Hough et al.,1999). Τα σωματίδια στο ψυχρό ίζημα είναι σαφώς μικρότερα από αυτά που βρίσκονται στο θερμό ίζημα. Η διάμετρος τους είναι 05-1 μm και έτσι επικάθονται στις φυσαλίδες του αέρα (Preedy, 2009). Η σύσταση του ψυχρού ιζήματος είναι 30% πρωτεΐνες, 15-25% πολυφαινόλες και 20-30 % υδατάνθρακες (Briggs et al, 2004). Ο κύριος λόγος για την αφαίρεση του ψυχρού ιζήματος είναι ότι τα αιωρούμενα στερεά μπορούν να οδηγήσουν σε δυσμενείς επιπτώσεις στη σταθερότητα του αφρού και της γεύσης και να αποφευχθεί η θολότητα στα μπουκάλια στην αγορά όταν η μπίρα κρυώνει μέχρι τους 0°C (Riverol and Cooney, 2003). Η ψύξη γίνεται μέσω εναλλάκτη θερμότητας και η διάρκεια της είναι 1 ώρα (Aroh, 2018).

4.2 Ζυμωτικό στάδιο

Είναι το στάδιο στο οποίο το έτοιμο ζυθογλεύκος θα υποστεί με τη βοήθεια των ζυμομυκήτων τις βιοχημικές διεργασίες της ζύμωσης

4.2.1 Εμβολιασμός

Η αναλογία του εμβολίου της ζύμης που θα προστεθεί στο ζυθογλεύκος επηρεάζει τη διαδικασία της ζύμωσης επεμβαίνοντας στις βιοχημικές διεργασίες. Ειδικότερα έχει επίδραση στη κινητική και στο βαθμό της ζύμωσης, στο σχηματισμό της ακεταλδεϋδης και άλλων πτητικών ουσιών και γενικά στην αναλογία προϊόντων του πρωτογενούς και του δευτερογενούς μεταβολισμού. Η αύξηση του εμβολίου έχει ως αποτέλεσμα σημαντικά μικρότερες αυξήσεις στη βιομάζα κι αυτό επειδή υπάρχει μειωμένη διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών και οξυγόνου (Kucharczyk and Tuszyński, 2015). Η ζύμη χρειάζεται σωστή διαχείριση και αποθήκευση προκειμένου να διατηρηθεί η μαγιά σε καλή κατάσταση να είναι δηλαδή βιώσιμη και να έχει ζωτικότητα. Εάν δεν υπάρχουν κατάλληλες συνθήκες η αρχική ποιότητα της μπίρας, η μακροπρόθεσμη σταθερότητα και η καταλληλότητα για κατανάλωση θα τεθούν σε κίνδυνο. Το κατάλληλο στέλεχος παραγωγής πρέπει να διατηρείται σε αποδεκτές συνθήκες συλλογής και στη συνέχεια να αναζωογονείται και να πολλαπλασιάζεται αερόβια (Stewart, 2015). Η μαγιά μετά τον εμβολιασμό δεν απορρίπτεται αλλά διατηρείται και επαναχρησιμοποιείται πολλές φορές σε μια διαδικασία που ονομάζεται «serial repitching» (Ginovart et al, 2011). Ο αριθμός των φορών που ένας πληθυσμός ζυμομύκητα μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από έναν συνδυασμό περιορισμών ποιότητας του προϊόντος και την πολιτική της εταιρείας, ωστόσο δεν είναι σπάνιο μια καλλιέργεια ζύμης να επαναχρησιμοποιείται 7-20 φορές και περιστασιακά περισσότερο (Powell et al., 2003). Μετά την καλλιέργεια της μαγιάς, και μετά τη ζύμωση του ζυθογλεύκους, η καλλιέργεια της ζύμης πρέπει να φυλάσσεται παγωμένη (4–8 °C) σε μπίρα (4%–6% αλκοόλη κατ' όγκο), με ήπια ανάδευση. Εάν δεν χρησιμοποιηθούν οι σωστές συνθήκες αποθήκευσης, το ενδοκυτταρικό γλυκογόνο θα εξαντληθεί και η ζωτικότητα της καλλιέργειας θα υποφέρει με αρνητικό αντίκτυπο στις ζυμώσεις που θα ακολουθήσουν (Stewart, 2015). Έχει παρατηρηθεί μείωση του μέσου όγκου κυττάρων έως και 19% για τη μαγιά για τις μπίρες τύπου ale και έως και 7% για τη μαγιά για τις μπίρες τύπου lager κατά τη διάρκεια παρατεταμένης αποθήκευσης στους 4°C για 2 εβδομάδες (Cahill et al., 2018). Μια ιδανική μαγιά ζυθοποιίας θα πρέπει να εμφανίζει σταθερά χαρακτηριστικά κροκίδωσης κατά τη διάρκεια διαδοχικών κύκλων ζύμωσης, καλλιέργειας, αποθήκευσης και επαναρίψης (Vidgren and Londesborough, 2012). Ο προτεινόμενος αριθμός ζωντανών

κυττάρων/ml ζυθογλεύκους είναι 6×10^6 ζωντανά κύτταρα/ml ζυθογλεύκους για μπίρες με βαρύτητα 9°P , από $(10-15) \times 10^6$ έως $(15-20) \times 10^6$ ζωντανά κύτταρα/ml ζυθογλεύκους για μπίρες με βαρύτητα 12°P και 25×10^6 ζωντανά κύτταρα/ml ζυθογλεύκους για μπίρες με βαρύτητα 18°P (Sinha, 2007). Καλό είναι να αποφεύγονται τα ζυθογλεύκη με πολύ υψηλή βαρύτητα επειδή η μαγιά θα παράγει δυσανάλογες ποσότητες εστέρων (Bamfort, 2017)

Η κλίμακα βαρύτητας Plato είναι μια μέτρηση της συγκέντρωσης των διαλυμένων στερεών σε ένα ζυθοποιείο. Οι βαθμοί Plato ($^{\circ}\text{P}$) χρησιμοποιούνται για τον ποσοτικό προσδιορισμό της συγκέντρωσης του εκχυλίσματος (κυρίως σακχάρων που προέρχονται από τη βύνη, αλλά και άλλων διαλυτών υλικών στο ζυθογλεύκος) ως ποσοστό κατά βάρος. Ένα ζυθογλεύκος που έχει βαρύτητα 10°P θα περιέχει 10 g εκχυλίσματος ανά 100 g ζυθογλεύκους. Ο λόγος που η μέτρηση της βαρύτητας του ζυθογλεύκους είναι σημαντική για τους ζυθοποιούς είναι επειδή αποτελεί ένδειξη του πιθανού αλκοολικού τίτλου της μπίρας. (Plato gravity scale, 2013).

Μετά την προσθήκη του εμβολίου και πριν το ζυθογλεύκος οδηγηθεί στο θάλαμο ζύμωσης γίνεται προσθήκη οξυγόνου με έγχυση αέρα για να αρχίσει η αναπαραγωγή των ζυμών. Η ποσότητα του αέρα που προστίθεται είναι αναλογική με τα λίτρα του ζυθογλεύκους και είναι περίπου 8mg/l ζυθογλεύκους (Νεραντζής κ.α., 2014)

4.2.2 Ζύμωση

Το ζυθογλεύκος οδηγείται στο θάλαμο ζύμωσης όπου η μαγιά ζυθοποιίας αρχίζει την αφομοίωση των ζυμώσιμων σακχάρων, αμινοξέων, μετάλλων και άλλων θρεπτικών συστατικών. Στην αναερόβια φάση ο ζυμομύκητας παράγει από τα σάκχαρα αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα. Επιπλέον, αυτή η ζύμωση υδατανθράκων δημιουργεί ένα αποτύπωμα πτητικών μεταβολιτών σε σχετικά χαμηλά επίπεδα, όπως αλδεΐδες, κετόνες, ανώτερες αλκοόλες, οργανικά οξέα και εστέρες, που ονομάζονται «παραπροϊόντα ζύμωσης» (Alves et al, 2020). Μια τυπική ζύμωση διαρκεί περίπου μία εβδομάδα, με αποτέλεσμα να παραχθεί η αποκαλούμενη «πράσινη μπίρα» ή «νεαρή μπίρα», η οποία δεν είναι ακόμα πόσιμη, καθώς ένας αριθμός ενώσεων που προκαλούν κακή γεύση και οσμή σχηματίζεται κατά τη ζύμωση (Keukeleire, 2000). Στην πράσινη μπίρα λόγω των ανώτερων αλκοολών και αλδεϋδών κυριαρχεί μία οσμή ζύμης (Kucharczyk and Tuszyński, 2016). Όλα αυτά τα παραπροϊόντα μπορούν να μειωθούν από τα λίγα εναπομείναντα κύτταρα ζύμης κατά τη διάρκεια μιας περιόδου δευτερογενούς ζύμωσης. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, το οξυγόνο αποκλείεται εντελώς και η θερμοκρασία διατηρείται περίπου στους 0°C ή χαμηλότερη (Alves et al, 2020). Η ποσότητα του ζυθογλεύκους που έχει υποστεί ζύμωση καθορίζει την εξασθένηση των σακχάρων που υπήρχαν αρχικά και είναι η κύρια παράμετρος που δείχνει την

πορεία της ζύμωσης (Rai and Bridge, 2009). Η ακριβής διάρκεια της ζύμωσης εξαρτάται από το αρχικό ζυθογλεύκος, τη θερμοκρασία ζύμωσης και τη φυσιολογία της μαγιάς. Πρωταρχικής σημασίας είναι η ικανότητα της μαγιάς να διαχωρίζεται από την μπίρα στον απαιτούμενο χρόνο, να χρησιμοποιεί τα σάκχαρα γρήγορα και αποτελεσματικά και να παράγει ένα προϊόν με υψηλή απόδοση αιθανόλης και σωστή ισορροπία γευστικών ενώσεων (Powell et al., 2003). Εξαιρετικά σημαντική είναι η συνεπής παραγωγή υποπροϊόντων ζύμωσης από παρτίδα σε παρτίδα και γι αυτό το λόγο πρέπει να αξιοποιούνται στο έπακρο οι βιοχημικές και γενετικές ιδιότητες των ζυμών ζυθοποιίας (He et al., 2014)

4.3 Μεταζυμωτικό στάδιο

4.3.1 Ωρίμανση

Η ωρίμανση ακολουθεί το στάδιο της ζύμωσης. Απαιτείται μια περίοδος ωρίμανσης αρκετών εβδομάδων στους 0°C περίπου, κατά την οποία τα ανεπιθύμητα συστατικά αποσυντίθενται αργά. (Keukeleire, 2000). Η ωρίμανση πραγματοποιείται συνήθως σε χαμηλά επίπεδα θερμοκρασίες προκειμένου να ευνοηθεί η καθίζηση κροκιδωμένης ζύμης, πρωτεϊνών και φαινολικών σύμπλοκων και να επέλθει μικροβιολογική και φυσικοχημική σταθεροποίηση της μπίρας. Η διάρκεια της περιόδου που απαιτείται για την ωρίμανση σχετίζεται επίσης άμεσα με το είδος της μπίρας (Maia, 2018). Οι χαμηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με χαμηλό pH και υψηλή περιεκτικότητα σε αλκοόλ συμβάλουν επίσης στη μικροβιολογική προστασία (Browning, 2014). Κατά την ωρίμανση εξαντλείται περαιτέρω το υπολειμματικό εκχύλισμα σχηματίζοντας CO₂ που βοηθάει στο σχηματισμό επιθυμητών αρωματικών ενώσεων, και στην αύξηση της γευστικής σταθερότητας της μπίρας. Η κύρια παράμετρος που καθορίζει το πέρας της ωρίμανσης είναι η απομάκρυνση του διακετυλίου (Baxter and Hughes, 2001). Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν διάφορα μέσα που βοηθούν τόσο στη σταθεροποίηση του χρώματος όπως και του αρώματος. Τέτοια είναι χρώμα καραμέλας και διάφορα είδη λυκίσκου (Νεραντζής κ.α, 2014)

4.3.2 Διαχωρισμός στερεών από το ζύθο

Μετά την ωρίμανση η μπίρα έχει αποκτήσει τις επιθυμητές οργανοληπτικές ιδιότητες που αφορούν στη γεύση και στην όσφρηση όχι όμως στην όραση εφόσον είναι θολή. Η θολότητα προκαλείται από σωματίδια που μπορούν να χωριστούν σε τρεις ομάδες (Devolli et al., 2017)

- Σωματίδια >1 μm (π.χ. ζυμομύκητες, πηγμένες πρωτεΐνες και μικροοργανισμοί) τα οποία δημιουργούν μια μακροσκοπική ορατή θολότητα.

- Κολλοειδή σωματίδια $<1 \mu\text{m}$, που αποτελούνται από πρωτεΐνη, σύμπλοκα τανινών, ταννίνες ή κόμμεα (π.χ. ρητίνες β-γλυκανικού λυκίσκου) και τα οποία είναι μόνοορατά μέσω του διαθλασμένου φωτός.
- Σωματίδια $<0,001 \mu\text{m}$, τα οποία δεν είναι ορατά και είναι ακόμη σε διάλυμα.

Για να καταστεί η μπίρα διαυγής διηθείται. Ακόμα ένας λόγος που γίνεται η διήθηση είναι για να υπάρξει σταθεροποίηση με την απεμπλοκή πιθανών διαμορφωτών θολότητας το οποίο βοηθάει στη διατήρηση της μπίρας, μακροπρόθεσμα έτσι ώστε να μην υπάρχουν ορατές αλλαγές και η μπίρα να διατηρεί την αρχική της εμφάνιση (Alves et al, 2020). Εκτός από τη βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών επιτυγχάνεται η αύξηση του χρόνου ζωής στο τελικό προϊόν (Bamforth, 2006). Στη μπίρα υπάρχουν δύο είδη θολώματος το ψυχρό και το μόνιμο θόλωμα. Το ψυχρό θόλωμα, υπό την επίδραση της θερμότητας, του οξυγόνου, του φωτός, της παρουσίας βαρέων μετάλλων και του pH με την πάροδο του χρόνου μετατρέπεται σε μόνιμο θόλωμα. Για να αποφευχθεί η συγκεκριμένη μετατροπή απαιτείται η απομάκρυνση εν μέρει ή εντελώς των κύριων συστατικών που είναι υπεύθυνα για το σχηματισμό τους (τα πρωτεϊνικά και τα φαινολικά) ή η αποφυγή παραγόντων που τον ευνοούν (Νεραντζής κ.α, 2014). Το πιο κοινό φίλτρο που χρησιμοποιείται στις ζυθοποιίες είναι το kieselguhr ή η γη διατόμων (Freeman, 2006). Κατά τη διαδικασία της διήθησης ο βαθμός του μεγέθους των σωματιδίων και το πορώδες του χρησιμοποιούμενου βοηθήματος φίλτρου επηρεάζουν τον ρυθμό ροής (Devolli et al., 2017).

4.3.3 Παστερίωση

Στην αγορά κυκλοφορούν μπίρες αφιλτράριστες και απαστερίωτες. Οι υπόλοιπες μπίρες υφίστανται την διαδικασία της παστερίωσης η οποία γίνεται για την επιμήκυνση του χρόνου διατήρησης της μπίρας. Γίνεται με σκοπό την αδρανοποίηση ανεπιθύμητων μικροοργανισμών αλλοίωσης που επέζησαν από την ζύμωση και μπορούν να προάγουν ανεπιθύμητες χημικές αντιδράσεις. Επειδή υπάρχουν στη μπίρα διοξείδιο του άνθρακα, αλκοόλ και λυκίσκος, που είναι και τα τρία φυσικά αντιμικροβιακά, μια ήπια θερμική παστερίωση είναι αποτελεσματική για τη σταθεροποίησή της και για να διασφαλιστεί ότι δεν θα υπάρξει κανένα πρόβλημα με παθογόνους μικροοργανισμούς (Milani and Silva, 2022). Η θερμική επεξεργασία γίνεται είτε με ταχεία παστερίωση, όπου η μπίρα αρχικά παστεριώνεται και στη συνέχεια συσκευάζεται άσηπτα συνήθως σε μεταλλικά βαρέλια είτε με παστερίωση σε τούνελ, στην οποία η μπίρα πρώτα γεμίζεται σε αποστειρωμένα γυάλινα μπουκάλια και μετά παστεριώνεται μέσω μιας σήραγγας παστερίωσης (Buzrul, 2007)1 Υπάρχει η μονάδα παστερίωσης (PU).1 PU ορίζεται ως έκθεση του προϊόντος στους 60°C για 1 λεπτό. Γενικά στη γραμμή παραγωγής, ο αριθμός των PU που θεωρείται επαρκής

βρίσκεται στην περιοχή 15–30 PU (Dilay et al, 2006). Ο συνδυασμός χρόνου-θερμοκρασίας για την παστερίωση της μπίρας έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ποιότητα του προϊόντος. Η θερμική επεξεργασία επηρεάζει τα χαρακτηριστικά της μπίρας ως προς τη γεύση, το χρώμα, την πικράδα και την θολερότητα. Η υψηλότερη θερμοκρασία παστερίωσης για μικρότερο χρόνο ευνοεί την ποιότητα της μπίρας (Bhuvaneswari and Anandharamakrishnan, 2014)

4.3.4 Συσκευασία

Η σωστή συσκευασία είναι απαραίτητη για τη διατήρηση υψηλής ποιότητας και σταθερής γεύσης μπίρας. Η μπίρα αποθηκεύεται κυρίως σε βαρέλια, γυάλινα μπουκάλια, δοχεία αλουμινίου και μπουκάλια PET κάτι που καθορίζεται από τις προτιμήσεις των καταναλωτών. Οι ευρωπαϊκές χώρες, χρησιμοποιούν κυρίως γυάλινες φιάλες, ενώ οι καταναλωτές στις ΗΠΑ προτιμούν τη χρήση δοχείων αλουμινίου (Paternoster et al, 2017). Όλα τα υλικά συσκευασίας που χρησιμοποιούνται είναι ανακυκλώσιμα και μερικά επαναχρησιμοποιήσιμα. Οι όγκοι συσκευασίας ποικίλλουν από 0,25l-1,0l για τις περισσότερες μορφές συσκευασίας (Donoghue et al., 2012). Το υλικό συσκευασίας της μπίρας είναι εξαιρετικά σημαντικό. Αλληλεπιδράσεις με οξυγόνο, διάφορες χημικές ουσίες (απορρυπαντικά, οξέα, βαρέα μέταλλα) και μικροβιακές προσμείξεις μπορούν να αποσταθεροποιήσουν τα πτητικά της μπίρας. Η ισορροπία ανάμεσα στις αρωματικές ενώσεις δεν είναι η ίδια για τη φρεσκοσυσκευασμένη μπίρα και αυτή που έχει αποθηκευτεί για ορισμένο χρονικό διάστημα (Gagula et al, 2020). Στα γυάλινα μπουκάλια σημαντικό ρόλο παίζουν τα μεταλλικά πώματα που χρησιμοποιούνται. Έχουν ένα κατάλληλο παρέμβυσμα στεγανοποίησης για αποτελεσματική σφράγιση το οποίο αποτρέπει τη διαρροή αερίου. Το CO₂ συμβάλλει στα αισθητικά αποτελέσματα, τον αφρό μπίρας, στην αίσθηση στο στόμα και στη σταθερότητα της μπίρας στο ράφι (Turan and Poulis, 2020).

4.4 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μπίρας

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της μπίρας είναι το χρώμα, η γεύση, το άρωμα, η θολότητα και ο αφρός

4.4.1 Χρώμα μπίρας

Το χρώμα της μπίρας είναι το πρώτο χαρακτηριστικό που παρατηρεί ο καταναλωτής. Η εμφάνιση της μπίρας επηρεάζει την αντίληψη της γεύσης της (Smythe et al., 2012). Το σημαντικότερο συστατικό από τα τέσσερα που παράγεται η μπίρα (νερό, βύνη κριθαριού, λυκίσκος και μαγιά) που προσδίδει το χαρακτηριστικό της χρώμα είναι η βύνη κριθαριού. Το χρώμα χαρακτηρίζεται από

διάφορες διαβαθμίσεις ως ελαφρό ξανθό, χρυσίζον, χαλκούχο, κόκκινο, καστανόμαυρο ή κεχριμπαρένιο. Τα υπόλοιπα συστατικά της μπίρας δεν επηρεάζουν το χρώμα εκτός από κάποιες εξαιρέσεις που επηρεάζεται ελαφρά από κατάλοιπα της μαγιάς. Το χρώμα της μπίρας προέρχεται κυρίως από τα προϊόντα αντίδρασης Maillard που σχηματίζονται κατά τη βυνοποίηση. Κατά την παραμονή του βυνοποιημένου κριθαριού στον κλίβανο δημιουργεί τη μεγαλύτερη επίδραση στο χρώμα της μπίρας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το χρώμα της μπίρας τροποποιείται μετά τη ζύμωση χρησιμοποιώντας χρώμα καραμέλας ή καβουρδισμένα εκχυλίσματα βύνης (Shellhammer and Bamforth, 2008). Υπάρχουν δύο τυπικές μέθοδοι αποδεκτές για τον προσδιορισμό του χρώματος της μπίρας η μία σχετίζεται με την Ευρωπαϊκή Σύμβαση Ζυθοποιίας (EBC) και η άλλη είναι η Πρότυπη Μέθοδος Αναφοράς (SRM). Αμφότερες βασίζονται στην απορρόφηση, αλλά στην περίπτωση των ολόενα και πιο δημοφιλών μπιρών με φρούτα, αυτές οι μέθοδοι δίνουν ψευδώς αποτελέσματα καθώς τα προϊόντα αυτά εμφανίζονται σε διάφορα χρώματα και έχουν διαφορετικά φάσματα από τις κανονικές μπίρες. Σε πολλές περιπτώσεις δε μπορούν να διαφοροποιήσουν τα προϊόντα που έχουν σχεδόν το ίδιο χρώμα (Koren et al, 2020).

4.4.2 Γεύση και άρωμα

Το τελικό άρωμα και γεύση της μπίρας, προέρχονται από ένα σύνολο γευστικά ενεργών ενώσεων, οι οποίες παράγονται σε κάθε στάδιο της ζυθοποίησης. Το πτητικό κλάσμα μπορεί να αποτελείται από περισσότερες από 800 διαφορετικές ενώσεις αλλά μόνο αρκετές δεκάδες από αυτές συμμετέχουν άμεσα στην αίσθηση της γεύσης. Οι κύριες γευστικές δραστικές ενώσεις προέρχονται από τέσσερις ομάδες (Olaniran et al, 2017):

- Συστατικά όπως το κριθάρι και ο λυκίσκος,
- Υποπροϊόντα του μεταβολισμού της ζύμης,
- Μικροοργανισμοί μόλυνσης και
- Σταθερότητα των γευστικών ενώσεων

Όσον αφορά στο στέλεχος της μαγιάς που χρησιμοποιείται σημαντικό ρόλο στην απόδοση της ζύμωσης και περαιτέρω στην αίσθηση της γεύσης παίζουν οι ιδιότητες του όπως η κροκίδωση, η ικανότητα ζύμωσης του ζυθογλεύκους (συμπεριλαμβανομένης της πρόσληψης σακχάρων, αμινοξέων και πεπτιδίων), η ανοχή στην αιθανόλη και στην οσμωτική πίεση μαζί με τις απαιτήσεις σε οξυγόνο και τέλος η διαχείριση της ζύμης μεταξύ των ζυμώσεων (Stewart, 2016). Ειδικότερα για το άρωμα της μπίρας επηρεάζεται αρνητικά από ομάδες πτητικών που προκαλούνται από μόλυνση από μικροοργανισμούς. Το άρωμα από τη λιναλόλη του λυκίσκου εξαρτάται από τον χρόνο έκθεσης του σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι αλδεΐδες είναι υπεύθυνες για τις χλωώδεις νότες

στο άρωμα της μπίρας ενώ οι εστέρες είναι υπεύθυνοι για το φρουτώδες/διαλυτικό άρωμα της.. Οι εστερικές ενώσεις είναι το αποτέλεσμα μιας αντίδρασης μεταξύ υψηλότερων αλκοολών και οργανικών οξέων. Τέλος το άρωμα κρασιού που συναντάται στις παλαιωμένες μπίρες είναι αποτέλεσμα της εστεροποίησης του μεθυλβουτυρικού οξέος (Košir and Ocvirk, 2019). Στις μπίρες υπάρχει διοξείδιο που άνθρακα (CO₂) που κατά την απελευθέρωση του δημιουργείται μια αίσθηση μυρμηγκιάσματος στη γλώσσα και διεγείρει την παραγωγή σάλιου. Όσο αυτό συνεχίζει να απελευθερώνεται στο στόμα τόσο επηρεάζει τη γεύση και δίνει την αίσθηση του ελαφρώς ξινού (Schmelzle, 2009). Όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της μπίρας επηρεάζονται με την πάροδο του χρόνου. Η ακατάλληλη αποθήκευση κάτω από ηλιακό φως, οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, η μεταφορά και τέλος το σερβίρισμα της μπίρας επηρεάζει αρνητικά τις χαρακτηριστικές της οργανοληπτικές ιδιότητες. (Habschied et al., 2022)

4.4.3 Θολότητα της μπίρας

Ο σχηματισμός θολότητας είναι ένα σημαντικό πρόβλημα στην παραγωγή μπίρας, καθώς επηρεάζει την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Πολλά από τα συστατικά της μπίρας όπως πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, (α-γλυκάνες, β-γλυκάνες) πολυφαινόλες, λιπαρά οξέα, νουκλεϊκά οξέα, αμινοξέα κλπ μπορούν να κατακρημνιστούν και να σχηματιστεί θολότητα. Επιπλέον, ανόργανα σωματίδια όπως βοηθήματα φίλτρου και υπολείμματα ετικετών μπορεί να προκαλέσουν αυξημένη θολότητα (Steiner et al., 2010).

Με βάση το μέγεθος των σωματιδίων, η θολότητα συχνά χωρίζεται σε τέσσερις ομάδες (Olšovská et al., 2021):

- Μεγάλα μεμονωμένα σωματίδια που προκύπτουν από την πήξη μικρότερων σωματιδίων ή μετά την κατάψυξη και απόψυξη της μπίρας
- Ιζήματα που σχηματίζονται από διακριτά σωματίδια διαφορετικών μεγεθών που καθιζάνουν στον πυθμένα του μπουκαλιού και σχηματίζονται μετά από παστερίωση ή κατά τη μεταφορά
- Κοινή θολότητα η οποία αυξάνεται κατά την αποθήκευση της μπίρας, τα περισσότερα από αυτά είναι πρωτεϊνικής προέλευσης και ενίοτε πολυσακχαρίτης, με μέγεθος σωματιδίων 1–3 (έως 10) μm.
- Αόρατη ομίχλη/ψευδοθολότητα η οποία υποδηλώνει την ύπαρξη μικροσκοπικών σωματιδίων μικρότερων ή μόλις 0,1 μm. Η ομίχλη είναι αόρατη στο μάτι αλλά μετρήσιμη στις 90° αφού αυτά τα σωματίδια προκαλούν σημαντική σκέδαση φωτός.

4.4.4 Αφρός της μπίρας

Η παρουσία και η παραμονή ενός στρώματος αφρού στη μπίρα κατά το σερβίρισμα και την κατανάλωση θεωρούνται ιδιαίτερα επιθυμητά χαρακτηριστικά του καταναλωτή και στη μετέπειτα αξιολόγηση της ποιότητας της μπίρας. Οι αφροί μπορούν να οριστούν ως κολλοειδείς διασπορές αερίου σε μια συνεχή υγρή φάση σε κλάσματα υψηλού όγκου αερίου. Η δημιουργία αφρού έχει ως αποτέλεσμα μεγάλη αύξηση της επιφάνειας και απαιτεί εισροή ενέργειας στο σύστημα για να ξεπεραστεί η δύναμη εξουδετέρωσης της επιφανειακής τάσης του υγρού (Dale et al., 1999). Η ποιότητα του αφρού της μπίρας χαρακτηρίζεται από τη σταθερότητα, την πρόσφυση στο γυαλί και την υφή του, τα οποία καθορίζονται εγγενώς από την ποιότητα των πρώτων υλών κριθαριού και λυκίσκου που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μπίρας. Ακόμη σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι διαδικασίες παραγωγής μπίρας, η προσθήκη ανακουφιστικών αφρού, η συσκευασία και ο τρόπος διανομής (Evans and Sheeman, 2012). Τα αυξημένα επίπεδα βασικών πρωτεϊνών βύνης συμπεριλαμβανομένης της πρωτεΐνης Z4, της πρωτεΐνης μεταφοράς λιπιδίων 1 (LTP1) και ορισμένα μέλη της οικογένειας πρωτεϊνών αποθήκευσης ορδεΐνης, που αλληλεπιδρούν κυρίως με οξέα λυκίσκου γενικά επηρεάζουν θετικά την ποιότητα του αφρού συμβάλλοντας στην σταθεροποίηση του ενώ η συμπερίληψη υπερβολικών επιπέδων λιπιδίων ενώ αντίθετα η τροποποίηση πρωτεΐνης, η αιθανόλη, το υψηλότερο pH και το επίπεδο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) μειώνουν την σταθερότητα και γενικότερα την ποιότητα του αφρού (Evans et al, 2002). Η κύρια κινητήρια δύναμη για την αστάθεια του αφρού είναι η κατάρρευση φυσαλίδων η οποία προκαλείται από τη διέλευση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από μικρότερες σε μεγαλύτερες φυσαλίδες (Bamforth, 2022).

4.5 Είδη μπίρας

Οι μπίρες χωρίζονται σε κατηγορίες με διάφορα κριτήρια όπως είναι η μαγιά που χρησιμοποιείται (βυθοζύμες, αφροζύμες ή άγριες), από την περιεκτικότητά τους σε αλκοόλ, από το δημητριακό που χρησιμοποιήθηκε, από τα πρόσθετα κλπ. Για τις μπίρες που ακολουθούν το νόμο περί καθαρότητας (κριθάρι, βύνη, νερό, λυκίσκος) ο κύριος διαχωρισμός τους είναι ανάλογα με τη ζύμη που χρησιμοποιήθηκε και οι κύριες κατηγορίες είναι οι ale και lager.

Η διαφορά ανάμεσα στα είδη μπίρας ale και lager φαίνεται στον παρακάτω πίνακα;

Πίνακας 10 Διαφορές ανάμεσα στις μπίρες ale και lager

Χαρακτηριστικά	ale	lager
Ζύμωση	Αφροζύμες	Βυθοζύμες
Ωρίμανση	Λίγες ημέρες	1-3 μήνες
Διαύγεια	Λιγότερο διαυγής	Καθαρότερη
Χρώμα	Σκουρόχρωμη	Ανοιχτόχρωμη
CO ₂	Λιγότερο	Περισσότερο
Υγρασία	Περισσότερη	Πιο ξηρή
Περιεχόμενος λυκίσκος	Περισσότερος	Λιγότερος
Περιεχόμενη βύνη	Λιγότερη	Περισσότερη
Σώμα	Πιο γεμάτο	Ελαφρύτερο
Αλκοολικός βαθμός	Μεγαλύτερος	Μικρότερος

Πηγή: Οι κατηγορίες της μπίρας

5 Μελέτη περίπτωσης. Μελέτη αστοχίας σε μικροζυθοποιία

Η Μελέτη Αστοχίας έγινε στη μικροζυθοποιία ΣΚΝΙΠΑ

5.1 Μικροζυθοποιία

Ο όρος “Μικροζυθοποιία” προήλθε από την Αμερική και χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια ζυθοποιία που παράγει λιγότερο από 15.000 βαρέλια (1 βαρέλι=117,3L) ετησίως. Γενικότερα σήμερα ως μικροζυθοποιία εννοείται κάθε μικρή μονάδα που μπορεί να παράξει μπίρα με ξεχωριστή ή ιδιαίτερη γεύση, φτιαγμένη με φρέσκα υλικά υψηλής ποιότητας και παραδοσιακές μεθόδους. Για αυτές τις μονάδες χρησιμοποιείται και ο όρος "craft brewery" (Williams, 1998)

5.1.1 Μικροζυθοποιία ΣΚΝΙΠΑ

Η συγκεκριμένη μικροζυθοποιία ιδρύθηκε το 2010, εδρεύει στη Θέρμη Θεσσαλονίκης στο 17^ο χιλιόμετρο της επαρχιακής οδού Θεσσαλονίκης-Πολυγύρου σε μία έκταση 400 m². Η ιστοσελίδα της μικροζυθοποιίας είναι η <https://www.sknipa.beer>.

Παράγει δώδεκα είδη μπίρας χρησιμοποιώντας και βυθοζύμες και αφροζύμες. Η διαφορά της στα στάδια παραγωγής από τις μεγάλες ζυθοποιίες είναι ότι παραλείπεται το στάδιο της βυνοποίησης και προμηθεύονται τη βύνη έτοιμη, κάτι που είναι τακτική των μικρών ζυθοποιείων.

Τα στάδια δηλαδή είναι:

- Προζυμωτικό

Παραγωγή ζυθογλεύκους

- Άλεση
- Πολτοποίηση
- Διαχωρισμός του βυνογλεύκους
- Βρασμός
- Προσθήκη λυκίσκου
- Απομάκρυνση ιζήματος
- Προετοιμασία εμβολίου
- Ζυμωτικό
 - Εμβολιασμό
 - Ζύμωση
- Μεταζυμωτικό
 - Ωρίμανση
 - Διαχωρισμός στερεών από το ζύθο

- Συσκευασία
- Αξιοποίηση υποπροϊόντων ζύμωσης

Περίληπτικά τα στάδια που ακολουθούνται στη μικροζυθοποιία ΣΚΝΙΠΑ και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται περιγράφονται παρακάτω:

- Προανάμειξη
Η αλεσμένη βύνη κατά τη διαδικασία είσοδου της στο δοχείο εκχύλισης-πολτοποίησης (mashtun), αναμειγνύεται με ζεστό νερό ζυθοποίησης σε ένα ειδικό προαναμεικτήρα, ο οποίος επιτρέπει την ομοιογενή διαβροχή και πολτοποίηση της.
- Εκχύλιση-Πολτοποίηση
Ανάλογα με τον βαθμό τροποποίησης της βύνης και το είδος της μπίρας που παράγεται, η θερμοκρασία του πολτού της βύνης ανεβαίνει σταδιακά, με σκοπό την ενεργοποίηση συγκεκριμένων ενζύμων, προκειμένου να επιτευχθεί η αποικοδόμηση υδατανθράκων και πεπτιδίων σε μορφές σακχάρων και πρωτεϊνών.
- Φιλτράρισμα ζυθογλεύκους

Μετά την ολοκλήρωση της εκχύλισης και την μεταφορά των συστατικών της βύνης στο ζυθογλεύκος, ακολουθεί ο διαχωρισμός του, ο οποίος πραγματοποιείται στο δοχείο του φιλτραρίσματος (lauter tun) στη συνέχεια μεταφέρεται στο βραστήρα (wort kettle).

- Βρασμός Ζυθογλεύκους -Προσθήκη λυκίσκου

Ο βρασμός του ζυθογλεύκους διασφαλίζει την αποστείρωση του και κατά συνέπεια αποτρέπει την μεταφορά επιμολύνσεων από τη βύνη. Κατά την διάρκεια του βρασμού γίνεται η προσθήκη του λυκίσκου (πρώτα προστίθεται ο λυκίσκος για την πικράδα της μπίρας και στη συνέχεια ο λυκίσκος για τα αρώματα της μπίρας). Μετά την ολοκλήρωση του βρασμού, το αποστειρωμένο ζυθογλεύκος φυγοκεντρείται σε ένα δοχείο με ειδικό γεωμετρικό σχήμα (Whirlpool). Κατόπιν το διαυγές ζυθογλεύκος, η θερμοκρασία του οποίου πλησιάζει τους 100° C, ψύχεται στους 12 -16° C, με τη χρήση ενός πλακοειδούς εναλλάκτη, και οδηγείται στις δεξαμενές ζύμωσης.

- Αλκοολική ζύμωση

Στη δεξαμενή ζύμωσης προστίθεται η ζύμη (μαγιά), στο ψυγμένο ζυθογλεύκος, προκειμένου να αρχίσει η αλκοολική ζύμωση. Όταν ολοκληρωθεί η αλκοολική ζύμωση και τα σάκχαρα έχουν σχεδόν πλήρως μεταβολιστεί, ο ρυθμός της αλκοολικής ζύμωσης επιβραδύνεται και οι ζυμομύκητες καταβυθίζονται στον πυθμένα της δεξαμενής. Σε αυτή τη φάση η θερμοκρασία της

μπίρας μειώνεται και προσεγγίζει τους 0°C , προκειμένου να πραγματοποιηθεί η καταβύθιση των ζυμών.

- Τυποποίηση

Κατά την τυποποίηση πραγματοποιείται η μεταφορά της μπίρας από τις δεξαμενές φύλαξης σε φιάλες ή βαρέλια και ακολουθεί η διανομή στην αγορά.

Ακολουθεί η Μελέτη Αστοχίας για κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Εφόσον στη μικροζυθοποιία δεν υπάρχει η δυνατότητα συλλογής δεδομένων αυτόματα ή με κάποιον άλλο τρόπο όλα τα δεδομένα προέκυψαν από επανειλημμένες επισκέψεις στο χώρο της μικροζυθοποιίας κατά την περίοδο της άνοιξης του 2024 και με συζητήσεις με τους ιδιοκτήτες

Πίνακας 11 Πίνακας αστοχιών για την παραλαβή της βύνης και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ Α	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ Α	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
Παραλαβή βύνης	Έντομα- ψείρες	Υποβαθμισμέ νο προϊόν Κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία	8	Κακή ποιότητα παρτίδας	4	Δειγματοληπτικός οπτικός έλεγχος Αξιολόγηση προμηθευτών	3	96	Συστάσεις στον προμηθευτή	8	1	3	24
	Ψευδή χαρακτη- ριστικά	Μικρότερη απόδοση	7	Κακή ποιότητα παρτίδας	2	Ανάλυση σε εξωτερικό εργαστήριο Αξιολόγηση προμηθευτών	5	60	Αλλαγή προμηθευτή	6	2	1	12
	Ξένα Σώματα	Υποβάθμιση του τελικού προϊόντος & πιθανή πρόκληση βλάβης στα τύμπανα κατά την άλεση	7	Κακή ποιότητα παρτίδας	3	Δειγματοληπτικός οπτικός έλεγχος Αξιολόγηση προμηθευτών	5	105	Συστάσεις στον προμηθευτή	7	2	4	56

Πίνακας 12 Πίνακας αστοχιών για την αποθήκευση των πρώτων υλών και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ Α	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ Α	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙ Σ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
Αποθήκευση πρώτων υλών	Αποθήκευση βύνης	Μουχλιασμέ- νη βύνη	Δημιουργία μυκοτοξινών Κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία	9	Αποθήκευση σε υγρό μέρος	5	Δειγματοληπτικ ός οπτικός έλεγχος	3	135	Αποθήκευση σε στεγνό μέρος και σε παλέτα πάνω από το έδαφος	9	2	2	36
		Προσβολή από τρωκτικά και έντομα	Επιμόλυνση βύνης Κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία	9	Απουσία μυοκτονίας- απεντόμωσης	5	Οπτικός	2	90	Τακτική μυοκτονία- απεντόμωση	9	1	1	9

		Προσβολή από πτηνά	Επιμόλυνση βύνης Κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία	9	Απουσία σήτας	4	Οπτικός	2	72	Τοποθέτηση σήτας	9	1	1	9
	Αποθήκευση λυκίσκου	Υγρασία στο λυκίσκο	Απώλεια α-οξέων και οξείδωση ελαίων	7	Αποθήκευση σε υγρό και ζεστό μέρος	5	Οργανοληπτικός	3	105	Αποθήκευση σε αεροστεγή δοχεία σε ψυγείο	7	1	2	14
		Οξείδωση λυκίσκου από φως	Απώλεια α-οξέων και οξείδωση ελαίων	7	Αποθήκευση σε μέρος που το βλέπει ο ήλιος	5	Οργανοληπτικός	3	105	Αποθήκευση σε αεροστεγή δοχεία σε ψυγείο	7	1	1	7
		Έκθεση του λυκίσκου σε υψηλή θερμοκρασία	Απώλεια α-οξέων και οξείδωση ελαίων	7	Αποθήκευση σε μέρος που το βλέπει ο ήλιος	5	Οργανοληπτικός	3	105	Αποθήκευση σε αεροστεγή δοχεία σε ψυγείο	7	1	2	14

	Αποθήκευση μαγιάς	Υγρασία στη μαγιά	Απώλεια βιωσιμότητας	7	Αποθήκευση σε υγρό και ζεστό μέρος	4	Οργανοληπτικός	3	84	Αποθήκευση σε αεροστεγή δοχεία σε ψυγείο	7	2	2	28
		Επιμόλυνση μαγιάς	Δυσάρεστες γεύσεις και θολότητα στη μπίρα	7	Αποθήκευση σε υγρό και ζεστό μέρος	4	Οργανοληπτικός	4	112	Αποθήκευση σε αεροστεγή δοχεία σε ψυγείο	7	2	3	42

Πίνακας 13 Πίνακας αστοχιών για την άλεση της βύνης και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙ Σ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
Άλεση βύνης	Μεταλλικά αντικείμενα στη βύνη	Καταστροφή τυμπάνων	7	Προϋπάρχοντα αντικείμενα στα σακιά	3	Δειγματοληπτι κός οπτικός έλεγχος	5	105	Τοποθέτηση μαγνητών πριν από τα τύμπανα	7	3	1	21

	Υπερβολική άλεση	Βούλωμα σήτας κατά το φιλτράρισμα	7	Πολύ σφικτά τύμπανα	5	Οπτικός	2	70	Προληπτική συντήρηση & Ρύθμιση τυμπάνων	7	2	1	14
	Ελάχιστη άλεση	Μείωση ζυμώσιμης ύλης	7	Πολύ χαλαρά τύμπανα	5	Οπτικός	2	70	Προληπτική συντήρηση & Ρύθμιση τυμπάνων	7	2	1	14

Πίνακας 14 Πίνακας αστοχιών για την πολτοποίηση και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
Πολτοποίηση	Η θερμοκρασία του νερού είναι χαμηλότερη της ιδανικής	Μείωση επιπέδου εκχυλίσματος Μη σωστή σακχαροποίηση	7	Λάθος επιλογή προγράμματος	4	Παρακολούθησ η της θερμοκρασίας	3	84	Ανάρτηση σαφών οδηγιών στον πίνακα ελέγχου	7	2	2	28

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
	Η θερμοκρασία του νερού είναι υψηλότερη της ιδανικής	Αύξηση του pH Μη σωστή σακχαροποίηση	7	Λάθος επιλογή προγράμματος	3	Παρακολούθηση της θερμοκρασίας	3	63	Ανάρτηση σαφών οδηγιών στον πίνακα ελέγχου	7	2	2	28
	Αυξομείωση θερμοκρασίας	Μη σωστή σακχαροποίηση	7	Αλλαγές στην τάση του ρεύματος	3	Παρακολούθηση της θερμοκρασίας	3	63	Σταθεροποιητής τάσης	7	2	2	28
	Μικρότερη διάρκεια πολτοποίησης από την προβλεπόμενη	Μη σωστή σακχαροποίηση	7	Λάθος επιλογή προγράμματος	3	Μέτρηση χρόνου	3	63	Ανάρτηση σαφών οδηγιών στον πίνακα ελέγχου	7	2	2	28
	Μεγαλύτερη ποσότητα νερού από την προβλεπόμενη	Αραιότερο εκχύλισμα	7	Λάθος εκτίμηση όγκου νερού	4	Μέτρηση όγκου νερού	3	84	Ανάρτηση σαφών οδηγιών στον πίνακα ελέγχου	7	2	2	28

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
	Μικρότερη ποσότητα νερού από την προβλεπόμενη	Σβώλοι κατά την πολτοποίηση. πολτοποίηση Μείωση εκχυλίσματος	7	Λάθος εκτίμηση όγκου νερού	4	Μέτρηση όγκου νερού	3	84	Ανάρτηση σαφών οδηγιών στον πίνακα ελέγχου	7	2	2	28
	Μικρότερη ποσότητα βύνης από την προβλεπόμενη	Αραιός πολτός	7	Λάθος υπολογισμός βύνης	4	Μέτρηση βύνης	3	84	Ανάρτηση σαφών οδηγιών στον πίνακα ελέγχου	7	2	2	28
	Μεγαλύτερη ποσότητα βύνης από την προβλεπόμενη	Σβώλοι κατά την πολτοποίηση. Μείωση εκχυλίσματος	7	Λάθος υπολογισμός βύνης	4	Μέτρηση βύνης	3	84	Ανάρτηση σαφών οδηγιών στον πίνακα ελέγχου	7	2	2	28
	Η ποιότητα νερού του δικτύου δεν τηρεί τις προδιαγραφές	Υψηλότερο pH & Πρόβλημα στη σακχαροποίηση	7	Πρόβλημα στο δίκτυο	5	Έλεγχος του νερού	2	70	Ρύθμιση pH με γαλακτικό οξύ	7	2	1	14

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
	Αποκλίσεις στη μέτρηση σακχάρων	Μη σωστή αντίληψη του επιπέδου σακχαροποίησης	7	Μη βαθμονομημένο σακχαρόμετρο	5	Μετρήσεις με 3 διαφορετικά σακχαρόμετρα	2	70	Βαθμονόμηση σακχαρομέτρων	7	1	1	7
	Αποκλίσεις στη μέτρηση pH	Πρόβλημα στη σακχαροποίηση	7	Μη βαθμονομημένο πεχάμετρο	5	Μετρήσεις με 3 διαφορετικά πεχάμετρα	2	70	Βαθμονόμηση πεχαμέτρων	7	1	1	7

Πίνακας 15 Πίνακας αστοχιών για το φιλτράρισμα και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
------------	----------------	-----------------------------	-----	-----------------------	-----	----------------	-----	-----	---------------------	-----	-----	-----	-----

Φιλτράρισμα	Η θερμοκρασία του νερού διαβροχής είναι χαμηλότερη από την ενδεδειγμένη	Κλείνουν οι εγκοπές της σήτας	7	Λάθος επιλογή προγράμματος	4	Έλεγχος θερμοστάτη	2	56	Ανάρτηση σαφών οδηγιών στον πίνακα ελέγχου	7	2	1	14
	Σύντομη περίοδος ψεκασμού νερού	Μείωση του επιπέδου του εκχυλίσματος	7	Λάθος επιλογή προγράμματος	2	Μέτρηση χρόνου	2	28	Ανάρτηση σαφών οδηγιών στον πίνακα ελέγχου	7	2	1	14
	Ταχεία απορροή	Μείωση του επιπέδου του εκχυλίσματος	7	Πρόβλημα στα μαχαίρια περιστροφής	3	Οπτικός	2	42	Προληπτική συντήρηση	7	2	1	14

Πίνακας 16 Πίνακας αστοχιών για το βρασμό και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
Βρασμός	Η σειρά προσθήκης λυκίσκου δεν είναι η σωστή	Μεγαλύτερη πικράδα	9	Λάθος σειρά τοποθέτησης του λυκίσκου	5	Έλεγχος είδους λυκίσκου	4	180	Τοποθέτηση λυκίσκου σε σωστή σειρά χρήσης και σαφείς οδηγίες χρήσης	9	3	3	81
	Η ποσότητα λυκίσκου που προστίθεται δεν είναι η σωστή	Αλλαγή στη γεύση και στο άρωμα	9	Λάθος ζύγιση	4	Ζύγιση πριν τη χρήση	4	144	Τοποθέτηση δοσομετρητή	9	3	2	81
	Χαμηλότερη θερμοκρασία βρασμού	Αλλαγή στη γεύση και στο άρωμα	8	Λάθος επιλογή προγράμματος	3	Παρακολούθηση της θερμοκρασίας	3	72	Ανάρτηση σαφών οδηγιών στον πίνακα ελέγχου	8	2	2	32
	Υψηλότερη θερμοκρασία βρασμού	Αλλαγή στη γεύση και στο άρωμα	8	Λάθος επιλογή προγράμματος	3	Παρακολούθηση της θερμοκρασίας	3	72	Ανάρτηση σαφών οδηγιών στον πίνακα ελέγχου	8	2	2	32

	Μειωμένη διάρκεια βρασμού	Χαμηλότερα επίπεδα α-οξέων	8	Λάθος επιλογή προγράμματος	3	Παρακολούθηση του χρόνου βρασμού	3	72	Ανάρτηση σαφών οδηγιών στον πίνακα ελέγχου	8	2	2	32
	Μεγαλύτερη διάρκεια βρασμού	Αλλαγές στο χρώμα του ζυθογλεύκου & Μείωση του αρώματος	8	Λάθος επιλογή προγράμματος	3	Παρακολούθηση του χρόνου βρασμού	3	72	Ανάρτηση σαφών οδηγιών στον πίνακα ελέγχου	8	2	2	32

Πίνακας 17 Πίνακας αστοχιών για τη φυγοκέντρωση και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
Φυγοκέντρωση	Αργή ταχύτητα περιστροφής	Δεν αποχωρίζεται το θερμό ίζημα	7	Μηχανικό πρόβλημα	4	Οπτικός	2	28	Προληπτική συντήρηση	7	2	1	14
	Μικρότερος χρόνος περιστροφής	Δεν αποχωρίζεται το θερμό ίζημα	7	Μηχανικό πρόβλημα	4	Οπτικός	2	28	Προληπτική συντήρηση	7	2	1	14

Πίνακας 18 Πίνακας αστοχιών για την ψύξη και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
Ψύξη	Πρόβλημα στον εναλλάκτη ψύξης	Ανεπαρκής ψύξη του ζυθογλεύλου	8	Κακή συντήρηση Διάβρωση	2	Οπτικός	2	32	Προληπτική συντήρηση	8	1	1	8
	Γρήγορη ροή του ζυθογλεύκου	Ανεπαρκής ψύξη του ζυθογλεύλου	8	Μεγαλύτερη ποσότητα αέρα	3	Οπτικός	2	48	Προληπτική συντήρηση	8	1	1	8

Πίνακας 19 Πίνακας αστοχιών για την προετοιμασία της μαγιάς και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
------------	----------------	-----------------------------	-----	-----------------------	-----	----------------	-----	-----	---------------------	-----	-----	-----	-----

Προετοιμασία μαγιάς	Μικρότερη ποσότητα μαγιάς από την ιδανική	Μη ολοκληρωμένη ζύμωση	8	Πρόβλημα στη ζυγαριά	3	Ζύγιση μαγιάς με βαθμονομημένη ζυγαριά	2	48	Βαθμονόμηση ζυγαριάς	8	1	1	8
	Μεγαλύτερη ποσότητα μαγιάς από την ιδανική	Παραγωγή ανεπιθύμητων ενώσεων	8	Πρόβλημα στη ζυγαριά	3	Ζύγιση μαγιάς με βαθμονομημένη ζυγαριά	2	48	Βαθμονόμηση ζυγαριάς	8	1	1	8
	Μαγιά με λίγα ζωντανά κύτταρα	Μη ολοκληρωμένη ζύμωση	8	Μπαγιάτικη μαγιά	4	Έλεγχος της ημερομηνίας παραγωγής	3	96	Προσαρμογή ποσότητας	8	2	2	32
	Χρόνος ενυδάτωσης	Μη σωστή ενυδάτωση & Μη ολοκληρωμένη ζύμωση	8	Μη μέτρηση χρόνου	4	Μέτρηση χρόνου	3	96	Χρήση χρονομέτρου	8	1	1	8
	Θερμοκρασία ενυδάτωσης	Μη σωστή ενυδάτωση & Μη ολοκληρωμένη ζύμωση	8	Πρόβλημα στο θερμόμετρο	4	Μέτρηση θερμοκρασίας με βαθμονομημένο θερμόμετρο	4	128	Βαθμονόμηση θερμομέτρου	8	1	1	8

	Μεγαλύτερη ποσότητα γλεύκους για την ενυδάτωση της μαγιάς	Μη σωστή ενυδάτωση	8	Μη μέτρηση ποσότητας γλεύκους	4	Ογκομέτρηση γλεύκους	3	96	Χρήση ογκομετρικού κυλίνδρου	8	1	1	8
	Μικρότερη ποσότητα γλεύκους για την ενυδάτωση της μαγιάς	Μη σωστή ενυδάτωση	8	Μη μέτρηση ποσότητας γλεύκους	4	Ογκομέτρηση γλεύκους	3	96	Χρήση ογκομετρικού κυλίνδρου	8	1	1	8

Πίνακας 20 Πίνακας αστοχιών για τη ζύμωση και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
------------	----------------	-----------------------------	-----	-----------------------	-----	----------------	-----	-----	---------------------	-----	-----	-----	-----

Ζύμωση	Μόλυνση από τον αέρα κατά την προσθήκη της μαγιάς	Επιμόλυνση του τελικού προϊόντος	8	Ανοικτό το καπάκι για αρκετή ώρα & Μη σωστές συνθήκες υγιεινής στο χώρο	4	Μικροβιολογικός	3	96	Σωστή υγιεινή χώρου	8	2	2	32
	Διακοπή στην οξυγόνωση	Μη αποδοτική ζύμωση	8	Η φιάλη οξυγόνου έχει λίγη ποσότητα	5	Έλεγχος ένδειξης φιάλης	2	80	Ζύγισμα φιάλης οξυγόνου & Προσθήκη πιεσόμετρου	8	1	1	8
	Μόλυνση από την κάνουλα	Επιμόλυνση του τελικού προϊόντος	8	Βρώμικη κάνουλα	5	Οπτικός	2	80	Επιμελής καθαρισμός κάνουλας	8	2	1	16

	Χαμηλή θερμοκρασία ζύμωσης	Μη αποδοτική ζύμωση	9	Χαλασμένος θερμοστάτης	5	Μέτρηση θερμοκρασίας	3	135	Προληπτική συντήρηση & Ύπαρξη εφεδρικού θερμοστάτη	8	2	1	16
	Σύντομη περίοδος ζύμωσης	Μη αποδοτική ζύμωση	8	Λάθος μέτρηση χρόνου	5	Χρήση χρονομέτρου	2	80	Τήρηση χρόνου ζύμωσης	8	1	1	8
	Μακρά περίοδος ζύμωσης	Παραγωγή δυσάρεστων γεύσεων και οσμών	9	Λάθος μέτρηση χρόνου	5	Χρήση χρονομέτρου	2	90	Τήρηση χρόνου ζύμωσης	9	1	1	9

Πίνακας 21 Πίνακας αστοχιών για την ωρίμανση και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
Ωρίμανση	Μικρή διάρκεια ωρίμανσης	Αλλαγή στη γεύση της μπίρας	8	Λάθος μέτρηση χρόνου	4	Χρήση χρονομέτρου	2	64	Τήρηση χρόνου ωρίμανσης για κάθε είδος μπίρας	8	2	1	16
	Αυξημένη θερμοκρασία ωρίμανσης	Αύξηση ιζήματος και αλλοίωση γεύσης	8	Χαλασμένος θερμοστάτης	4	Μέτρηση θερμοκρασίας	2	64	Προληπτική συντήρηση & Έπαρξη εφεδρικού θερμοστάτη	8	1	1	8

Πίνακας 22 Πίνακας αστοχιών για την απομάκρυνση του ψυχρού ιζήματος και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
Απομάκρυνση ψυχρού ιζήματος	Παραμονή ψυχρού ιζήματος	Θολότητα Αλλαγή στη γεύση της μπίρας	7	Πρόβλημα στην αντλία	3	Οπτικός	2	42	Προληπτική συντήρηση	7	1	1	7

Πίνακας 23 Πίνακας αστοχιών για την εμφιάλωση και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
Εμφιάλωση	Σπασμένα μπουκάλια	Ανεπιτυχές πωμάτισμα & Καταστροφή τελικού προϊόντος	8	Λάθος μεταφορά	5	Οπτικός	2	80	Απομάκρυνση σπασμένων μπουκαλιών	8	2	1	16
	Μολυσμένα μπουκάλια	Επιμόλυνση του τελικού προϊόντος	7	Αποθήκευση σε μολυσμένο περιβάλλον & Μη σωστό πλύσιμο μπουκαλιών	5	Μικροβιολογικός	3	105	Σωστή αποθήκευση & Σωστό πλύσιμο	7	3	2	42
	Λάθος ετικετοποίηση	Λάθος αναγραφή προϊόντος	6	Λάθος επιλογή ετικέτας	5	Οπτικός	2	60	Τοποθέτηση των ετικετών σε σειρά χρήσης	6	2	1	12

	Μη συμβατά καπάκια	Ανεπιτυχές πωμάτισμα	8	Λάθος επιλογή καπακιών	4	Οπτικός	2	64	Έλεγχος παραγγελίας	8	1	1	8
--	-----------------------	-------------------------	---	---------------------------	---	---------	---	----	------------------------	---	---	---	---

Πίνακας 24 Πίνακας αστοχιών για την αποθήκευση και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
Αποθήκευση	Αποθήκευση σε υψηλές θερμοκρασίες	Αλλοίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικώ ν της μπίρας	8	Αύξηση θερμοκρασίας χώρου Βλάβη κλιματισμού	5	Θερμόμετρα και ειδικά καταγραφικά θερμοκρασίας	3	120	Έλεγχος θερμοκρασίας χώρου αποθήκευσης ανά τακτά χρονικά διαστήματα & Προληπτική συντήρηση	8	1	2	16
	Αποθήκευση σε χώρο που το βλέπει ο ήλιος	Αλλοίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικώ ν της μπίρας	8	Λάθος χώρος αποθήκευσης	4	Οπτικός	1	32	Τοποθέτηση σκιάστρων	8	1	1	8

	Ρίξιμο παλέτας	Καταστροφή προϊόντος	8	Ατύχημα	4	Οπτικός	1	32	Αποθήκευση σε ασφαλές μέρος	8	1	1	8
--	----------------	----------------------	---	---------	---	---------	---	----	-----------------------------	---	---	---	---

Πίνακας 25 Πίνακας αστοχιών για το πλύσιμο του εξοπλισμού και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
Πλύσιμο εξοπλισμού	Η αναλογία των καθαριστικών δεν είναι σωστή	Μη σωστό πλύσιμο Επιμόλυνση προϊόντος	8	Μη τήρηση προδιαγραφών καθαρισμού	3	Οπτικός	3	72	Σωστή μέτρηση	8	2	2	32
	Επαναχρησιμοποίηση πολλών φορές των ίδιων καθαριστικών	Μη σωστό πλύσιμο Επιμόλυνση προϊόντος	8	Μη τήρηση προδιαγραφών καθαρισμού	3	Οπτικός	3	72	Αλλαγή των καθαριστικών	8	2	2	32

Πίνακας 26 Πίνακας αστοχιών για τη διανομή και διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΣΤΟΧΙΑ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙ Σ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(S)	ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	(O)	ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	(D)	RPN	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	(S)	(O)	(D)	RPN
ΔΙΑΝΟΜΗ	Μεταφορά σε υπερβολική ζέστη	Αλλαγή στη γεύση της μπίρας	7	Καιρικές συνθήκες	3	Μέτρηση θερμοκρασίας	1	21	Μεταφορά κατά τις απογευματινές ώρες	7	1	1	7
	Σπάσιμο μπουκαλιών	Καταστροφή προϊόντος	9	Ατύχημα	2	Οπτικός	1	18	Προσεκτική μεταφορά	9	1	1	9

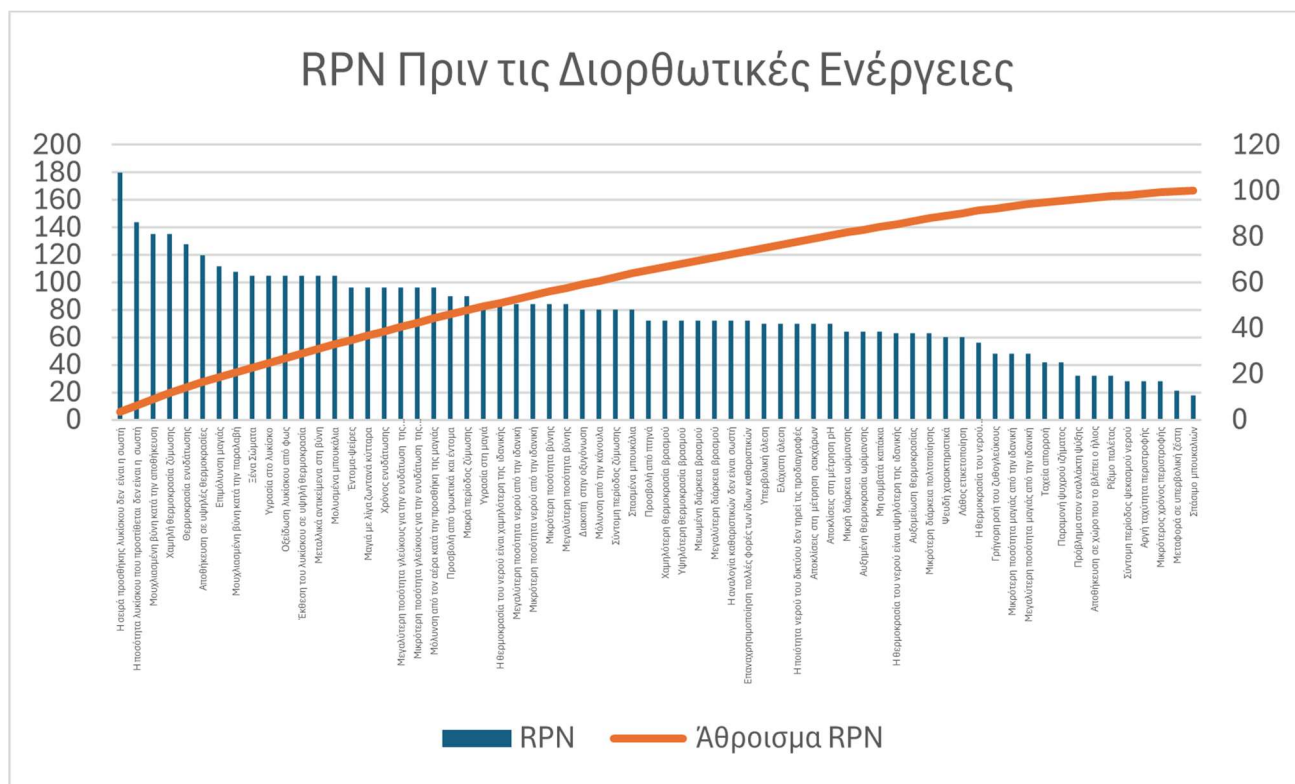
Στη συνέχεια, μετά την ολοκλήρωση των πινάκων με τις πιθανές αποτυχίες σε κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας και τις διορθωτικές ενέργειες που πρέπει να ακολουθηθούν φτιάχνουμε δύο καινούργιους συγκεντρωτικούς πίνακες όπου παραθέτουμε όλες τις πιθανές αστοχίες με βάση το RPN κατά φθίνουσα σειρά πριν τις διορθωτικές ενέργειες. Ο δεύτερος πίνακας περιέχει όλες τις πιθανές αστοχίες με βάση το RPN κατά φθίνουσα σειρά μετά τις διορθωτικές ενέργειες.

Πίνακας 27 Πίνακας όλων των αστοχιών με βάση το RPN πριν τις διορθωτικές ενέργειες

Αστοχία	RPN		Αθροισμα RPN
Η σειρά προσθήκης λυκίσκου δεν είναι η σωστή	180	3,51	3,51
Η ποσότητα λυκίσκου που προστίθεται δεν είναι η σωστή	144	2,81	6,32
Μουχλιασμένη βύνη κατά την αποθήκευση	135	2,63	8,95
Χαμηλή θερμοκρασία ζύμωσης	135	2,63	11,58
Θερμοκρασία ενυδάτωσης	128	2,50	14,07
Αποθήκευση σε υψηλές θερμοκρασίες	120	2,34	16,41
Επιμόλυνση μαγιάς	112	2,18	18,60
Μουχλιασμένη βύνη κατά την παραλαβή	108	2,11	20,70
Ξένα Σώματα	105	2,05	22,75
Υγρασία στο λυκίσκο	105	2,05	24,80
Οξείδωση λυκίσκου από φως	105	2,05	26,84
Έκθεση του λυκίσκου σε υψηλή θερμοκρασία	105	2,05	28,89
Μεταλλικά αντικείμενα στη βύνη	105	2,05	30,94
Μολυσμένα μπουκάλια	105	2,05	32,98
Έντομα-ψείρες	96	1,87	34,85
Μαγιά με λίγα ζωντανά κύτταρα	96	1,87	36,73
Χρόνος ενυδάτωσης	96	1,87	38,60
Μεγαλύτερη ποσότητα γλεύκους για την ενυδάτωση της μαγιάς	96	1,87	40,47
Μικρότερη ποσότητα γλεύκους για την ενυδάτωση της μαγιάς	96	1,87	42,34
Μόλυνση από τον αέρα κατά την προσθήκη της μαγιάς	96	1,87	44,21
Προσβολή από τρωκτικά και έντομα	90	1,75	45,96

Μακρά περίοδος ζύμωσης	90	1,75	47,72
Υγρασία στη μαγιά	84	1,64	49,36
Η θερμοκρασία του νερού είναι χαμηλότερη της ιδανικής	84	1,64	50,99
Μεγαλύτερη ποσότητα νερού από την ιδανική	84	1,64	52,63
Μικρότερη ποσότητα νερού από την ιδανική	84	1,64	54,27
Μικρότερη ποσότητα βύνης	84	1,64	55,91
Μεγαλύτερη ποσότητα βύνης	84	1,64	57,54
Διακοπή στην οξυγόνωση	80	1,56	59,10
Μόλυνση από την κάνουλα	80	1,56	60,66
Σύντομη περίοδος ζύμωσης	80	1,56	62,22
Σπασμένα μπουκάλια	80	1,56	63,78
Προσβολή από πτηνά	72	1,40	65,19
Χαμηλότερη θερμοκρασία βρασμού	72	1,40	66,59
Υψηλότερη θερμοκρασία βρασμού	72	1,40	67,99
Μειωμένη διάρκεια βρασμού	72	1,40	69,40
Μεγαλύτερη διάρκεια βρασμού	72	1,40	70,80
Η αναλογία καθαριστικών δεν είναι σωστή	72	1,40	72,20
Επαναχρησιμοποίηση πολλές φορές των ίδιων καθαριστικών	72	1,40	73,61
Υπερβολική άλεση	70	1,36	74,97
Ελάχιστη άλεση	70	1,36	76,34
Η ποιότητα νερού του δικτύου δεν τηρεί τις προδιαγραφές	70	1,36	77,70
Αποκλίσεις στη μέτρηση σακχάρων	70	1,36	79,06
Αποκλίσεις στη μέτρηση pH	70	1,36	80,43
Μικρή διάρκεια ωρίμανσης	64	1,25	81,68
Αυξημένη θερμοκρασία ωρίμανσης	64	1,25	82,92
Μη συμβατά καπάκια	64	1,25	84,17
Η θερμοκρασία του νερού είναι υψηλότερη της ιδανικής	63	1,23	85,40
Αυξομείωση θερμοκρασίας	63	1,23	86,63
Μικρότερη διάρκεια πολτοποίησης	63	1,23	87,86
Ψευδή χαρακτηριστικά	60	1,17	89,03
Λάθος ετικετοποίηση	60	1,17	90,19

Η θερμοκρασία του νερού διαβροχής είναι χαμηλότερη από την ενδεδειγμένη	56	1,09	91,29
Γρήγορη ροή του ζυθογλεύκους	48	0,94	92,22
Μικρότερη ποσότητα μαγιάς από την ιδανική	48	0,94	93,16
Μεγαλύτερη ποσότητα μαγιάς από την ιδανική	48	0,94	94,09
Ταχεία απορροή	42	0,82	94,91
Παραμονή ψυχρού ιζήματος	42	0,82	95,73
Πρόβλημα στον εναλλάκτη ψύξης	32	0,62	96,35
Αποθήκευση σε χώρο που το βλέπει ο ήλιος	32	0,62	96,98
Ρίξιμο παλέτας	32	0,62	97,60
Σύντομη περίοδος ψεκασμού νερού	28	0,55	98,15
Αργή ταχύτητα περιστροφής	28	0,55	98,69
Μικρότερος χρόνος περιστροφής	28	0,55	99,24
Μεταφορά σε υπερβολική ζέστη	21	0,41	99,65
Σπάσιμο μπουκαλιών	18	0,35	100,00



Διάγραμμα 1 Διάγραμμα Pareto πριν τις διορθωτικές ενέργειες

Πίνακας 28 Πίνακας όλων των αστοχιών με βάση το RPN μετά τις διορθωτικές ενέργειες

Αστοχία	RPN	Αθροισμα RPN
---------	-----	--------------

Η σειρά προσθήκης λυκίσκου δεν είναι η σωστή	81	5,63	5,63
Η ποσότητα λυκίσκου που προστίθεται δεν είναι η σωστή	81	5,63	11,26
Ξένα Σώματα	56	3,89	15,15
Υγρασία στο λυκίσκο	42	2,92	18,07
Μολυσμένα μπουκάλια	42	2,92	20,99
Επιμόλυνση μαγιάς κατά την αποθήκευση	36	2,50	23,49
Χαμηλότερη θερμοκρασία βρασμού	32	2,22	25,71
Υψηλότερη θερμοκρασία βρασμού	32	2,22	27,94
Μειωμένη διάρκεια βρασμού	32	2,22	30,16
Μεγαλύτερη διάρκεια βρασμού	32	2,22	32,38
Μαγιά με λίγα ζωντανά κύτταρα	32	2,22	34,61
Μόλυνση από τον αέρα κατά την προσθήκη της μαγιάς	32	2,22	36,83
Η αναλογία καθαριστικών δεν είναι σωστή	32	2,22	39,06
Επαναχρησιμοποίηση πολλές φορές των ίδιων καθαριστικών	32	2,22	41,28
Προσβολή από πτηνά	28	1,95	43,23
Μεγαλύτερη ποσότητα βύνης	28	1,95	45,17
Μικρότερη ποσότητα βύνης	28	1,95	47,12
Μεγαλύτερη ποσότητα νερού από την ιδανική	28	1,95	49,06
Μικρότερη ποσότητα νερού από την ιδανική	28	1,95	51,01
Η ποιότητα νερού του δικτύου δεν τηρεί τις προδιαγραφές	28	1,95	52,95
Αποκλίσεις στη μέτρηση σακχάρων	28	1,95	54,90
Αποκλίσεις στη μέτρηση pH	28	1,95	56,85
Η θερμοκρασία του νερού είναι χαμηλότερη της ιδανικής	28	1,95	58,79
Έκθεση του λυκίσκου σε υψηλή θερμοκρασία	28	1,95	60,74

Προσβολή από τρωκτικά και έντομα	28	1,95	62,68
Υπερβολική άλεση	28	1,95	64,63
Ελάχιστη άλεση	28	1,95	66,58
Η θερμοκρασία του νερού είναι υψηλότερη της ιδανικής	28	1,95	68,52
Ψευδή χαρακτηριστικά	28	1,95	70,47
Οξείδωση λυκίσκου από φως	28	1,95	72,41
Έντομα-ψείρες	24	1,67	74,08
Μεταλλικά αντικείμενα στη βύνη	21	1,46	75,54
Μουχλιασμένη βύνη κατά την παραλαβή	18	1,25	76,79
Μόλυνση από την κάνουλα	16	1,11	77,90
Χαμηλή θερμοκρασία ζύμωσης	16	1,11	79,01
Μικρή διάρκεια ωρίμανσης	16	1,11	80,13
Σπασμένα μπουκάλια	16	1,11	81,24
Αποθήκευση σε υψηλές θερμοκρασίες	16	1,11	82,35
Υγρασία στη μαγιά	14	0,97	83,32
Η θερμοκρασία του νερού διαβροχής είναι χαμηλότερη από την ενδεδειγμένη	14	0,97	84,30
Ταχεία απορροή	14	0,97	85,27
Σύντομη περίοδος ψεκασμού νερού	14	0,97	86,24
Αργή ταχύτητα περιστροφής	14	0,97	87,21
Μικρότερος χρόνος περιστροφής	14	0,97	88,19
Λάθος ετικετοποίηση	12	0,83	89,02
Μακρά περίοδος ζύμωσης	9	0,63	89,65
Σπάσιμο μπουκαλιών κατά τη διανομή	9	0,63	90,27
Πρόβλημα στον εναλλάκτη ψύξης	8	0,56	90,83
Γρήγορη ροή του ζυθογλεύκου	8	0,56	91,38
Μικρή ποσότητα μαγιάς	8	0,56	91,94

Μεγάλη ποσότητα μαγιάς	8	0,56	92,50
Χρόνος ενυδάτωσης	8	0,56	93,05
Θερμοκρασία ενυδάτωσης	8	0,56	93,61
Μεγαλύτερη ποσότητα γλεύκους	8	0,56	94,16
Μικρότερη ποσότητα γλεύκους	8	0,56	94,72
Λάθος στην οξυγόνωση	8	0,56	95,28
Σύντομη περίοδος ζύμωσης	8	0,56	95,83
Αυξημένη θερμοκρασία ωρίμανσης	8	0,56	96,39
Μη συμβατά καπάκια	8	0,56	96,94
Αποθήκευση σε χώρο που το βλέπει ο ήλιος	8	0,56	97,50
Ρίξιμο παλέτας	8	0,56	98,06
Αυξομείωση θερμοκρασίας	7	0,49	98,54
Μικρότερη διάρκεια πολτοποίησης	7	0,49	99,03
Παραμονή ψυχρού ιζήματος	7	0,49	99,51
Μεταφορά σε υπερβολική ζέστη	7	0,49	100,00

Διάγραμμα 2 Διάγραμμα Pareto μετά τις διορθωτικές ενέργειες



Όσον αφορά και στα δύο διαγράμματα Pareto είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι για κανένα από τα δύο δεν ισχύει ο κανόνας 80/20 που αναφέρει ότι το 80% των προβλημάτων προκαλούνται από το 20% των αιτιών. Το πιθανότερο αίτιο είναι το μεγάλο πλήθος σταδίων και αστοχιών οπότε το ποσοστό επιμερίζεται.

Ειδικότερα για το διάγραμμα Pareto πριν τις διορθωτικές ενέργειες φαίνονται καθαρά τα σημαντικότερα προβλήματα (αστοχίες με δείκτη RPN μεγαλύτερο από 100) στα οποία η μικροζυθοποιία πρέπει άμεσα να θέσει σε εφαρμογή τις διορθωτικές ενέργειες και αφορούν:

1. Λάθος σειρά προσθήκης λυκίσκου. Οφείλεται σε ανθρώπινο λάθος με αποτέλεσμα την αλλοίωση της γεύσης του τελικού προϊόντος.
2. Λάθος ποσότητα λυκίσκου. Οφείλεται κι αυτό σε ανθρώπινο λάθος με το ίδιο αποτέλεσμα δηλαδή την αλλοίωση της γεύσης του τελικού προϊόντος.
3. Μουχλιασμένη βύνη κατά την αποθήκευση Οφείλεται σε ανθρώπινο λάθος με λάθος συνθήκες αποθήκευσης που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μυκοτοξινών και κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.
4. Χαμηλή θερμοκρασία ζύμωσης. Οφείλεται σε μηχανολογικό πρόβλημα και έχει ως αποτέλεσμα τη μη αποδοτική ζύμωση,
5. Θερμοκρασία ενυδάτωσης. Οφείλεται σε ελαττωματικό ή μη βαθμονομημένο όργανο και αποτέλεσμα της συγκεκριμένης αστοχίας είναι η μη σωστή ενυδάτωση και η μη ολοκληρωμένη ζύμωση.
6. Αποθήκευση σε υψηλές θερμοκρασίες. Οφείλεται σε μηχανολογικό πρόβλημα με αποτέλεσμα την αλλοίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της μπίρας .
7. Επιμόλυνση μαγιάς. Οφείλεται σε ανθρώπινο λάθος με μη τήρηση των σωστών συνθηκών αποθήκευσης που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία δυσάρεστων γεύσεων και θολότητα στη μπίρα.
8. Μουχλιασμένη βύνη κατά την παραλαβή. Οφείλεται σε ελαττωματική παρτίδα που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μυκοτοξινών και κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.
9. Ξένα σώματα στη βύνη. Οφείλεται σε ελαττωματική παρτίδα που έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση του τελικού προϊόντος και πιθανή βλάβη στα τύμπανα κατά την άλεση.
10. Υγρασία στο λυκίσκο. Οφείλεται σε ανθρώπινο λάθος με μη τήρηση των σωστών συνθηκών αποθήκευσης που έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια των α-οξέων και την οξείδωση των ελαίων.
11. Οξείδωση λυκίσκου από φως. Οφείλεται σε ανθρώπινο λάθος με μη τήρηση των σωστών συνθηκών αποθήκευσης που έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια των α-οξέων και την οξείδωση των ελαίων.

12. Μεταλλικά αντικείμενα στη βύνη κατά την άλεση. Οφείλεται σε ελαττωματική παρτίδα που έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή των τύμπανων κατά την άλεση.
13. Μολυσμένα μπουκάλια. Οφείλεται σε ανθρώπινο λάθος με μη τήρηση των σωστών συνθηκών αποθήκευσης σε μολυσμένο περιβάλλον καθώς και στο μη σωστό πλύσιμο των μπουκαλιών που έχει ως αποτέλεσμα την επιμόλυνση του τελικού προϊόντος.

Από τις αστοχίες που εντοπίστηκαν ένα αθροιστικό ποσοστό της τάξης του 32.98% δηλαδή περίπου το 1/3 έχει πάνω από 100 RPN και μπορεί να δημιουργήσει τα περισσότερα προβλήματα. Μετά τις διορθωτικές ενέργειες δεν υπάρχει καμία αστοχία με RPN μεγαλύτερο του 100. Οι αστοχίες προέρχονται είτε από ανθρώπινο λάθος είτε από φθορά στο μηχανολογικό εξοπλισμό. Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την αποφυγή αστοχιών είναι η προληπτική συντήρηση του εξοπλισμού. Εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι η εκπαίδευση του προσωπικού γιατί πολλές αστοχίες συμβαίνουν από βιαστικές κινήσεις του προσωπικού ή από ελλειπείς γνώσεις.

Είναι φανερό ότι η μελέτη αστοχίας (FMEA), ενισχύει τον εντοπισμό κατάλληλων προληπτικών και διορθωτικών ενεργειών. Είναι ένα δυναμικό εργαλείο που πρέπει να ανανεώνεται ανάλογα με τις εξελίξεις και αλλαγές στο μηχανολογικό εξοπλισμό και την παραγωγή νέων και διαφορετικών ειδών μπίρας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Αγγελόπουλος, Χ. (2000). Προγραμματισμός για την Ποιότητα. Σχεδιασμός για την Ποιότητα. Τόμος Α. Πάτρα: Εκδόσεις Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Γαζούλης Ι.(2019). *Οι Επιδράσεις της Τεχνικής της Ψευδοσποράς στην Πυκνότητα των Ζιζανίων, στην Ανάπτυξη και στις Αποδόσεις Καλλιέργειας Βυνοποιήσιμου Κριθαριού*. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία.. Αθήνα., Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Γκίκας Δ., (2022) *Αξιολόγηση Μορφολογικών Αποδοτικών και Ποιοτικών Χαρακτηριστικών Γονότυπου Βυνοποιήσιμου Κριθαριού στο Ξηροθερμικό Περιβάλλον του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Αξιολόγηση Μορφολογικών Αποδοτικών και Ποιοτικών Χαρακτηριστικών Γονότυπου Βυνοποιήσιμου Κριθαριού στο Ξηροθερμικό Περιβάλλον του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών* , Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Αθήνα, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Δρόσου Φ. (2022), *Μελέτη της Αλκοολικής Ζύμωσης με Χρήση Ζυμών non-saccharomyces* Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα

Θωμόπουλος Ι., (2018) *Αξιολόγηση Ποικιλιών Βυνοποιήσιμου Κριθαριού ως προς τα Αγρονομικά και Ποιοτικά Χαρακτηριστικά τους με Μεθόδους Χωρικής Ανάλυσης σε Περιβάλλον Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GIS)*, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία., Αθήνα, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Νεραντζής Δ., Ταταρίδης Π., Κεχαγιά Δ., (2014), *Τεχνολογίες Βύνης & Ζύθου*., Αθήνα, Βιβλιοθήκη του Ζύθου.

Παπαστυλιανού Π., Μπιλάλης, Δ., Τραυλός, Η. (2022), *Χειμερινά & Εαρινά Σιτηρά (Εργαστηριακός Οδηγός)*. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.

Ροδίτη Λ.,(2023) *Ελληνικό Κριθάρι και Σιτάρι. Καλλιέργεια και Αξιολόγησή τους για Παραγωγή Βύνης*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Αθήνα, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Σαμανίδου Κ.,(2023) *Διερεύνηση του Ρόλου των Πεπτιδίων στην Μπίρα και τα Παραπροϊόντα Ζυθοποίησης*, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Αθήνα, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Στεφάνου Δ. (2019) *Ο Κλάδος της Μπίρας στην Ελλάδα και Χρηματοοικονομική Ανάλυση της Ελληνικής Εταιρείας “Ελληνική Ζυθοποιία Αταλάντης”, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία Αθήνα, ΕΑΠ*

Τσιφτελής Χ. (2020), *Η Ανταγωνιστικότητα της Ελληνικής Ζυθοποιίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση*, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Ορεστιάδα , ΔΠΘ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Abram V., Čeh B., Vidmar M., M., Hercezi., Lazić N., Bucik V., Možina S., Košir I., Kač M., Demšar L., Ulrih N.,(2015), *A comparison of antioxidant and antimicrobial activity between hop leaves and hop cones*, Industrial Crops and Products Vol.64, pp. 124-135, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.008>

Agu R., (2012) *Some Relationships Between Malted Barleys of Different Nitrogen Levels and the Wort Properties* Journal of the Institute of Brewing. Vol.109, is.2, pp.106=109 <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2003.tb00137.x>

Almaguer C., Schönberger C., Gastl M., Arendt E., Becker T.,(2014),Hamulus lupulus – a story that begs to be told. A review, Journal of the Institute of Brewing. vol.20 is.4, pp289-314
<https://doi.org/10.1002/jib.160>

Alves V, Gonçalves J, Figueira J, Ornelas L., Branco R., Câmara J., Pereira J, (2020) Beer volatile fingerprinting at different brewing steps. Food Chemistry, vol.326, 126856,
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126856>

Aroh K, (2018) Review: Beer Production SSRN <https://ssrn.com/abstract=3458983>

Back W., Wunderlich S.,(2009) Overview of Manufacturing Beer: Ingredients, Processes, and Quality Criteria., Beer in Health and Disease Prevention pp 3-16, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373891-2.00001-8

Baik B., Ullrich B., (2008)., *Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. Journal of Cereal Science* v.48, is.2., pp 233-242. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.02.002>
Bamforth C (2006), Brewing: New Technologies, Woodhead Publishing

Bamforth C (2017),Progress in Brewing Science and Beer Production, Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering vol.8, <https://doi.org/10.1146/annurev-chembioeng-060816-101450>

Bamforth C (2022) The physics and chemistry of beer foam: a review, European Food Research and Technology, vol.249., pp.3-11, https://doi.org/10.1007/s00217-022-04134-4

Barosz P., Dudek-Burlikowska M., Roszak M., (2017) The application of the FMEA method in the selected production process of a company, 35 PRODUCTION ENGINEERING ARCHIVES 18 pp35-41, DOI: 10.30657/pea.2018.18.06

Baxter D, Hughes P, (2001) Beer: Quality, Safety and Nutritional Aspects, RSC Manchester

Bellut K, Arendt E, (2019) Chance and Challenge: Non-Saccharomyces Yeasts in Nonalcoholic and Low Alcohol Beer Brewing – A Review Journal of the American Society of Brewing Chemists, The Science of Beer ,vol 77, is 2, pp 77-91 <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1569452>

Bishop L.R.(1945) Second memorandum on barley germination Journal of the Institute of Brewing v. ol.51 is.5, pp 215-224 <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1945.tb01299.x>

Bhuvaneswari E, Anandharamakrishnan C, (2014) Heat transfer analysis of pasteurization of bottled beer in a tunnel pasteurizer using computational fluid dynamics, Innovative food science and emerging technologies, vol.23, pp.156-163, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.03.004>

Briggs D., Boulton C., Brookes P., Stevens R. (2004). Brewing: Science and Practice, ch.11., Woodhead Publishing

Browning M. (2014) The Effects of Temperature on Major Beer Compounds During Barrel Maturation, MBAA TQ vol. 51, no. 1, pp. 12–18

Buzrul S, (2007) A suitable model of microbial survival curves for beer pasteurization, LWT - Food Science and Technology, vol.40, is.8, pp.1330-1336, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.10.005>

Cahill G., Walsh P., Donnelly D.,(2018) Improved Control of Brewery Yeast Pitching Using Image Analysis, Journal of the American Society of Brewing Chemists vol.57,is2.,pp 72-78
<https://doi.org/10.1094/ASBCJ-57-0072>

Campos O.P., Leme F.M, Fortuna G.C, Oliveira Gomes J., Neves G.S., Oliveira Arruda R., Bonfim (2023) Morphological characteristics, trichomes, and phytochemistry of inflorescences of Humulus lupulus L: Comparison of cropping systems and varieties., Australian journal of Crop Science. V17., pp263-274 <https://doi: 10.21475/ajcs.23.17.03. P3754>

Carlson C (2014) Understanding and Applying the Fundamentals of FMEAs, Annual RELIABILITY and MAINTAINABILITY Symposium, Tucson

Ćatić D. ,Arsovski S., Jeremić B., Glišović J (2011) FMEA in product development phase, 5th International Quality Conference, Center for Quality, Faculty of Mechanical Engineering, University of Kragujevac

Cozzolino D., Roumeliotis J., Eglinton Jk., (2014) The role of total lipids and fatty acids profile on the water uptake of barley grain during steeping, Food Chemistry vol.151,pp231-235,
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.073>

Dale C, West C., Eade J., Rito-Palomares M., Lyddiatt A., (1999) Studies on the physical and compositional changes in collapsing beer foam, Chemical Engineering Journal, vol.72., is. 1., pp 83-87.,[https://doi.org/10.1016/S1385-8947\(98\)00141-7](https://doi.org/10.1016/S1385-8947(98)00141-7)

Daneri-Castro S., Svensson B., Roberts T.,(2016) Barley germination: Spatio-temporal considerations for designing and interpreting ‘omics’ experiments. Journal of cereal science vol.70.,pp29-37. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.012>

Devolli A., Kodra M., Shahinasi E., StafasaniM., Dara F., (2017) Determination of Optimal Kieselguhr Doses to Improve Beer Filtration University for Business and Technology in Kosovo UBT Knowledge Center

Dietz C., Cook D., Huismann M., Wilson C., Ford R.(2020) The multisensory perception of hop essential oil: a review <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/20500416>, v 126 ,is.4, pp320-342,<https://doi.org/10.1002/jib.622>

Dilay C., Vargas J.V.C, Amico S.C., Ordonez J.C., (2006) Modeling, simulation and optimization of a beer pasteurization tunnel, Journal of Food Engineering vol.77,is.3.,pp.500-513,<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.07.001>

Donadini G., Fumi, M. D., Kordialik-Bogacka, E., Maggi, L., Lambri, M., & Sckokai,P. (2016). Consumer interest in specialty beers in three European markets. Food Research International v.85 pp.301-314 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.04.029>

Donoghue C., Jackson G., Koop J.H., Heuven A.J.M.,(2012) The Environmental Performance of the European Brewing Sector, The Brewers of Europe

Durand G.A, Corazza M.L, Blanco A.M., Corazza F.C., (2009) Dynamic optimization of the mashing process, Food Control vol.20, is.12., pp.1127-1140., <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.03.004>

*Dzialo M., Park R., Steensels J., Lievens B., Verstrepen (2017) Physiology, ecology and industrial applications of aroma formation in yeast *Microbiology Reviews*, Vol.41, Is.1 pp.95-128 <https://doi.org/10.1093/femsre/fux031>*

Eßlinger H. (2009), Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets, WILEY-VCH

Ebrahemzadih M., Halvani G.H., Shahmoradi B., Giah O., (2014). Assessment and Risk Management of Potential Hazards by Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) Method in Yazd Steel Complex, Open Journal of Safety Science and Technology vol.04 ,No.03, ArticleID:49443,8 pages 10.4236/ojsst.2014.43014

Eumann M (2006). Water in brewing., Brewing New Technologies, A volume in Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, pp 183-207

Eumann, M., Schildbach, S. (2012). 125th Anniversary Review: Water sources and treatment in brewing. Journal of the Institute of Brewing, vol.118 pp12-21. <https://doi.org/10.1002/jib.18>

Evans E., Robinson L., Sheeman M., Tolhurst R., Hill A., Skeritt J., Barr A., (2002). Application of Immunological Methods to Differentiate between Foam-Positive and Haze-Active Proteins Originating from Malt, Journal of the American Society of Brewing Chemists vol.61., is. 2., pp.55-62, <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-61-0055>

Evans E., Sheeman M., (2018) Don't Be Fobbed Off: The Substance of Beer Foam—A Review, Journal of the American Society of Brewing Chemists vol.60., is. 2., pp.47-57, <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-60-0047>

Fillaudeau L., Blanpain-Avet P., Daufin G., (2006) Water, wastewater and waste management in brewing industries, Journal of Cleaner Production 14 pp 463-471. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.01.002>

Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization, (2016). Understanding the Codex Alimentarius, Rome

Frančakova H., Líšková M., Bojňanská T., Mareček J., (2012) Germination Index as an Indicator of Malting Potential. Czech Journal of Food Sciences, vol.30., is.4, pp.437 10.17221/314/2010-cjfs

Freeman G. (2006) Filtration and stabilization of beer, Brewing New Technologies pp.275-292, <https://doi.org/10.1533/9781845691738.275>

Gagula G., Mastanjevi K., Mastanjević K., Krstanović V., Horvat D., Magdić D., (2020), The influence of packaging material on volatile compounds of pale lager beer, Food Packaging and Shelf Life, vol.24, 100496, <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100496>

Ghiselli L., Marini L., Taiti C., Calamai L., Paffetti D., Masi E. (2022). Hops Germplasm: Phytochemical Characterization of Wild Humulus lupulus of Central and Northern Italy, plants, MDPI, <https://doi.org/10.3390/plants11121564>

Ginovart M., Prats C., Portell X., Silbert M., (2011) Analysis of the effect of inoculum characteristics on the first stages of a growing yeast population in beer fermentations by means of an individual-based model *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, vol.38,is.1, pp.153–165, <https://doi.org/10.1007/s10295-010-0840-4>

Goldammer T., (2022) The Brewer's Handbook. A Complete Book to Brewing Beer 3td ed, USA, Apex Publishers

Graham S, (2016), Saccharomyces species in the Production of Beer, Beverages 2016, 2(4), 34 <https://doi.org/10.3390/beverages2040034>

Graham S., Priest F. (2006), Handbook of brewing, 2nd edition, Beer Styles Their Origins and Classification, pp.39 New York, Taylor & Francis

Guiné R. Correia P., (2014) Engineering Aspects of Cereal and Cereal-Based Products, CRC Press

Gupta M., Abu-Grannam N., Galloghar E.,(2010) Barley for Brewing: Characteristic Changes during Malting, Brewing and Applications of its By-Products., Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety., vol 9., is.3., pp318-328 <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00112.x>

Habschied C., Krstanović V., Mastanjević K., (2022), Beer Quality Evaluation—A Sensory Aspect, *Beverages*, 8(1), 15; <https://doi.org/10.3390/beverages8010015>

Hardwick W, (1994) Handbook of Brewing, New York

He Y, Dong J, Yin H., Zhao Y., Chen R., Wan X., Chen P., Hou X., Liu J., Chen L., (2014) Wort composition and its impact on the flavour-active higher alcohol and ester formation of beer – a review, *Journal of the Institute of Brewing* vol 120, is. 3 pp.157-163 <https://doi.org/10.1002/jib.145>

Hertrich J (2013) Topics in Brewing: Malting, MBAA TQ vol. 50, no. 4, pp. 131–141

Horsley R.D, Franckawier I.D, Schwarz P.B. (2009), *Barley, Cereals, Handbook of Plant Breeding*, vol 3. Springer, New York, pp.227-250 https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9_7

Hornsey i., (2013) Brewing, Royal Society of Chemistry, 2nd ed

Hough J., Briggs D., Stevens R., Young T., (1999) *Malting and Brewing Science: Hopped Wort and Beer*, Aspen Publisher, 2nd ed.

Hromasova M., Vagova A., Linda M., Vaculik P., (2018), Determination of the tension limit forces of a barley malt and a malt crush in correlation with a load size, *2037 Agronomy Research* 16(5)., pp.2037-2048., <https://doi.org/10.15159/AR.18.205>

Hrncl M., Španinger E., Kosir I., Knez Z., Bren U., (2019) Hop Compounds: Extraction Techniques, Chemical Analyses, Antioxidative, Antimicrobial, and Anticarcinogenic Effects *Nutrients* 2019, 11(2), 257 <https://doi.org/10.3390/nu11020257>

Iorizzo M., Coppola F., Letizia F., Testo B., Sorrentino E (2021), Role of Yeasts in the Brewing Process: Tradition and Innovation , *Processes* 9(5) 839 Microbial Cultures in Food Production, <https://doi.org/10.3390/pr9050839>

Källman A., Bertoft E., Koch K., Sun C., Åman P., Andersson R., (2015) Starch structure in developing barley endosperm, *Journal of International Journal of Biological Macromolecules*, vol.81 pp730-785 <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.09.013>

Keukeleire D., (2000) Fundamentals of beer and hop chemistry, *Quím. Nova* 23 (1) <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000100019>

Koren D., Vecseri B.H., Kun-Farkas G., Urbán G., Nyitrai A., Sipos L. (2020), How to objectively determine the color of beer? *Journal of Food Science and Technology* vol.57, pp1183-1189 <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04237-4>

Korpelainen H., Pietiläinen M., (2021) Hop (*Humulus lupulus* L.): Traditional and Present Use, and Future Potential, *Economic Botany*, vol .75, pp. 302-322

Košir I.J, Ocvirk M, (2019), *Evolution of Beer Aroma ,Food Aroma Evolution* 1st ed. CRC Press
Kubeš_J ,(2021), Geography of World Hop Production 1990–2019, *Journal of the American Society of Brewing Chemists The Science of Beer.*, v.80.,pp84-91.,
<https://doi.org/10.1080/03610470.2021.1880754>

Kühbeck F., Müller M., Back W., Kurz T., Krottenthaler M.,(2007) Effect of hot trub and particle addition on fermentation performance of *Saccharomyces cerevisiae* *Enzyme and Microbial Technology*,vol.41.,is.6-7., <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2007.06.007>

Kucharczyk K.,Tuszyński T.,(2015), The effect of pitching rate on fermentation, maturation and flavour compounds of beer produced on an industrial scale *Journal of the Institute of Brewing*, vol.121.,is.3, pp349-355

Kucharczyk K., Tuszyński (2016) Effect of Wort Filling Time on Fermentation, Maturation and Acetaldehyde Content in Beer, *Food Technology and Economy, Engineering and Physical Properties*, 34, 2016 (3): pp265–270, doi: 10.17221/469/2015-CJFS

Kumar A., Poonia M.P., Pandel U., Jethoo A.S., (2011) FMEA: Methodology, Design and Implementation in a Foundry, *International Journal of Engineering Science and Technology* vol.3, No 6, ISSN : 0975-5462

Legun K., Comi M., Vicol m., (2022) New aesthetic regimes: The shifting global political ecology of aroma hops *Geoforum* v.128, pp148-157. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2021.12.004>

Lewis M., Young T., (2001) *Water for brewing, Brewing pp.57-70, 2nd ed., Boston, Springer, https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0729-1_4*

Libkind, D., Hittinger, C.T.; Valério, E.; Gonçalves, C.; Dover, J.; Johnston, M.; Gonçalves, P.; Sampaio, J.P. (2011) *Microbe domestication and the identification of the wild genetic stock of lager-brewing yeast. PNAS 108 (35) pp. 14539-14544 <https://doi.org/10.1073/pnas.1105430108>*

Lipol L.S., Haq J (2011) *Risk analysis method: FMEA/FMECA in the organizations. International Journal of Basic & Applied Sciences, vol 11, No 5, pp 74–82.*

López-Gómez J., Pérez-Rivero C., (2019) *Saccharomyces cerevisiae Comprehensive Biotechnology (3rd Edition), vol.2 pp 9-21 <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64046-8.00067-7>*

Madsen E. (2017), *Branding and Performance in the Global Beer Market, Economics Working Papers*

Madsen E., Gammelgaard J., Hobdari B (2020) *New Developments in the Brewing Industry: The Role of Institutions and Ownership, 1st ed., Oxford., Oxford University Press,*

Maia C, (2018) *Stability of beer through control of minerals in sweet wort, Porto, Universidade do Porto*

Martin P. (2015), *Grain quality criteria for malting barley, Northern Periphery and Arctic Programme, Orkney*

McCafferty C.A., Ford C., Stewart D., Barr A., Evans DE., (2003), *University of Tasmania*

McCullough M., Clemons K., McCusker, J., Stevens D., Species, (1998) Identification and Virulence Attributes of *Saccharomyces boulardii* (nom. Inval.), Journal of Clinical Microbiology, v. 36, n.9, <https://doi.org/10.1128/jcm.36.9.2613-2617.1998>

Milani E, Silva F, (2022) Pasteurization of Beer by Non-Thermal Technologies Frontiers in Food Science and Technology vol.1, doi.org/10.3389/frfst.2021.798676

Mosher M., Trantham K., (2021) Brewing Science: A Multidisciplinary Approach, Springer 2nd ed
Moir M., (2000) Hops—A Millennium Review Journal of the American Society of Brewing Chemists, The Science of Beer v.58 is.4, pp. 131-146 <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-58-0131>

Muller R, (1991), The influence of grain components on infusion mash performance, Journal of the Institute of Brewing. vol.97., is 2., pp93-100, <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1991.tb01056.x>

Newman CW, Newman RK (2006) A Brief History of Barley Foods, Cereal foods world, v.51 <http://DOI.10.1094/CFW-51-0004>

Nkadimeng M., (2022), Integration of Production Planning and Quality Using a Mathematical Model: A Case of a Brewing Company in Gauteng, Johannesburg, University of Johannesburg

Ogbonna A., (2013) Brewing Science and Technology: A Comprehensive Approach, Uyo, Abaam Publishing Co., Uyo-Nigeria

Oladokun O, James S, Cowley T., Dehrmann F., Smart K., Hort J, Cook D (2017) Perceived bitterness character of beer in relation to hop variety and the impact of hop aroma, Food Chemistry, vol.230, pp215-224 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.031>

Olaniran A, Hiralal L., Mokoena M.P., Pillay B., (2017), Flavour-active volatile compounds in beer: production, regulation and control, *Journal of the Institute of Brewing*, Vol 123, Is.1., pp 13-23., <https://doi.org/10.1002/jib.389>

Olšovska J, Sterba K., Pavlovic M, Ceska P., (2015) *Determination of the Energy Value of Beer (2015)*, *Journal of the American Society of Brewing Chemists.*, <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2015-0322-01>

Olšovska J., Kyselová L., Kubizniaková P., Slabý M, (2021), *Kvasný průmysl* 67, pp. 484–497, <https://doi.org/10.18832/kp2021.67.484>

Paternoster A., Van Camp J., Vanlanduit S., Weeren A., Springael J., Braet J., (2017) The performance of beer packaging: Vibration damping and thermal insulation, *Food Packaging and Shelf Life* vol.11., pp.91-97, <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.01.004>

Pedferri P., (2018) *Corrosion in Waters, Corrosion Science and Engineering* pp.423-445 https://doi.org/10.1007/978-3-319-97625-9_20

Perricone M., Gallo M., Corbo M.R., Sinigaglia M., Bevilacqua A., (2017) *The Microbiological Quality of Food Chapter 5 – Yeasts*, pp.121-131. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100502-6.00008-X>

Pettigrew L., Blumenhofer V., Hubert S., Groß F., Delgado A., (2015) *Optimisation of water usage in a brewery clean-in-place system using Journal of Cleaner Production* v.87 pp.583-593. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.072>

Powell C, Quain D, Smart K.,(2003) The impact of brewing yeast cell age on fermentation performance, attenuation and flocculation,FEMS Yeast Research, vol. 3, is. 2, pp. 149–157, [https://doi.org/10.1016/S1567-1356\(03\)00002-3](https://doi.org/10.1016/S1567-1356(03)00002-3)

Preedy V., (2009). Beer in health and disease prevention. Overview of manufacturing beer: ingredients, processes and quality criteria. pp. 549-550 1st ed. London, Elsevier

Punčochářová L., Pořízka J., Diviš P., Štursa V., (2019), Study of the influence of brewing water on selected analytes in beer, Slovak Journal of Food Sciences v.13 pp 507-514 <https://doi.org/10.5219/1046>

Punia S. (2020) Barley starch modifications: Physical, chemical and enzymatic - A review Journal/international-journal-of-biological-macromolecules., vol.144, pp.578-585, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.088>

Rai M., Bridge P (2009), Applied Mycology, CABI., London

Rani H., Bhardwaj R., (2021) Quality attributes for barley malt: “The backbone of beer”, Food Science, vol.86., is.8.,pp.3322-3340 <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15858>

Riverol C., Cooney J.,(2003) Influence of temperature and the presence of adjuncts in the removing of protein-polyphenol complexes and carbohydrates in cold wort. Journal of Food Technology vol.1., n.3., pp130-132

Ruth P.(2018) Evaluation of the properties of Finnish hops,Kevät, HAMK

Saxton R., Lahey C., Smith B., Hibberd E., Bevan J., Baumhoff C., Galant A., Young J., Meyer B., McDougal O., (2024) Impact of pulsed electric field treatment on barley germination for malting, LWT, vol.,195

Scipioni A., Saccarola G., Centazzo A., Arena F., (2002) FMEA methodology design, implementation and integration with HACCP system in a food company, Food Control vol 13, is 8, pp 495-501, [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(02\)00029-4](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(02)00029-4)

Schönberger C., Kostecky T., (2012) 125th Anniversary Review: The Role of Hops in Brewing Journal of the Institute of Brewing, vol. 117, is 3, pp 259-267 <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2011.tb00471.x>

Sharma K, Srivastava S, (2018) Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Implementation: A Literature Review, Journal of Advance Research in Aeronautics and Space Science vol.5, is 1&2, pp.1-17

Shellhammer T., Bamforth C. (2008) Assessing Color Quality of Beer ACS Symposium Series, vol 983, ch.15 pp.192–202. <https://doi.org/10.1021/bk-2008-0983.ch015>

Shopska V., Denkova-Kostova R., Kostov G., (2022) Modeling in Brewing—A Review Contemporary Methods for Process Modelling and Control) 10(2),267, <https://doi.org/10.3390/pr10020267>

Sinha N., (2007) Handbook of Food Products Manufacturing, West Sacramento, Wiley Publications

Sohrabvandi S., Mortazavian A., Rezaei K., Health-Related Aspects of Beer: A Review (2012) International Journal of Food Properties v.15, issue2, pp350-373., <https://doi.org/10.1080/10942912.2010.487627>

Smart J., Lukers B., Tle E., Ford A., (2018) Relationships Among Wort β -Glucan, Malting Conditions, and Malt Analysis., Journal of the American Society of Brewing Chemists vol.51, is3., pp.88-93 <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-51-0088>

Schmelzle A., (2009) The Beer Aroma Wheel, Brewing Science vol. 62, pp26-32

Smejtková A, Vaculík P., Příkryl M., Pastorek Z., (2016), Rating of malt grist fineness with respect to the used grinding equipment., Department of Technological Equipment of Buildings, Faculty of Engineering, Prague, [https://doi: 10.17221/41/2015-RAE](https://doi.org/10.17221/41/2015-RAE)

Smythe J.E, O'Mahony M.A., Bamforth C.W. (2012), The Impact of the Appearance of Beer on its Perception, Journal of the Institute of Brewing, vol108, Is.1, pp.37-42, <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2002.tb00120.x>

Stachnik M., Sterczyńska M., Smarzewska E, Ptaszek A., Piepiórka-Stepuk J., Ageev O., Jakubowski M., (2021) Rheological Properties of Industrial Hot Trub, *Materials* 14(23), 7162; <https://doi.org/10.3390/ma14237162>

Steiner E.,Becker T.,Gastl M (2010), *Turbidity and Haze Formation in Beer — Insights and Overview* Journal of the Institute of Brewing,vol.116., is 4., pp360-368.,
<https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00787.x>

Steiner E.,Arendt E.,Gastl M.,Becker T.,(2011).,Influence of the malting parameters on the haze formation of beer after filtration, European Food Research and Technology, vol 233, pp.587-597

Stewart G.G. (2015)Yeast quality assessment, management and culture maintenance Brewing Microbiology, pp11-29 <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-331-7.00002-2>

Stewart G.G (2016) Saccharomyces species in the Production of Beer Beverages 2(4), 34
<https://doi.org/10.3390/beverages2040034>

Tarver T. (2016) The Good, the Bad, and the Ugly: A Fermentation Saga.Food Technology Magazine vol..70 n.12.pp.16-19

Tippmann J.,Scheuren H.,Voigt J.,Sommer K., (2010) Procedural Investigations of the Lautering Process,Chemical Engineering & Technology vol.33., is..8 pp.1297-1302
<https://doi.org/10.1002/ceat.201000109>

Turan D, Poulis J, (2020), Influence of moisture and CO2 on the material behavior of thermoplastic elastomers for beer bottle closures vol.92, 106875,
<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106875>

Turner S.,Benedict C.,Darby H., Hoagland L.,Simonson P.,Sirriner R.,Murphy K.(2011), *Challenges and Opportunities for Organic Hop Production in the United States*,*Agronomy Journal* v.103, is 6.<https://doi.org/10.2134/agronj2011.0131>

Ullrich S., (2011), *Barley: Production, Improvement, and Uses.*,WILEY

Vaculik P.,Chladek L.,Prikryl M.,Smejtkova A., Brany P.,(2016) *The temperature changes of barley malt during its disintegration on a two roller mill*, *Agronomy Research* 14(S2),pp.1488-1497<https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2011.tb00495.x>

Vidgren V.,Londesborough J.,(2012)*125th Anniversary Review: Yeast Flocculation and Sedimentation in Brewing* ,*Journal of the Institute of Brewing*,vol117,is.4,pp 475-487

Vidgren V., Multanen J-P,Ruohonen L., Landsborough J.,(2010)*The temperature dependence of maltose transport in ale and lager strains of brewer's yeast*, *FEMS Yeast Research*, Vol.10, Is. 4, pp 402–411,<https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2010.00627.x>

Walker G (1998) *Yeast Physiology and Biotechnology*,Dundee.,WILEY

Williams M. J. (1998) *Development of a quality assurance plan for a microbrewery*,Edith Cowan University.

Woonton B.W., Jacobsen j.V., Sherkat F., Stuart I.M., (2012) *Changes in Germination and Malting Quality During Storage of Barley*, vol.111., is.1.,pp33-41 <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2005.tb00646.x>

Zamora F., (2009) Biochemistry of Alcoholic Fermentation, Wine Chemistry and Biochemistry pp. 3–26

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

Αποστολή & Αρμοδιότητες ΕΦΕΤ (20 Δεκεμβρίου 2023) Ανακτήθηκε από <https://www.efet.gr>

Ενιαίος Φορέας Ελέγχου Τροφίμων (ΕΦΕΤ). (2017) (20 Δεκεμβρίου 2023) Διεύθυνση Ελέγχου Επιχειρήσεων. Οδηγός για την κατάταξη των επιχειρήσεων τροφίμων σε κατηγορίες επικινδυνότητας και τον προσδιορισμό της συχνότητας των επιχειρήσεων. Αθήνα. Ανακτήθηκε από <https://www.efet.gr>

Κώδικας Τροφίμων και Ποτών. (2013) Έκδοση 4 (20 Δεκεμβρίου 2023) Ανακτήθηκε από <https://www.aade.gr>

Οδηγία ΕΕ 2020/2184 παράρτημα 1 (30 Ιανουαρίου 2024) Ανακτήθηκε από <https://eur-lex.europa.eu>

Οι κατηγορίες της μπίρας (20 Φεβρουαρίου 2024) Ανακτήθηκε από <https://www.beeroskopio.com>

Ιστορία της μπίρας. (!5 Ιανουαρίου 2024) Ανακτήθηκε από <https://www.ellinikienosizithopoion.gr>

Ιστορία της μπίρας στην Ελλάδα. (!5 Ιανουαρίου 2024). Ανακτήθηκε από <https://www.beeroskopio.com>συμ

Πόσιμο νερό — βασικές ποιοτικές προδιαγραφές. (30 Ιανουαρίου 2024) Ανακτήθηκε από <https://eur-lex.europa.eu>

Προτεινόμενη χημική σύνθεση του νερού για ζυθοποίηση (2019), (30 Ιανουαρίου 2024)
Ανακτήθηκε από <https://www.czechminibreweries.com>

Τα συστατικά της μπίρας: λυκίσκος (3 Φεβρουαρίου 2024) Ανακτήθηκε από <https://www.beer.gr>
Agriculture and rural development. 2024 (30 Ιανουαρίου 2024). Ανακτήθηκε από
<https://agriculture.ec.europa.eu>

Barley Malt Beer, Agribusiness Handbook (2009) (2 Φεβρουαρίου 2024) Ανακτήθηκε από
<https://www.fao.org>

Brewers Association (2012) Beer Style Guidelines (8 Φεβρουαρίου 2024) Ανακτήθηκε από
<https://www.brewersassociation.org>

European Beer Trends– 2023. Edition and previous years. (22 Φεβρουαρίου 2024) Ανακτήθηκε
από <https://brewersofeurope.eu>

Plato gravity scale (2013) (3 Απριλίου 2024) Ανακτήθηκε από <https://www.oxfordreference.com>

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των

δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης