

ΜΕΛΕΤΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΖΥΘΩΝ
ΑΠΟ ΜΙΚΡΟΖΥΘΟΠΟΙΑ
ΤΗΣ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΤΡΙΨΑΝΑ ΕΥΘΥΜΙΟΥ

ΑΜ 18030

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Σχολή Περιβάλλοντος

ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



Αργοστόλι Κεφαλληνίας

Οκτώβριος 2024

ΜΕΛΕΤΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΖΥΘΩΝ
ΑΠΟ ΜΙΚΡΟΖΥΘΟΠΟΙΑ
ΤΗΣ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ

Η πτυχιακή εργασία εγκρίθηκε από:

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΑΝΔΥΛΗΣ (Επιβλέπων καθηγητής)

ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΑΜΑΡΑΣ (Μέλος επιτροπής)

ΕΛΕΝΗ ΣΑΚΑΝΤΑΝΗ (Μέλος επιτροπής)

Ευχαριστίες

Η παρακάτω πτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Οίνου και Αποσταγμάτων του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Ιονίου Πανεπιστημίου, υπό την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή Κανδύλη Παναγιώτη, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα για την υπομονή και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθώς και για όλες τις χρήσιμες συμβουλές που μου έδωσε κατά τη διάρκειά της. Θα ήθελα επίσης να τον ευχαριστήσω για τη δυνατότητα που μου δόθηκε να παρουσιάσω τα αποτελέσματα της εργασίας μου στο διεθνές συνέδριο “1st Aristotle Conference on Chemistry”, 12-15 Νοεμβρίου 2023, Θεσσαλονίκη.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την εταιρεία «Μικροζυθοποιΐα Κεφαλονιάς και Ιθάκης» για την παροχή των δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα πτυχιακή διατριβή.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τα μέλη της επιτροπής αξιολόγησης κ. Ιωάννη Σαμαρά (Καθηγητή) και κ. Ελένη Σακαντάνη για τις πολύτιμες παρατηρήσεις και διορθώσεις τους.

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία είναι εξ'ολοκλήρου δικό μου έργο και ΚΑΝΕΝΑ μέρος της δεν είναι αντιγραμμένο από έντυπες ή ηλεκτρονικές πηγές, μετάφραση από ξενόγλωσσες πηγές και αναπαραγωγή από εργασίες άλλων ερευνητών ή φοιτητών. Όπου έχω βασιστεί σε ιδέες ή κείμενα άλλων, έχω προσπαθήσει με όλες μου τις δυνάμεις να τα προσδιορίσω σαφώς μέσα από την καλή χρήση αναφορών ακολουθώντας την ακαδημαϊκής δεοντολογία και την αποφυγή λογοκλοπής.

Επίσης δηλώνω υπεύθυνα ότι κατά τη διάρκεια της συγγραφής της διπλωματικής εργασίας ΔΕΝ χρησιμοποίησα οποιοδήποτε λογισμικό τεχνητής νοημοσύνης (AI). Σε περίπτωση χρήσης έχω αναφέρει τον λόγο χρήσης της, την υπηρεσία τεχνητής νοημοσύνης που χρησιμοποίησα και τη θέση στη διπλωματική εργασία όπου εφαρμόστηκε.»

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στην ανάλυση φυσικοχημικών ιδιοτήτων δυο ειδών μπίρας από την Κεφαλονιά και των πρώτων υλών που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή τους. Οι φυσικοχημικές αναλύσεις που διενεργήθηκαν περιλαμβάνουν: μέτρηση του pH, προσδιορισμός οξύτητας, ανάλυση αντιοξειδωτικής ικανότητας με τη μέθοδο FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) και με τη μέθοδο DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl), ολικό φαινολικό περιεχόμενο και μέτρηση χρώματος.

Τα αποτελέσματα έδειξαν υπεροχή των δειγμάτων μπίρας από την Κεφαλονιά (craft beer) σε σχέση με τα παραδοσιακά εμπορικά δείγματα. Συγκεκριμένα παρουσίασαν υψηλότερες τιμές ολικού φαινολικού περιεχομένου και αντιοξειδωτικής ικανότητας ιδιαίτερα το δείγμα RED ALE. Δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές στα διάφορα στάδια παραγωγής της μπίρας, ενώ όπως ήταν αναμενόμενο τα δείγματα λυκίσκου παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερες τιμές φαινολικών και αντιοξειδωτικών από τη βύνη.

Η εργασία αναδεικνύει την παρουσία ουσιών που είναι ευεργετικές για την υγεία του ανθρώπου όπως τα φαινολικά και αντιοξειδωτικά συστατικά προσφέροντας σημαντικές πληροφορίες για τα πιθανά οφέλη της κατανάλωσης των δυο αυτών τύπων μπίρας. Μάλιστα δίνεται μια πρώτη ένδειξη ότι οι μπίρες από μικροζυθοποιία παρουσιάζουν υψηλότερα λειτουργικά χαρακτηριστικά.

Λέξεις κλειδιά: αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά, φαινολικά συστατικά, χρώμα

ABSTRACT

This thesis focuses on the analysis of the physicochemical properties of two types of beer from Kefalonia, namely Kefalonian Beer Premium Lager and Red Ale. This study aims to identify and compare the physicochemical parameters of these two types of beer in order to better understand their properties and characteristics. The physicochemical analyses carried out includes: pH, acidity, antioxidant capacity by FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) method and DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) method, total phenolic content and color measurements.

The results showed superiority of beer samples from Kefalonia (craft beers) compared to traditional commercial samples. In particular, the RED ALE sample presented higher values of total phenolic content and antioxidant capacity. No significant differences were observed in different stages of beer production, while, as expected, the hop samples showed significantly higher phenolic and antioxidant values than malt.

The work highlights the presence of substances that are beneficial for human health such as phenolic and antioxidant components, offering important information on the possible benefits of drinking these two types of beer. In fact, a first indication is given that beers from microbreweries present higher functional characteristics.

Keywords: antioxidant characteristics, phenolic compounds, chroma

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

FIGURE 1 :ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΝ BEER	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURE 2 :ΛΥΚΙΣΚΟΣ.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURE 3 :Ο ΣΠΟΡΟΣ ΤΟΥ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURE 4 :ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΖΥΘΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURE 5 :ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΥΝΟΠΟΙΗΣΗΣ	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURE 6: ΒΡΑΣΜΟΣ ΜΠΥΡΑΣ.....	13

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : ΟΛΙΚΟ ΦΑΙΝΟΛΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ (TPC), pH ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΤΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ (CB-1 ΚΑΙ CB-2) ΚΑΙ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ PREMIUM LAGER (KB-PL) ΚΑΙ ΤΗΝ RED ALE (KB-RA).	27
ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : ΟΙ ΧΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ (L^* , a^* , b^*) ΤΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ (CB-1 ΚΑΙ CB-2) ΚΑΙ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ PREMIUM LAGER (KB-PL) ΚΑΙ ΤΗΝ RED ALE (KB-RA).	30
ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : ΤΟ ΧΡΩΜΑ (EBC) ΚΑΙ Η ΟΞΥΤΗΤΑ ΤΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ (CB-1 ΚΑΙ CB-2) ΚΑΙ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ PREMIUM LAGER (KB-PL) ΚΑΙ ΤΗΝ RED ALE (KB-RA).	31
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΤΟ ΟΛΙΚΟ ΦΑΙΝΟΛΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΚΑΙ Η ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΒΥΝΗΣ ΚΑΙ ΛΥΚΙΣΚΩΝ.....	32
ΠΙΝΑΚΑΣ 5 : ΤΟ ΟΛΙΚΟ ΦΑΙΝΟΛΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΚΑΙ Η ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΖΥΘΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	33

Εισαγωγή

Η μύρα αποτελεί ένα από τα αρχαιότερα και πιο δημοφιλή αλκοολούχα ποτά παγκοσμίως, με ιστορία που χρονολογείται από την αρχαιότητα. Η παρασκευή της, η οποία περιλαμβάνει τη ζύμωση αμυλούχων υλών όπως το κριθάρι, έχει εξελιχθεί σε μία περίτεχνη διαδικασία που συνδυάζει τέχνη και επιστήμη. Σήμερα, η μύρα δεν είναι απλά ένα ποτό, αλλά ένα προϊόν με σημαντική διατροφική και πολιτιστική αξία.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στην ανάλυση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων δύο ειδών μύρας και των πρώτων υλών τους από την Κεφαλονιά, την Kefalonian Beer Premium Lager και την Red Ale. Αυτές οι δύο μύρες επιλέχθηκαν για να εκπροσωπήσουν διαφορετικές διαδικασίες παραγωγής, με σκοπό να αναδειχθούν οι διαφορές και οι ομοιότητές τους.

Η εργασία χωρίζεται σε δύο κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος παρέχει μια γενική επισκόπηση της μύρας, συμπεριλαμβανομένων της ιστορικής εξέλιξής της, των πρώτων υλών και των σταδίων παραγωγής. Επίσης, εξετάζονται η διατροφική αξία της μύρας και τα πιθανά οφέλη της για την υγεία, με έμφαση στα αντιοξειδωτικά και τα φαινολικά συστατικά που περιέχει.

Στο δεύτερο μέρος, περιγράφεται η μεθοδολογία και η διαδικασία διεξαγωγής των φυσικοχημικών αναλύσεων στις δύο επιλεγμένες μύρες. Οι αναλύσεις αυτές περιλαμβάνουν τη μέτρηση του pH, τον προσδιορισμό της οξύτητας, τη μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας με τις μεθόδους FRAP και DPPH, και την ολική περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά (TPC). Μέσω αυτών των αναλύσεων, στόχος είναι να διερευνηθεί η παρουσία ουσιών που είναι ευεργετικές για την υγεία του ανθρώπου, όπως τα φαινολικά συστατικά και τα αντιοξειδωτικά.

Η εργασία φιλοδοξεί να συμβάλει στην κατανόηση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων της μύρας και να προωθήσει τα πλεονεκτήματα της τοπικής παραγωγής μύρας, αναδεικνύοντας τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τα πιθανά οφέλη της για την υγεία.

1 Μπύρα

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα γίνει αναφορά στις craft μύρες και πιο συγκεκριμένα στην Kefalonian beer και στις φυσικοχημικές αναλύσεις στο τελικό προϊόν και κατά την διαδικασία παραγωγής της.



Εικόνα 1: Kefalonian beer (Κεφαλονίτικη μύρα) (<https://www.kefalonianbeer.com/en/>).

Με τον ορό μύρα ή στα ελληνικά ζύθος ορίζουμε το ποτό που περιέχει αλκοόλη και προέρχεται από την εκχύλιση με νερό βυνοποιημένου κριθαριού ή μίγματος με αλλά δημητριακά. Η προσθήκη αρωματικών ιδιοτήτων στο εκχύλισμα αυτό γίνεται με βότανα (λυκίσκο) και η αλκοολική ζύμωση με κύτταρα σακχαρομύκητα. Στη σημερινή εποχή για την παραγωγή του ζύθου γίνεται χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό κριθαριού και σε πιο μικρές ποσότητες χρησιμοποιείται σόργο, καλαμπόκι, σίκαλη, σιτάρι και ρύζι. Σημειώνεται ότι με την προσθήκη του λυκίσκου προκύπτει η πικρή γεύση του ζύθου (Μπεκατώρου, 2001).

Ενότητα 1.01 Ιστορική αναδρομή

Στην ελληνική γλώσσα χρησιμοποιείται η λέξη ζύθος η οποία προέρχεται από το ρήμα ζέω που έχει την έννοια του βράζω. Η λέξη μύρα συνάμα έχει τις ρίζες της από την ιταλική λέξη birra και αυτή προέρχεται από την λατινική λέξη biber. Συγχρόνως η πρώτη επαφή των αρχαίων Ελλήνων με το ποτό αυτό, φαίνεται να οφείλεται στους Αιγύπτιους και σύμφωνα με τον Πλίνιο, φαίνεται ότι γίνονταν και η χρήση του λυκίσκου στην παραγωγή της. Λέγεται πως ότι η πρώτη φορά που παράχθηκε μύρα ήταν το 2800 – 3000 π.Χ. από τους αρχαίους Σουμέριους.

Επιπλέον, γνωρίζουμε ότι οι πρώτες συνταγές μύρας αναφέρονται σε ποίημα των αρχαίων Σουμέριων το οποίο είναι αφιερωμένο στην θεά Ninkasi προστάτιδα θεά της μύρας. Το ποίημα αυτό αναφέρεται ότι έχει ηλικία 3900 ετών και συγχρόνως αναφέρει την παρασκευή της μύρας από κριθάρι. Επίσης, εικάζεται πως ήταν γνωστός ο τρόπος παρασκευής της μύρας σε προγενέστερους λαούς των Σουμέριων που κατοικούσαν στην περιοχή της Μεσοποταμίας. Μάλιστα πιθανόν η πρώτη φορά που παρασκευάστηκε μύρα να χρονολογείται το 9500 π.Χ., όταν και άρχισε η καλλιέργεια των δημητριακών. Επιπλέον, μπορούμε να εντοπίσουμε και πολλές άλλες αναφορές σχετικά για τον τρόπο παρασκευής της μύρας, όπως για παράδειγμα στο έπος του Γκιλγκαμές στην περιοχή της Βαβυλώνας, στην αρχαία Αίγυπτο και την Μεσοποταμία περίπου το 4000 π.Χ. Άλλη αναφορά σχετικά με την μύρα συναντάται στον κώδικα του Χαμουραμπί (ένα από τα αρχαιότερα κείμενα) λέγοντας μάλιστα πως η κατανάλωση της μύρας ήταν και ανάλογο δικαίωμα της κοινωνικής θέσης του ατόμου αυτού (Τζημτζή, 2016).

Η μύρα που παρήγαγαν οι ανατολικοί λαοί τους παλαιότερους χρόνους έχει σχεδόν την ίδια τεχνοτροπία και μέθοδο παραγωγής που χρησιμοποιείται και σήμερα. Δηλαδή από κριθάρι και σπανιότερα από αλλά δημητριακά. Επιπλέον, σημαντικό γεγονός το οποίο συνέβαλε στην άνοδο του επιπέδου της μύρας ήταν η προσθήκη λυκίσκου, περίπου το 1000 π.Χ.

Οι Κέλτες και τα αρχαία γερμανικά φύλα γνώριζαν την μύρα από τον 1^ο αιώνα π.Χ., αν και απέφευγαν τη χρήση του λυκίσκου στις μύρες τους. Στη θέση του λυκίσκου ως βελτιωτικό γεύσης έκαναν χρήση διάφορων φυτών. Η χρήση του λυκίσκου άρχισε στην Γερμανία κατά τον Μεσαίωνα. Ειδικότερα, η πρώτη αναφορά στην καλλιέργεια λυκίσκου αναφέρεται το 768 μ.Χ. στη Μονή Φράιζινγκ της Βαυαρίας.

Η μέθοδος παρασκευής της μύρας μέχρι τον μεσαίωνα ήταν δουλειά οικιακής απασχόλησης καθώς την παρασκεύαζαν οι γυναίκες ή ακόμα και μικρές μονάδες για επιτόπια κατανάλωση. Όμως μετά το πέρας της 1^{ης} χιλιετίας μ.Χ. ξεκίνησε η παραγωγή της μύρας να γίνεται και σε μοναστήρια. Στην ουσία η ενασχόληση των μοναχών με την μύρα γινόταν επειδή ήθελαν ένα γευστικό, θρεπτικό ποτό, το οποίο θα μπορούσαν να καταναλώνουν μαζί με τα γεύματά τους. Επιπλέον, κατά την περίοδο της νηστείας η μύρα επιτρεπόταν και έτσι η παραγωγή της μύρας έφτασε σε μεγάλες ποσότητες με

αποτέλεσμα μετά από ένα χρονικό διάστημα να παράγονται μεγάλες ποσότητες μύρας και τελικά η οδήγηση στην εμπορία της.

Με το πέρασμα του χρόνου η μύρα έγινε ένα εμπορεύσιμο αγαθό που προσέφερε μεγάλα κέρδη στους άρχοντες της περιοχής και έπαψε να παρασκευάζεται στα σπίτια. Ωστόσο η είσοδος της μύρας στον τομέα του εμπορίου οδήγησε στην εφαρμογή αυστηρής νομοθεσίας ώστε να είναι εγγυημένη και εξασφαλισμένη η ποιότητα της παραγομένης μύρας.

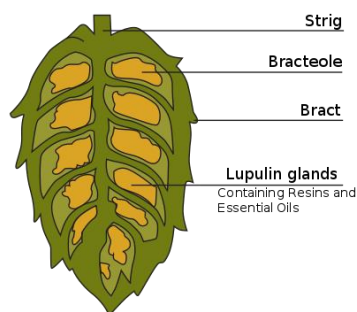
Ο νόμος της αγνότητας ίσως και από τους παλαιότερους διατροφικούς νόμους που έχει ισχύ και στην σημερινή εποχή έλεγε ότι στην γερμανική ζυθοποιία δεν επιτρέπεται να έχουν ως πρώτη ύλη κάτι άλλο εκτός από κριθάρι, λυκίσκο και καθαρό νερό. Για την μαγιά δεν αναφέρουν κάτι καθώς δεν είχε ανακαλυφθεί ακόμη. Ο νόμος αυτός θεσπίστηκε το 1516 από τον Βαυαρό Δούκα Γουλιέλμο Δ' (Τζημτζή, 2016).

Ενότητα 1.02 Πρώτες ύλες και υλικά παραγωγής

Όπως είναι γνωστό η μύρα είναι ένα προϊόν ζύμωσης. Όμως για να προκύψει ένα τέτοιο προϊόν, έτοιμο για εμφιάλωση και κατανάλωση πρέπει πρώτα να διενεργηθούν διάφορες διεργασίες και να προστεθούν διαφορά υλικά έτσι ώστε να παραχθεί το τελικό. Ειδικότερα τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι το κριθάρι και πιο συγκεκριμένα η βύνη. Η βύνη προκύπτει μετά από επεξεργασία του κριθαριού και δίνει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της στην μύρα επηρεάζοντας το αποτέλεσμα του τελικού προϊόντος. Επίσης, ένα άλλο σημαντικό υλικό είναι ο λυκίσκος που προσδίδει στην μύρα μια επιθυμητή πικρή γεύση, ενώ αποτελεί και ένα φυσικό συντηρητικό το οποίο ενισχύει την σταθερότητα του αφρού. Επιπλέον, για την δημιουργία της μύρας απαραίτητα υλικά είναι οι ζύμες, καθώς έχουν την ικανότητα να μεταβολίζουν τα σάκχαρα σε αλκοόλη και CO₂. Τέλος, εξίσου σημαντικό υλικό είναι το νερό το οποίο πρέπει να τηρεί όλες τις βασικές προδιαγραφές που ορίζει η νομοθεσία καθώς παίζει καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα του τελικού προϊόντος (Παληγογιάννη, 2003).

(a) Λυκίσκος

Είναι γνωστό πως ο λυκίσκος χρησιμοποιείται για την παρασκευή της μύρας από την αρχαιότητα, καθώς προσδίδει πολλά χαρακτηριστικά στην μύρα όπως είναι το άρωμα, η γεύση. Ακόμη, προσφέρει και κάποιες ιδιότητες όπως είναι η διαύγαση του γλεύκους της βύνης, ενώ συμβάλει στη διατήρηση της μύρας και βοηθά στην σταθερότητα του αφρού. Στη σημερινή εποχή ο λυκίσκος παίζει τεράστιο οικονομικό ρολό στη βιομηχανία της ζυθοποιίας καθώς το 97% της παραγωγής του λυκίσκου διατίθεται για την παραγωγή της μύρας, ενώ ένα άλλο μέρος του διατίθεται για φαρμακευτικούς λόγους. Η επιστημονική ονομασία του λυκίσκου είναι *Humulus lupulus* L. Ανήκει στην οικογένεια Cannabaceae (κανναβοειδών). Είναι φυτό της εύκρατης ζώνης της Ευρώπης, της Ασίας και Β. Αμερικής, αλλά μπορεί να ευδοκιμήσει και σε διάφορες περιοχές της χώρας μας. Το κυριότερο μέρος του φυτού είναι τα άνθη του λυκίσκου, τα οποία είναι υπεύθυνα για την ιδιαίτερη γεύση και το άρωμα που δίνουν στην μύρα (Papastyliou Papasotiriou et al., 2015).



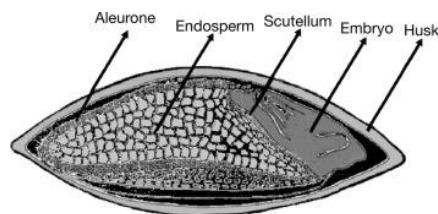
Εικόνα 2: Λυκίσκος(πηγή <https://sorsetech.com/hops/>).

Στη σημερινή εποχή το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής του λυκίσκου χρησιμοποιείται στη βιομηχανία της παραγωγής μύρας καθώς παρέχει μεγάλη ποικιλία ιδιοτήτων στην μύρα, όπως το άρωμα. Το άρωμα του αρχικού ακατέργαστου λυκίσκου μπορεί να καθορίσει της αρωματικές ιδιομορφίες της. Ωστόσο πολλοί ζυθοποιοί επιλέγουν από μόνοι τους, με βάση τη εμπειρία και την προσωπική τους οργανοληπτική αξιολόγηση τα χαρακτηριστικά του ακατέργαστου λυκίσκου που αναζητούν, ώστε να εξασφαλίσουν τα ιδιαίτερα αρωματικά χαρακτηριστικά της μύρας τους. Η συσχέτιση των αρωματικών χαρακτηριστικών του ακατέργαστου λυκίσκου με τα χαρακτηριστικά αρώματά του δεν μπορούν να διατυπωθούν με ακρίβεια και δεν μπορούν να οδηγήσουν σε γενικά

συμπεράσματα. Παρόλα αυτά με τις σημερινές ικανότητες ταυτοποίησης εκατοντάδων ενώσεων ελαίου λυκίσκου, έχει επιτευχθεί η μεμονωμένη παρακολούθηση κάποιων ενώσεων κατά τη διαδικασία ζυθοποίησης (Schönberger and Kostelychy, 2011).

(b) Βύνη

Ο δημητριακός καρπός που χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή βύνης και μετά για την παραγωγή μύρας είναι το κριθάρι. Μονοκοτυλήδονο φυτό της οικογενείας των ποοειδών (poaceae) ή αγρωστωδών (gramineae). Το κριθάρι που χρησιμοποιείται για τις καλλιέργειες εικάζεται ότι κατάγεται από το είδος *hordeum spontaneum* το οποίο ακόμα φυτρώνει ως άγριο στη Μέση Ανατολή. Κατά την διαδικασία της βυνοποίησης τα σιτηρά αρχικά διαβρέχονται με νερό έως ότου να δείξουν σημάδια ελαφριάς βλάστησης και στη συνέχεια γίνεται ξήρανση των καρπών. Αυτή η διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα την εξασφάλιση της ανάπτυξης των ενζύμων που διαδραματίζουν καθοριστικό ρολό στην παραγωγική διαδικασία, αλλά και την αποικοδόμηση του αμύλου του κόκκου, έτσι ώστε να είναι ευκολότερη η επεξεργασία του στα μετέπειτα στάδια ζυθοποίησης του (Shewry, and Ullrich, 2014).



Εικόνα 3: Ο σπόρος του κριθαριού (Stewart, 2013).

Συνάμα για την παραγωγή άριστης ποιότητας βύνης θα πρέπει να γίνεται κατάλληλη διαλογή των κόκκων κριθαριού. Για παράδειγμα, ένας φυσιολογικός κόκκος κριθαριού πρέπει είναι καθαρός, φωτεινός, κιτρινόλευκος, παχουλός, λεπτόσαρκος, μέτριας σκληρότητας και ομοιόμορφος σε μέγεθος. Επιπλέον, η ύπαρξη ενός λεπτού φλοιού μπορεί να συμβάλει στη διευκόλυνση αφαίρεσης και απομάκρυνσής του με σκοπό την αύξηση στην απόδοση των αποφλοιωμένων κόκκων. Η σκληρότερη υφή του ενδοσπερμίου μειώνει

τις απώλειες κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αποφλοιώσεως, δαπανώντας όμως μηχανικής ενέργειας για την άλεση, με αποτέλεσμα κατά τη διάρκεια της άλεσης να δημιουργούνται περισσότεροι σπασμένοι πυρήνες (Baik and Ullrich, 2008).

Για τους παραπάνω λόγους, οι σκληρές ποικιλίες είναι αυτές οι οποίες δεν κρίνονται κατάλληλες για βυνοποίηση, ενώ πιο κατάλληλες θεωρούνται οι μαλακές ποικιλίες.

Η χημική σύσταση των κόκκων κριθαριού είναι η ακόλουθη (Baik and Ullrich, 2008):

- Ολόκληρος ο κόκκος του κριθαριού αποτελείται από
 - άμυλο 65-68%
 - πρωτεΐνη 10-17%
 - β-γλυκάνη 4-9%
 - ελεύθερα λιπίδια 2-3%
 - ανόργανα άλατα 1,5- 2,5 %
 - ολικές διαιτητικές ίνες 11-34%
 - διαλυτές διαιτητικές ίνες 3-20%.
- Ο κόκκος κριθαριού χωρίς κέλυφος ή αποφλοιωμένος αποτελείται από
 - ολικές διαιτητικές ίνες 11-20%
 - αδιάλυτες ίνες 11-14%
 - διαλυτές διαιτητικές ίνες 3-10%.

(c) Ζυμομύκητες

Οι ζυμομύκητες συνδράμουν σημαντικά στη βιομηχανία τροφίμων λόγω των μεταβολικών διεργασιών τους. Ο ρόλος των ζυμομυκήτων στην παραγωγή ζυμούμενων τροφίμων είναι καλά τεκμηριωμένος. Η πλειοψηφία των ζυμούμενων τροφίμων διαμορφώνουν ιδιαιτερότητες στα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά λόγω της ανάπτυξης συγκεκριμένων μικροοργανισμών που αναπτύσσονται σε αυτά, συμμετέχοντας σε μεταβολικές διεργασίες μέσω της παραγωγής ενζύμων και μεταβολιτών κατά την χρονική διάρκεια ωρίμανσης.

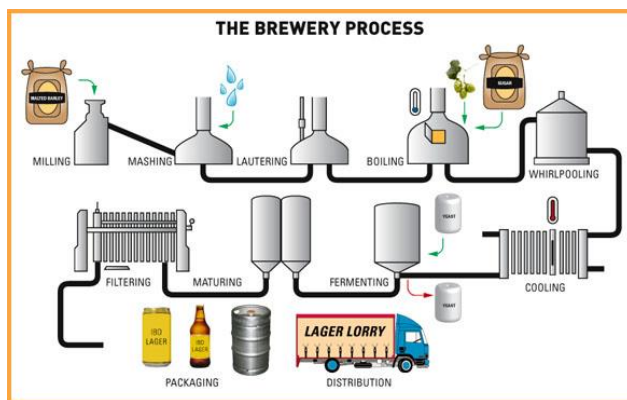
Για την παραγωγή ζυμούμενων αλκοολούχων ποτών, το γένος ζυμομυκήτων που χρησιμοποιείται είναι κυρίως *Saccharomyces* sp. Οι *Saccharomyces* χρησιμοποιούνται ως εκκινητές, αλλά υπάρχουν και άλλες ζύμες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή λόγω του ότι έχουν την ικανότητα να επηρεάσουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αυξάνοντας την πολυπλοκότητα και ενισχύοντας το προφίλ του προϊόντος. Τα αλκοολούχα ποτά παράγονται από τη ζύμωση απλών σακχάρων από διαφορά φρούτα. Από την άλλη πλευρά η παράγωγή της μύρας γίνεται από τη ζύμωση πηγών παραγώγων αμύλου. Οι ιδιαιτερότητες μιας μύρας όπως είναι το άρωμα και η γεύση μπορεί να καθοριστεί από το στέλεχος της ζύμης και τις συνθήκες ζύμωσης. Η μύρα lager και ale είναι οι μύρες που καταναλώνονται στην πλειοψηφία τους σε όλο τον κόσμο. Τα στελέχη των μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται για τη ζύμωση αυτών των ειδών μύρας είναι *Saccharomyces pastorianus* στους 7-10 °C και *Saccharomyces cerevisiae* στους 18-25 °C (Copetti, 2019).

(d) Νερό

Το νερό είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που λαμβάνουν μέρος στην παραγωγή της μύρας, καθώς η ζυθοποίηση είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιεί μεγάλες ποσότητες νερού που μάλιστα πολλές φορές είναι από 5 έως και 10 φορές περισσότερο από την ποσότητα της παραγομένης μύρας. Το νερό είναι υλικό που αξιοποιείται σε πληθώρα διαφορετικών διαδικασιών κατά την παραγωγή μύρας, όπως στην πολτοποίηση, στον βρασμό, στη διήθηση και στη συσκευασία, αλλά η πλειονότητα της χρήσης του νερού γίνεται για τον καθαρισμό. Η μύρα αποτελείται από περίπου 90% νερό με αποτέλεσμα, το νερό, να επιφέρει διάφορες επιπτώσεις και μεταβολές στη γεύση λόγω των παραμέτρων που επηρεάζει. Οι παράμετροι αυτοί μπορεί να είναι το pH, η αλκαλικότητα, οι συγκεντρώσεις των ιόντων μετάλλων, οι μικροοργανισμοί, κ.ά. Ταυτόχρονα, στη ζυθοποιία το νερό θα πρέπει να είναι καθαρό και να ελέγχεται η σκληρότητά του. Η αλκαλικότητά του θα πρέπει να είναι μικρότερη από 50 mg L⁻¹ και θα πρέπει να περιέχει 50-100 mg L⁻¹ ασβεστίου (Anderson, 2019).

Ενότητα 1.03 Στάδια παραγωγής

Η διαδικασία της ζυθοποίησης αποτελείται από τον συνδυασμό πολλαπλών διαδικασιών για τη δημιουργία του τελικού προϊόντος που είναι η μύρα. Η ποικιλομορφία που μπορεί να δημιουργηθεί στα προϊόντα της μύρας είναι μεγάλη, καθώς κάθε ζυθοποιός διαμορφώνει τις δικές του συνθήκες παραγωγής όπως η θερμοκρασία ή το είδος του κριθαριού, για την παραγωγή του προϊόντος του (Kenechukwu, 2019).



Εικόνα 4: Διαδικασία ζυθοποίησης (<https://zythos.webnode.gr/>).

Η δημιουργία του σώματος της μύρας είναι ένα σημαντικό βήμα στη διαδικασία ζυθοποίησης. Αρχικά από την προσθήκη βύνης κριθαριού και νερού ζυθοποιίας δημιουργείται ένα μίγμα το οποίο καλείται ‘πολτός’. Το μίγμα αυτό θερμαίνεται περίπου στους 60 °C. Τα ένζυμα της βύνης, κυρίως οι αμυλάσες και οι πρωτεάσες, αποικοδομούν το άμυλο και τις πρωτεΐνες, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός μίγματος σακχάρων και πεπτιδίων ή αμινοξέων. Για να επιτευχθεί αυτό το κριθάρι προηγουμένως υποβάλλεται σε ελεγχόμενη διαδικασία βλάστησης, κατά την οποία τα ένζυμα ενεργοποιούνται στον κόκκο του κριθαριού πριν από την πραγματοποίηση της ζυθοποίησης. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται βυνοποίηση και το προϊόν της χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τη δημιουργία του πολτού ζυθοποιίας. Η παραγωγή των σακχάρων από άμυλο σταματάει με την θέρμανση. Η δημιουργία του χρώματος της βύνης, που είναι ανοιχτόχρωμο ή κεχριμπαρένιο ακόμη και σκούρο, δημιουργείται λόγω της καραμελοποίησης των σακχάρων. Σημαντικό ρόλο στην καραμελοποίηση παίζουν και οι συνθήκες όπως είναι ο χρόνος και η θερμοκρασία. Ακόμη πρέπει να αναφερθεί ότι το χρώμα της μύρας προκύπτει από το χρώμα της βύνης ή και από συνδυασμό περισσότερων συστατικών. Οι

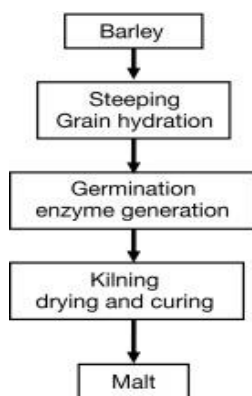
σκουρόχρωμες βύνες είναι και αυτές που εμφανίζουν ιδιαιτερότητες στην οργανοληπτική τους αξιολόγηση, οι οποίες είναι χαρακτηριστικές για τις σκουρόχρωμες μύρες. Όταν η διήθηση φτάσει στο τέλος, το διάλυμα των σακχάρων προστίθεται στον βραστήρα ζυθοποιίας όπου και υποβάλλεται στη διαδικασία του βρασμού για τουλάχιστον μια ώρα με την προσθήκη λυκίσκου (*Humulus lupulus* L.). Κάποια από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του λυκίσκου είναι η ενίσχυση της πικρής γεύσης, η σταθερότητα του αφρού και η αντιμικροβιακή/αντιοξειδωτική του δράση. Μετά την ψύξη και τη απομάκρυνση του χρησιμοποιούμενου λυκίσκου, το υγρό μεταφέρεται με μια αντλία στα δοχεία ζύμωσης. Στη συνέχεια, προστίθενται μαγιά υπό αερισμό. Κατά τη διάρκεια της αναερόβιας φάσης τα κύτταρα της ζύμης μετατρέπουν τα σάκχαρα σε αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα. Η διαδικασία ζύμωσης της μύρας επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία και τη φύση της μαγιάς στο τέλος της περιόδου ζύμωσης. Αυτές οι παράμετροι καθορίζουν αν η μύρα θα ανήκει στη κατηγορία των μπυρών με “βυθοζύμες (lager)” ή “αφροζύμες (ale)”. Οι μύρες που παράγονται με “βυθοζύμες” χαρακτηρίζονται από τη χρήση στελεχών ζύμης, κυρίως του *Saccharomyces carlsbergensis*. Αυτά τα στελέχη ζύμης είναι ενεργά σε χαμηλές θερμοκρασίες, κάτω από 5 °C και κατακάθονται στον πυθμένα του ζυμωτήρα μετά την παραγωγή περίπου 5% αιθανόλης. Αυτή η διαδικασία οδηγεί στη δημιουργία μιας μύρας με χαμηλό αλκοολικό ποσοστό και καθαρή γεύση. Αντίθετα, οι μύρες με “αφροζύμες” παράγονται με την χρήση ζυμομυκήτων όπως ο *Saccharomyces cerevisiae*. Αυτοί οι ζυμομύκητες λειτουργούν σε υψηλότερες θερμοκρασίες και μπορούν να αντέξουν σε υψηλότερες συγκεντρώσεις αιθανόλης, έως και 12%. Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, τα κύτταρα της μαγιάς ανεβαίνουν στη επιφάνεια και σχηματίζουν ένα πυκνό αφρό. Έτσι η θερμοκρασία και η μαγιά που χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία ζύμωσης, καθορίζουν όχι μόνο την ποσότητα του αλκοολικού ποσοστού, αλλά και το γευστικό προφίλ της μύρας που παράγεται (Kenechukwu, 2019).

Η διαδικασία ζύμωσης της μύρας είναι ένα πολύπλοκο και χρονοβόρο εγχείρημα που απαιτεί προσοχή και αφοσίωση από τους ζυθοποιούς. Μια τυπική ζύμωση διαρκεί περίπου μια εβδομάδα με αποτέλεσμα την παραγωγή της λεγομένης “πράσινης μύρας” η νεαρής μύρας. Αυτή η φάση της ζύμωσης είναι κρίσιμη καθώς διάφορες επιβλαβείς ενώσεις μπορεί να δημιουργηθούν κατά τη διάρκειά της. Ωστόσο η νεαρή μύρα δεν είναι πόσιμη, καθώς χρειάζεται μια περίοδο ωρίμασης αρκετών εβδομάδων σε χαμηλές θερμοκρασίες

περίπου 0°C. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου τα ανεπιθύμητα συστατικά αποσυντίθενται αργά, επιτρέποντας στην μύρα να αποκτήσει την επιθυμητή ποιότητα και γεύση. Μόνο αφού η περιεκτικότητα μειωθεί κάτω από τις κρίσιμες τιμές μπορεί να συσκευαστεί η μύρα. Υπάρχουν και περιπτώσεις όπου οι μύρες ανάλογα με το είδος τους, μπορεί να απαιτούν μια δεύτερη ζύμωση για τη δημιουργία ιδιαίτερων γευστικών χαρακτηριστικών. Αυτή η δεύτερη ζύμωση συνήθως λαμβάνει χώρα σε δρύινα βαρέλια και μπορεί να διαρκέσει αρκετούς μήνες. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία ξινών γεύσεων που χαρακτηρίζουν τις μύρες αυτές. Συνολικά η ζύμωση και η ωρίμανση της μύρας είναι μια διαδικασία που απαιτεί χρόνο, γνώση και προσοχή για να δημιουργηθούν μοναδικά ποιοτικά ποτά (Kenechukwu, 2019).

(a) Διαδικασία βυνοποίησης

Η ζυθοποίηση είναι μια σύνθετη διαδικασία που περιλαμβάνει διάφορα στάδια, εκ των οποίων τα πιο σημαντικά είναι η βυνοποίηση, η πολτοποίηση και η ζύμωση. Στη βυνοποίηση, το κριθάρι μετατρέπεται σε βύνη, μέσω ελεγχόμενης βλάστησης και αποξήρανσης, με σκοπό την ανάπτυξη ενζύμων που θα διευκολύνουν τη διάσπαση του αμύλου και των πρωτεϊνών κατά την πολτοποίηση. Η ζύμωση του γλεύκους που προκύπτει δημιουργεί την μύρα, ένα προϊόν που απαιτεί προσεκτικό χειρισμό και ελεγχόμενες συνθήκες παραγωγής. Η όλη διαδικασία συνδυάζει βιοχημικές και μηχανικές διεργασίες, υποστηριζόμενες από τη βιοτεχνολογία, διασφαλίζοντας την ποιότητα του τελικού προϊόντος (Kenechukwu, 2019).



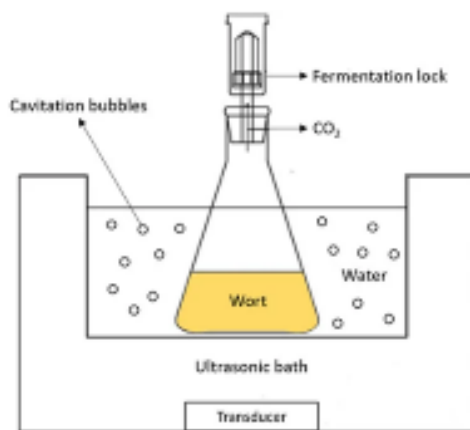
Εικόνα 5: Διαδικασία βυνοποίησης (Stewart, 2013) .

(b) Βρασμός του ζυθογλεύκους

Η παραγωγή μύρας είναι μια διαδικασία που συνδυάζει τέχνη και επιστήμη, με το στάδιο του βρασμού να παίζει κρίσιμο ρόλο στη διαμόρφωση της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Κατά τη διάρκεια του βρασμού, πραγματοποιούνται σημαντικές βιοχημικές και φυσικές διεργασίες, όπως η αποστείρωση και η εκχύλιση συστατικών, που επηρεάζουν τη γεύση, το άρωμα και τη σταθερότητα της μύρας (Carvalho et al., 2023).

(c) Ψύξη ζυθογλεύκους

Η ψύξη επηρεάζει άμεσα τη ζύμωση και κατά συνέπεια τη γεύση, τη σταθερότητα και την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Η διαδικασία αυτή πρέπει να πραγματοποιείται γρήγορα για να αποτραπεί η ανάπτυξη μικροοργανισμών και βακτηρίων και να εξασφαλιστεί καλύτερη απόδοση της ζύμωσης. Τεχνολογικές βελτιώσεις, όπως οι εξελιγμένοι πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας, βελτιστοποιούν την ψύξη, μειώνοντας το κόστος και την κατανάλωση ενέργειας.



Εικόνα 6: Βρασμός ζυθογλεύκους (Carvalho et al., 2023).

(d) Ζύμωση

Μετά την ψύξη, ακολουθεί η ζύμωση, όπου ο μούστος ζυμώνεται υπό ελεγχόμενες θερμοκρασίες για περίπου 19-20 ημέρες, καθορίζοντας την περιεκτικότητα σε αλκοόλη και

τα χαρακτηριστικά της γεύσης. Η ζύμωση είναι μια αρχαία βιοτεχνολογική διαδικασία με σημαντική εφαρμογή στη ζυθοποιία, αποτελώντας τη βάση για την παραγωγή μπίρας. Στο επίκεντρο αυτής της διαδικασίας είναι οι ζυμομύκητες, που μετατρέπουν τα σάκχαρα σε αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα. Στη σύγχρονη ζυθοποιία, τα κυλινδρoκωνικά δοχεία έχουν επικρατήσει λόγω της αποδοτικότητάς τους και της ευκολίας καθαρισμού. Το υλικό κατασκευής τους, ο ανοξείδωτος χάλυβας, προσφέρει αντοχή και καλή θερμική αγωγιμότητα. Η ζύμωση, αν και κατανοητή σε βιοχημικό επίπεδο, παραμένει μια διαδικασία που συνδυάζει επιστήμη και τέχνη για την παραγωγή μπίρας υψηλής ποιότητας. Στη συνέχεια, το προϊόν μεταφέρεται σε δεξαμενές ωρίμανσης, όπου παραμένει για 4-7 ημέρες σε χαμηλές θερμοκρασίες για την ανάπτυξη της τελικής γεύσης. Συνολικά, η βελτίωση των παραγωγικών διαδικασιών οδηγεί σε υψηλότερη ποιότητα μπίρας, ικανοποιώντας τις προσδοκίες των καταναλωτών (Milani and Silva, 2022).

(e) Εμφιάλωση

Η σταθερότητα της γεύσης της μπίρας είναι κρίσιμη για την ποιότητα και τη διάρκεια ζωής της. Κύριοι παράγοντες που την επηρεάζουν είναι η θερμοκρασία, η έκθεση στο φως, οι δονήσεις κατά τη μεταφορά και η παρουσία οξυγόνου. Η σωστή αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες (0-5 °C) επιβραδύνει τις χημικές αντιδράσεις που υποβαθμίζουν τη γεύση. Η έκθεση στο φως μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες χημικές αντιδράσεις που αλλοιώνουν τη γεύση, ενώ οι ζυθοποιίες χρησιμοποιούν συνήθως χρωματιστά μπουκάλια ή κουτιά για να προστατεύσουν τη μπίρα. Οι δονήσεις κατά τη μεταφορά μπορεί να αναμιγνύουν το οξυγόνο με τη μπίρα, αυξάνοντας τις οξειδωτικές αντιδράσεις και τη γήρανση του προϊόντος. Η σύγχρονη τεχνολογία εμφιάλωσης μειώνει τα επίπεδα οξυγόνου, αλλά οι δονήσεις μπορούν να επιταχύνουν τη γήρανση της μπίρας. Οι ζυθοποιοί πρέπει να εξισορροπούν τις ανάγκες ποιότητας με τα κόστη και τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των υλικών συσκευασίας, ενώ η διατήρηση της γεύσης και της ποιότητας αποτελεί πρόκληση για τη βιομηχανία ζυθοποιίας (Jaskula-Goiris et al., 2019).

Ενότητα 1.04 Τι ονομάζουμε craft μύρα

Ο ορισμός της craft μύρας αποτελεί αντικείμενο συζήτησης και διαφοροποίησης ανάλογα με την χώρα και τις ζυθοποιητικές παραδόσεις που επικρατούν σε κάθε περιοχή. Η διαφοροποίηση αυτή επηρεάζεται από ποικίλες νομικές, φορολογικές και πολιτισμικές συνθήκες. Ο πλέον διαδεδομένος και αναγνωρίσιμος ορισμός προέρχεται από την ένωση ζυθοποιών των ΗΠΑ, η οποία ορίζει τη craft μύρα ως προϊόν μικρής ανεξάρτητης και παραδοσιακής ζυθοποιίας. Ο όρος “μικρή” αναφέρεται σε ζυθοποιίες που παράγουν λιγότερο από 6 εκατομμύρια βαρέλια ετησίως (περίπου 704 εκατομμύρια λίτρα). “Ανεξάρτητη” σημαίνει ότι λιγότερο από το 25% της ζυθοποιίας ανήκει σε μια μεγάλη βιομηχανική ζυθοποιία. Ο όρος “παραδοσιακή” αναφέρεται στη γεύση της μύρας που προέρχονται από τη χρήση κοινώς ιστορικών ή καινοτόμων συστατικών και τη ζύμωσή τους. Πολλοί συγγραφείς συμφωνούν ότι η craft μύρα χαρακτηρίζεται ως ένα αφιλτράριστο και μη παστεριωμένο προϊόν που παράγεται σε μικρή ανεξάρτητη και παραδοσιακή ζυθοποιία. Αυτές οι ζυθοποιίες επικεντρώνονται στη γεύση και τις τεχνικές που χρησιμοποιούν και στοχεύουν κυρίως στην τοπική αγορά. Η διατήρηση της ανεξαρτησίας από μεγάλες εταιρείες είναι κρίσιμη για να μη χαθεί η έννοια της χειροτεχνίας. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια αυξημένη τάση για χρήση καινοτόμων συνδυασμών βυνοποιημένων δημητριακών, αλλαγή της ποσότητας και της ποιότητας του λυκίσκου, καθώς και προσθήκη φρούτων, μπαχαρικών και νέων πρώτων υλών με σκοπό την τροποποίηση των αρωμάτων και της γεύσης της μύρας. Αυτή η ελευθερία στην πειραματική ζυθοποιία έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός ποικιλόμορφου προϊόντος που επικεντρώνεται στην ανεπτυγμένη γεύση και όχι στην χαμηλή τιμή (Morgan et al., 2022).

Γενικότερα, η βιοτεχνική ζυθοποιία έχει αναπτυχθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια με διάφορους φορείς να θέτουν πρότυπα και κανονισμούς για την προστασία και την προώθηση του κλάδου. Η ένωση ζυθοποιών στις ΗΠΑ, η Society of Independent Brewers (SIBA) στη Βρετανία και η ιταλική κυβέρνηση έχουν αναπτύξει συγκεκριμένα κριτήρια για τον ορισμό και τη διατήρηση της βιοτεχνικής ζυθοποιίας (Villacreces et al., 2022).

➤ Ένωση ζυθοποιών στις ΗΠΑ

Η ένωση ζυθοποιών στις ΗΠΑ είναι ένας οργανισμός αφίλοκερδούς χαρακτήρα που εκπροσωπεί μικρά και ανεξάρτητα ζυθοποιία. Ο ορισμός της βιοτεχνικής ζυθοποιίας από την ένωση βασίζεται σε τρία βασικά χαρακτηριστικά:

- Ετήσια παραγωγή: το ζυθοποιό πρέπει να έχει ετήσια παραγωγή που δεν υπερβαίνει τα 7.040.867 εκατόλιτρα ή 6 εκατομμύρια βαρέλια μύρας (ΗΠΑ).
- Ανεξαρτησία: το 25% της επιχείρησης δεν πρέπει να ανήκει σε άλλο μέλος της βιομηχανίας αλκοολούχων ποτών.
- Αδειοδότηση και παραγωγή: το ζυθοποιό πρέπει να παράγει τη δική του μύρα χωρίς ανάθεση της παραγωγής σε τρίτους.

➤ Society of Independent Brewers (SIBA) στη Βρετάνια

Είναι ο οργανισμός που εκπροσωπεί τους ζυθοποιούς στη Βρετάνια και έχει δημιουργήσει ένα σύστημα πιστοποίησης που εξασφαλίζει την ποιότητα και την ανεξαρτησία των ζυθοποιών. Για να αποκτήσει ένα ζυθοποιό τη σφραγίδα της SIBA πρέπει να πληροί δυο βασικά κριτήρια:

- Πρωτότυπο ασφάλειας και ποιότητας τροφίμων: το ζυθοποιό πρέπει να συμμορφώνεται με το πρότυπο ασφάλειας και ποιότητας τροφίμων της SIBA.
- Ανεξαρτησία: το ζυθοποιό πρέπει να είναι ανεξάρτητο και να μην έχει σύνδεση με κάποιο μεγαλύτερο οργανισμό ζυθοποιίας.

➤ Νομοθεσία για τη βιοτεχνική μύρα στην Ιταλία

Η ιταλική κυβέρνηση έχει αναγνωρίσει τη σημασία του τομέα της craft μύρας και έχει θεσπίσει νομό για την προστασία της αξιοπιστίας της αγοράς. Ο νόμος αυτός καθορίζει σαφώς τι μπορεί να χαρακτηριστεί και να πωλείται ως craft μύρα:

- Μικρή παραγωγή: η craft μύρα πρέπει να προέρχεται από ένα ζυθοποιό με ετήσια παραγωγή που δεν υπερβαίνει τα 200.000 εκατόλιτρα.
- Ανεξαρτησία: το ζυθοποιό πρέπει να λειτουργεί ανεξάρτητα από οποιοδήποτε άλλο ζυθοποιό.
- Μη παστερίωση και φιλτράρισμα: η μύρα δεν πρέπει να υποβάλλεται σε παστερίωση ή φιλτράρισμα.

Οι προσεγγίσεις αυτές δείχνουν τη δέσμευση διάφορων χωρών και οργανισμών να υποστηρίξουν την ανάπτυξη και τη βιωσιμότητα της βιοτεχνικής ζυθοποιίας προσφέροντας

παράλληλα ένα πλαίσιο που εξασφαλίζει την ποιότητα και την ανεξαρτησία των προϊόντων (Villacreces et al., 2022).

Η έννοια της craft μύρας είναι πολυδιάστατη και διαφοροποιείται σημαντικά από την παραδοσιακή μαζική παραγωγή μύρας. Ένα σημείο εκκίνησης για τον ορισμό της craft μύρας είναι η εξέταση των κριτηρίων που εφαρμόζουν οι επαγγελματικές ενώσεις του κλάδου, καθώς και η διάκριση μεταξύ των όρων «μικροζυθοποιία» και «βιοτεχνία ζυθοποιίας». Η «μικροζυθοποιία» ορίζεται κυρίως από το μέγεθος της παραγωγής της. Πρόκειται για μια ζυθοποιία που παράγει μύρα σε μικρές ποσότητες κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο παραγωγής. Μια μικροζυθοποιία μπορεί να πληροί τις προϋποθέσεις για να χαρακτηριστεί ως βιοτεχνική ζυθοποιία εφόσον πληρούνται και άλλα καθοριστικά χαρακτηριστικά πέρα από το μέγεθος της παραγωγής.

Ενότητα 1.05 Διατροφική αξία της μύρας

Η διατροφική αξία της μύρας και η επίδρασή της στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών είναι ένα περίπλοκο θέμα, καθώς η σύνθεσή της ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με τις πρώτες ύλες και τη μέθοδο παραγωγής. Η περιεκτικότητα σε αλκοόλη στις μύρες μπορεί να κυμαίνεται και πάνω από 10% v/v. Στις μύρες που παράγονται στα μοναστήρια Trappiste μπορεί να φτάσει έως και κάτω από 0,05% στα προϊόντα χωρίς αλκοόλη. Η πλειονότητα των μπυρών παγκοσμίως έχει περιεκτικότητα σε αλκοόλη μεταξύ 3-6%v/v. Η αιθανόλη έχει ενεργειακή συνεισφορά 7 kcal/g σε σύγκριση με την πρωτεΐνη που παρέχει 4 kcal/g και τους υδατάνθρακες που προσφέρουν 3,75 kcal/g. Επιπλέον, οι μύρες που έχουν υποστεί συμβατική ζύμωση μπορεί να διατηρούν περίπου 25% του αμύλου σε μερικώς αποικοδομημένη μη ζυμώσιμη μορφή, η οποία συμβάλει στην αύξηση του αριθμού των θερμίδων. Αντίθετα, οι λεγόμενες “light” μύρες περιέχουν γενικά ελάχιστα επίπεδα υδατανθράκων, κάνοντας τις μια επιλογή με χαμηλότερες θερμίδες για τους καταναλωτές. Η μύρα είναι συχνά αναγνωρισμένη ως μια πηγή σεληνίου, ενός ιχνοστοιχείου που παίζει κρίσιμο ρολό σε διάφορες μεταβολικές διεργασίες. Επιπλέον, η μύρα διαθέτει μια σχετικά υψηλή αναλογία κάλιο προς νάτριο, η οποία είναι συνεπής με μια δίαιτα χαμηλής περιεκτικότητας σε νάτριο και μπορεί να συμβάλει στη μείωση της

αρτηριακής πίεσης. Η μύρα επίσης έχει σημαντική διουρητική δράση, μεγαλύτερη από αυτή του νερού, κάτι που μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ενυδάτωση του οργανισμού. Η διουρητική αυτή δράση οφείλεται κυρίως στην περιεκτικότητα της σε αλκοόλη και σε αλλά συστατικά που επηρεάζουν την απέκκριση νερού από το σώμα. Επιπλέον, η μύρα περιέχει μεταξύ 0,4 και 6,2 g/L διαιτητικών ινών που είναι σημαντικές για την πέψη και τη συνολική υγεία του πεπτικού συστήματος. Συνεπώς, η διατροφική αξία της μύρας ποικίλει σημαντικά ανάλογα με την ποικιλία και τη μέθοδο παραγωγής της. Πάρα την ποικιλία αυτή η μύρα μπορεί να παρέχει διαφορά θρεπτικά συστατικά που συμβάλουν στη διατροφική αξία. Ωστόσο η μέτρια κατανάλωση είναι κλειδί για την αποφυγή αρνητικών επιπτώσεων στην υγεία. Γενικότερα, η μύρα είναι ένα σύνθετο ποτό με πλούσια χημική σύσταση που μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη στην υγεία όταν καταναλώνεται με υπευθυνότητα. Η συμβολή της στη διατροφή μέσω βιταμινών, των μετάλλων και των πολυφαινολών την καθιστά ένα ενδιαφέρον αντικείμενο μελέτης (Tefera and Ayele, 2020).

Ενότητα 1.06 Φαινολικά και Αντιοξειδωτικά συστατικά της μύρας – Οφέλη στην υγεία

Τα τελευταία χρονιά η κατανάλωση μύρας παρουσιάζει σταθερή αύξηση στην κατανάλωση, ακόμα και σε χώρες όπου τα αλκοολούχα ποτά δεν είναι διαδεδομένα. Η μύρα αποτελείται από τέσσερα βασικά συστατικά νερό, μαγιά, βύνη και λυκίσκο, τα οποία συνεισφέρουν σε μια πληθώρα χημικών ενώσεων που αντιδρούν και αλληλοεπιδρούν καθόλη τη διάρκεια της ζυθοποίησης. Αυτές οι ενώσεις ποικίλουν και έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην τελική ποιότητα του προϊόντος. Η υπεύθυνη και με μέτρο κατανάλωση μύρας μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη στην ανθρώπινη υγεία. Η μύρα είναι πηγή βιταμινών όπως B2, B6 και B12, καθώς και υδατανθράκων, αμινοξέων, φαινολικών ενώσεων και μετάλλων. Οι φαινολικές ενώσεις που βρίσκονται σε αφθονία στα φρούτα τα λαχανικά και τα δημητριακά είναι γνωστές για τις αντιβακτηριακές, αντιμυκητιακές, αντιφλεγμονώδεις και αντικαρκινικές ιδιότητές τους, ενώ προλαμβάνουν και ασθένειες που σχετίζονται με τη γήρανση. Επιπλέον, επηρεάζουν τη γεύση, το χρώμα και τη σταθερότητα της μύρας όσον αφορά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της. Οι

συγκεντρώσεις των ανόργανων συστατικών της μύρας ποικίλουν ανάλογα με τις πρώτες ύλες, τις μεθόδους ζυθοποίησης, τον εξοπλισμό, τη διαδικασία εμφιάλωσης και τις πιθανές νοθεύσεις (Wu et al., 2024).

Στην παραγωγή μύρας οι φαινολικές ενώσεις προέρχονται κυρίως από τη βύνη και τον λυκίσκο και διαδραματίζουν κρίσιμο ρολό στην αντιοξειδωτική δράση του ποτού. Η βύνη κριθαριού συνεισφέρει κατά 70%-80% των φαινολικών ενώσεων, ενώ ο λυκίσκος παρέχει το υπόλοιπο 20%-30%. Οι ζυθοποιοί επιλέγουν συγκεκριμένες ποικιλίες βύνης κριθαριού και λυκίσκου, καθώς και συγκεκριμένες περιοχές καλλιέργειας για να εξασφαλίσουν την υψηλή περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά. Επιπλέον, η διαδικασία ζυθοποίησης βελτιστοποιείται προσεκτικά για να ενισχυθεί η αντιοξειδωτική ικανότητά της τελικής μύρας. Η άνοδος της βιοτεχνικής μύρας έχει ανοίξει νέες δυνατότητες στην ενίσχυση των αντιοξειδωτικών στην μύρα. Συγκεκριμένα, η χρήση νέων συστατικών όπως ορισμένα φρούτα και βότανα έχουν γίνει δημοφιλή. Αυτά τα νέα συστατικά όχι μόνο προσδίδουν μοναδικές και ενδιαφέρουσες γεύσεις στην μύρα, αλλά προσφέρουν επίσης πληθώρα βιολογικά ενεργών συστατικών, που μπορούν να ενισχύσουν περαιτέρω την αντιοξειδωτική δύναμη της μύρας και συμβάλουν στη διατήρηση της φρεσκάδας και της ποιότητας της μύρας για μεγάλο χρονικό διάστημα (Wu et al., 2024).

Η εφαρμογή αποτελεσματικών συγκεντρώσεων λυκίσκου αποτελεί βασικό παράγοντα στην παρασκευή λειτουργικής μύρας δεδομένου ότι ο λυκίσκος παρέχει φαινολικές ενώσεις που έχουν αποδεδειγμένα οφέλη για την υγεία. Η προσθήκη φρέσκων και αποξηραμένων φρούτων με υψηλή περιεκτικότητα σε φαινόλες καθώς και φυτικών συμπληρωμάτων ενισχύει τα αρώματα και τις γεύσεις προσφέροντας ταυτόχρονα ευεργετικά αποτελέσματα για την υγεία. Τα οφέλη από την κατανάλωση λειτουργικών μπυρών περιλαμβάνουν την αντιοξειδωτική δράση, την αντιφλεγμονώδη δράση και μείωση του κινδύνου για διάφορες ασθένειες. Η ανάπτυξη της βιομηχανίας ζυθοποίησης και η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών έχει επιτρέψει τη δημιουργία λειτουργικών μπυρών με πολλαπλά οφέλη για την υγεία (González-Salitre et al., 2023).

Οι ερευνητές έχουν μελετήσει εκτενώς το φαινολικό περιεχόμενο της μύρας και την επίδρασή της στον ανθρώπινο οργανισμό. Τα φαινολικά συστατικά της μύρας όπως η κατεχίνη, η ρουτίνη, η επικατεχίνη, το καφεϊκό οξύ και η ισοξανθοχουμόλη έχει αποδειχθεί

ότι διαθέτουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες που μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της υγείας. Μια από τις μελέτες που διεξήχθησαν ανέλυσε την επίδραση της μέτριας κατανάλωσης εμπορικής μύρας και craft μύρας στην οξειδοαναγωγική κατάσταση και την ακεραιότητα του ήπατος αρουραίων Wistar που εκτεθήκαν σε τετραχλωράνθρακα. Η μελέτη έδειξε ότι οι craft μύρες περιέχουν υψηλότερα ολικά φαινολικά συστατικά και αντιοξειδωτική δραστηριότητα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μύρες. Τα φαινολικά συστατικά της craft μύρας έχουν την ικανότητα να απομακρύνουν τις ελεύθερες ρίζες, οι οποίες προκαλούν οξειδωτικές βλάβες και κυτταρικό στρες. Ακόμη, φάνηκε ότι καμία από τις δυο κατηγορίες μύρας εμπορικής και craft δεν είχε επιβλαβείς επιδράσεις στον οργανισμό των αρουραίων. Η μέτρια κατανάλωση craft μύρας μπορεί να έχει ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία κυρίως λόγω υψηλών επίπεδων φαινολικών συστατικών και της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας. Παρόλο που δεν παρατηρήθηκε ηπατοπροστατευτική δράση, η αυξημένη ενζυματική δραστηριότητα που σχετίζεται με την οξειδοαναγωγική κατάσταση υποδηλώνει ότι η κατανάλωση craft μύρας μπορεί να βελτιώσει την αντιοξειδωτική άμυνα του οργανισμού (Tirado-Kulieva et al., 2023).

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως κύριο σκοπό την πραγματοποίηση φυσικοχημικών αναλύσεων στις κεφαλλονίτικες μύρες, με ιδιαίτερη έμφαση στις μύρες "Kefalonian Beer Premium Lager" και "Red Ale". Η ερευνά αυτή στοχεύει στη διερεύνηση των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αυτών, την αναλυτική εξέταση της διαδικασίας παραγωγής τους και την κατανόηση της έννοιας της "craft μύρας".

Ενότητα 2.01 Δειγματοληψία

Η δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο αυτής της πτυχιακής, είχε ως στόχο την αξιολόγηση των διαφορετικών σταδίων της παραγωγής διαδικασίας της μύρας, καθώς και την ανάλυση των χαρακτηριστικών των πρώτων υλών και του τελικού προϊόντος. Η δειγματοληψία διεξήχθη στο ζυθοποιείο και τα δείγματα συλλεχθήκαν σε διάφορα κρίσιμα στάδια της διαδικασίας παραγωγής.

Η πρώτη φάση δειγματοληψίας πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της ζύμωσης που αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στάδια παραγωγής μύρας. Σε αυτό το στάδιο συλλέχθηκαν δείγματα από το μείγμα που βρίσκεται υπό ζύμωση.

Μετά τη ζύμωση και πριν από την εμφιάλωση του προϊόντος πραγματοποιήθηκε δεύτερη δειγματοληψία. Κατά τη φάση αυτή το προϊόν παραμένει για ορισμένο χρονικό διάστημα κατά το οποίο σταθεροποιούνται τα χαρακτηριστικά του. Η δειγματοληψία σε αυτό το στάδιο έχει ως στόχο την αξιολόγηση της σταθερότητας και της ποιότητας της μύρας πριν αυτή εισέλθει τη διαδικασία της εμφιάλωσης.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία μετά το φιλτράρισμα της μύρας. Το φιλτράρισμα αποτελεί κρίσιμη διαδικασία για την απομάκρυνση στερεών σωματιδίων και την εξασφάλιση της καθαρότητας του προϊόντος. Τα δείγματα που συλλέχθηκαν μετά από αυτό το στάδιο αναλύθηκαν για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του φιλτραρίσματος και της ποιότητας του υγρού που οδηγηθεί στην εμφιάλωση.

Το τελικό στάδιο της δειγματοληψίας αφορούσε το ήδη εμφιαλωμένο προϊόν. Συλλέχθηκαν δείγματα από δυο διαφορετικές κατηγορίες μύρας, συγκεκριμένα την Premium lager (KB-PL) και την Red ale (KB-RA). Επιπλέον για συγκριτικούς λόγους αναλύθηκαν και δείγματα δύο εμπορικών ζύθων (CB-1 και CB-2).

Τα δείγματα συλλεχθήκαν σε φιαλίδια των 50 mL. Κάθε φιαλίδιο έφερε ειδική ετικέτα με πληροφορίες ταυτοποίησης όπως η παρτίδα παραγωγής και το είδος της μύρας. Παράλληλα με τις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν στα στάδια της παραγωγής συλλέχθηκαν δείγματα από δυο διαφορετικές ποικιλίες λυκίσκου καθώς και από τη βύνη.

Για τη διασφάλιση της ακεραιότητας των δειγμάτων κατά τη μεταφορά τους στο εργαστήριο, τα φιαλίδια με τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ειδικούς ψύκτες που περιείχαν παγοκύστες ώστε να διατηρηθεί χαμηλή θερμοκρασία και να αποφευχθεί οποιαδήποτε αλλοίωση. Κατά την άφιξη στον εργαστηριακό χώρο τα δείγματα τοποθετήθηκαν στο ψυγείο αποθηκευμένα σε ειδικά φιαλίδια μέχρι να διεξαχθούν οι αναλύσεις. Η δειγματοληψία καλύπτει όλα τα κρίσιμα στάδια της παραγωγής της μύρας από την επεξεργασία των πρώτων υλών έως το τελικό προϊόν διασφαλίζοντας έτσι την ολοκληρωμένη αξιολόγηση της διαδικασίας και την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος. Η ορθή διαχείριση και μεταφορά των δειγμάτων διασφαλίζει την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων και τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων από την ανάλυση που ακολουθεί.

Ενότητα 2.02 Προετοιμασία δείγματος

Για την προετοιμασία του δείγματος έγινε μεταφορά 100 mL σε ποτήρι ζέσεως με προσοχή προς αποφυγή δημιουργίας αφρού. Το περιεχόμενο των φιαλών ομογενοποιήθηκε με γυάλινη ράβδο για 10 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια, στα δείγματα απομακρύνθηκε το διοξείδιο του άνθρακα σε υπερήχους για 30 λεπτά 35 kHz και σε θερμοκρασία δωματίου. Η απουσία διοξειδίου του άνθρακα έγινε αντιληπτή λόγω έλλειψης φυσαλίδων του δείγματος. Οι αναλύσεις γίνονται αμέσως μετά το άνοιγμα και την απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα.

Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα ήταν η μέτρηση pH, ολικής οξύτητας, ολικό φαινολικό περιεχόμενο, χρώμα και αντιοξειδωτική ικανότητα.

Για την ανάλυση δειγμάτων βύνης η παρασκευή τους έγινε εν συντομία με τη άλεση της βύνης σε ηλεκτρικό μύλο και ζύγιση 25 g του δείγματος. Στη συνέχεια 225 mL απεσταγμένου νερού προστέθηκαν στη βύνη και τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο 45 °C για 15 λεπτά. Μετά την ψύξη ψύχθηκε στους 20 °C μέχρι τη χρήση της.

Για το δείγμα του λυκίσκου τα σφαιρίδια λυκίσκου αλεστήκαν με ηλεκτρικό μύλο και ζυγίστηκαν 5 g ξηρού υλικού λυκίσκου. Ο αλεσμένος λυκίσκος μεταφέρθηκε σε μία φιάλη με βραστό νερό και αφέθηκε να βράσει για 30 λεπτά. Μετά την ψύξη το περιεχόμενο της

φιάλης μεταφέρθηκε σε ογκομετρική φιάλη 1000 mL και ο όγκος συμπληρώθηκε με απεσταγμένο νερό. Το ίδιο το εκχύλισμα διηθήθηκε και διατηρήθηκε στους 20 °C μέχρι τη χρήση του.

Ενότητα 2.03 Μέτρηση pH

Για τη μέτρηση του pH χρησιμοποιήθηκε πεχάμετρο. Σε ένα ποτήρι ζέσεως προστέθηκαν 100 mL δείγματος μπύρας και με τη βοήθεια του πεχαμέτρου λαμβάνεται η τιμή του pH.

Ενότητα 2.04 Χρώμα

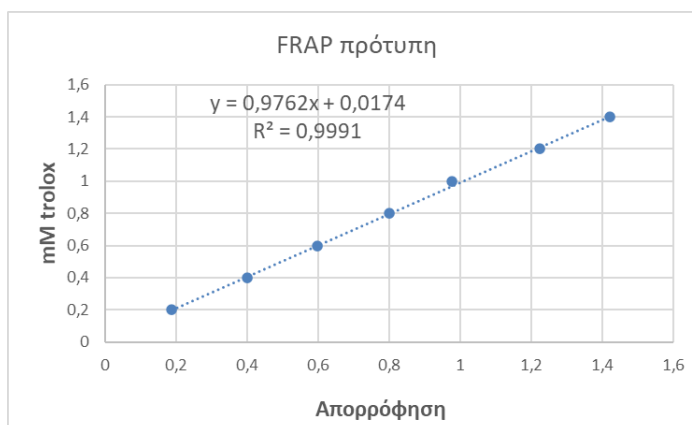
Τα δείγματα απαερώθηκαν με ήπια ανάδευση και διηθήθηκαν μέσω φίλτρου 0,45 μm . Στη συνέχεια, η απορρόφηση των δειγμάτων μετρήθηκε σε μήκος κύματος 430 nm σε κυψελίδες 1 cm και για τυφλό χρησιμοποιήθηκε νερό. Το χρώμα σε μονάδες EBC (European Brewery Convention) υπολογίστηκε σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο: Χρώμα (μονάδες EBC) = $A \times f \times 25$ όπου A είναι η απορρόφηση στα 430 nm σε κυψελίδα 1 cm και f είναι ο συντελεστής αραιώσης.

Ενότητα 2.05 Μέθοδοι Αντιοξειδωτικής Ικανότητας

(a) Αντιοξειδωτική ικανότητα – Ferric-Reducing Antioxidant Power FRAP

- Σε δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετούνται 125 μL κατάλληλα αραιωμένου δείγματος και 4875 μL διαλύματος FRAP.
- Παράλληλα, σε δοκιμαστικό σωλήνα ακολουθείται η ίδια διαδικασία, με απεσταγμένο νερό στη θέση του δείγματος.
- Ακολουθεί ανάδευση και παραμονή στο σκοτάδι για 30 λεπτά.
- Το προϊόν της αντίδρασης φωτομετράται σε πλαστικές κυψελίδες σε φασματοφωτόμετρο UV/Vis στα 593 nm (ThermoFischer, Helios Omega, UV-Vis).
- Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε ισοδύναμη συγκέντρωση Trolox (mg/L) μέσω πρότυπης καμπύλης.

Πρότυπη καμπύλη FRAP.



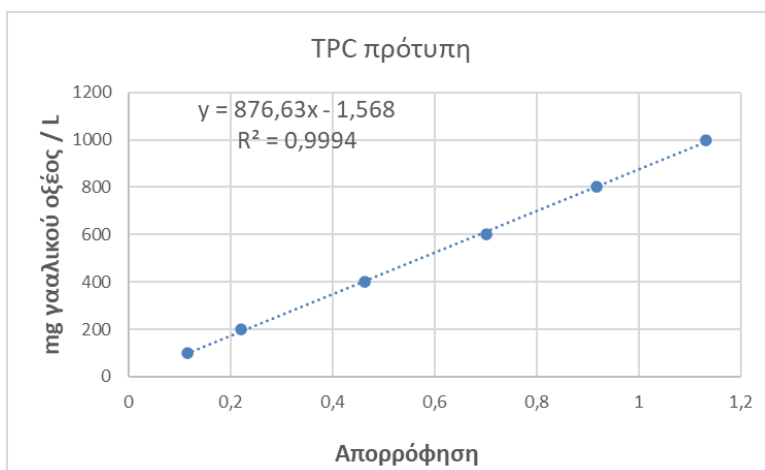
Διάλυμα FRAP: Για την παρασκευή του διαλύματος FRAP αναμιγνύονται σε αναλογία 10:1:1 (Α:Β:Γ) τα παρακάτω διαλύματα. Πριν τη χρήση του, το διάλυμα FRAP τοποθετείται σε υδατόλουτρο στους 37 °C για 4 λεπτά.

[Διάλυμα Α: υδατικό διάλυμα 0,3 M οξικού νατρίου. Διάλυμα Β: διάλυμα 0,01 M TPTZ (2, 4, 6-tripyrindyl-s-triazine) σε 0,04 M HCl. Διάλυμα Γ: υδατικό διάλυμα 0,02 M $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$].

(b) Ολικό φαινολικό περιεχόμενο TPC

Το TPC προσδιορίστηκε σύμφωνα με τη φασματοφωτομετρική μέθοδο Folin-Ciocalteu. Εν συντομία, 1,25 mL αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu (0,2 M) προστέθηκαν σε 250 μL δείγματος μύρας που είχε υποστεί απαέρωση ή γαλλικού οξέος GA (πρότυπο διάλυμα) και αφέθηκαν για 5 λεπτά. Στη συνέχεια, προστέθηκαν 2 mL διαλύματος ανθρακικού νατρίου (Na_2CO_3) (75 g/L) και απεσταγμένο νερό μέχρι 5 mL. Το διάλυμα επώαστηκε για 1 ώρα σε θερμοκρασία δωματίου στο σκοτάδι και στη συνέχεια μετρήθηκε η απορρόφηση στα 760 nm με φασματοφωτόμετρο UV-Vis (ThermoFischer, Helios Omega, UV-Vis). Οι τιμές απορρόφησης μετατράπηκαν σε ισοδύναμα γαλλικού οξέος (GAE) mg/L craft beer μέσω καμπύλης βαθμονόμησης που λήφθηκε με πρότυπο GA.

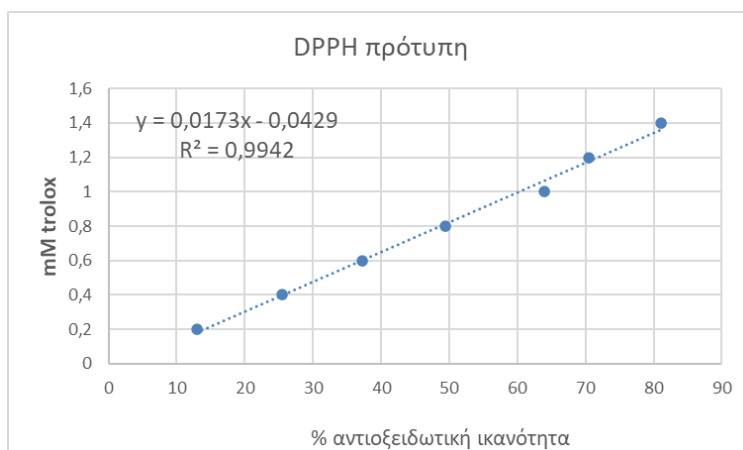
Πρότυπη καμπύλη TPC.



(c) Δραστηριότητα απορρόφησης DPPH (2,2-διφαινυλο-1-πικρυλυδραζυλιο)

Για την προετοιμασία του δείγματος διαλύθηκε σε αναλογία 1:1. Συγκεκριμένα, 125μL από το διάλυμα του δείγματος προστέθηκαν σε 4875 μL διαλύματος DPPH. Στη συνέχεια το διάλυμα παρέμεινε για 30 λεπτά σε συνθήκες σκότους και θερμοκρασίας δωματίου ώστε να επιτραπεί η πλήρη αντίδραση του αντιοξειδωτικού παράγοντα του δείγματος με το DPPH. Μετά την επώαση τα δείγματα υποβλήθηκαν σε φυγοκέντρηση. Στη συνέχεια το υποκείμενο μεταφέρθηκε σε κυψελίδα φασματοφωτόμετρου και πραγματοποιήθηκε μέτρηση της απορρόφησης στα 515nm όπου το DPPH παρουσιάζει μέγιστη απορρόφηση. Ως μηδενική τιμή (blank) χρησιμοποιήθηκε μεθανολικό διάλυμα προκειμένου να διορθωθεί η απορρόφηση του διαλυτή και άλλων πιθανών παραγόντων. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων εκφράστηκαν μέσω πρότυπης καμπύλης η οποία δημιουργήθηκε με τη χρήση γνωστών συγκεντρώσεων διαλύματος trolox.

Πρότυπη καμπύλη DPPH.



Ενότητα 2.06 Ολική οξύτητα (TA)

Η οξύτητα μετρήθηκε με τιτλοδότηση (50 mL απαερωμένης μύρας) με διάλυμα NaOH 0,1 M παρουσία φαινολοφθαλεΐνης ως δείκτη μέχρι την εμφάνιση ενός ανοιχτού ροζ χρώματος που παρέμενε για 1 λεπτό. Στα πιο σκούρα δείγματα, η τιτλοδότηση πραγματοποιήθηκε με βαθμονομημένο pH-μετρο, μετρώντας την ποσότητα NaOH που απαιτείται για την αύξηση του pH σε 8,2. Η ολική οξύτητα της μύρας υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τον τύπο: TA (ως γαλακτικό οξύ) = $V \times 0,9$, όπου V = όγκος σε mL του 0,1 M NaOH που χρησιμοποιήθηκε.

Ενότητα 2.07 Χρώμα

Το χρώμα στα απαερωμένα δείγματα πραγματοποιήθηκε σε εργαστηριακό χρωματόμετρο (Lovibond, PFX-i series, spectrophotometer) και εκφράστηκε στην κλίμακα L^* , a^* , b^* .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της πτυχιακής καθώς και διεξοδική συζήτηση των ευρημάτων. Η ανάλυση των δεδομένων αποσκοπεί στην αξιολόγηση των χαρακτηριστικών των διαφορετικών δειγμάτων μπύρας που εξεταστήκαν με έμφαση στο φαινολικό περιεχόμενο, την αντιοξειδωτική δράση, το χρώμα, το pH και άλλες κρίσιμες παραμέτρους. Μέσω της συγκριτικής ανάλυσης εξετάζονται οι διάφορες μεταξύ των δειγμάτων και οι πιθανές αιτίες αυτών των διαφορών, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη εικόνα για την ποιότητα και τις εφαρμογές των προϊόντων.

- Πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός του ολικού φαινολικού περιεχομένου (TPC), του pH καθώς και της περιεκτικότητας σε αιθανόλη (% v/v) των δειγμάτων CB-1, CB-2, KB-PL, KB-RA. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1 : Ολικό φαινολικό περιεχόμενο (TPC), pH και περιεκτικότητα αιθανόλης των εμπορικών δειγμάτων (CB-1 και CB-2) και των δειγμάτων Premium lager (KB-PL) και την Red ale (KB-RA).

Δείγμα	TPC (mg gallic acid/L)	pH	αιθανόλη (% v/v)
CB-1	373±12	4.22±0.01	5.0
CB-2	395±24	4.36±0.02	5.0
KB-PL	324±9	4.31±0.01	5.5
KB-RA	624±5	4.38±0.00	5.7

Τα δείγματα CB-1 και CB-2 παρουσίασαν παρόμοια επίπεδα TPC με το CB-2 να εμφανίζει ελαφρώς υψηλότερο φαινολικό περιεχόμενο (395 mg γαλλικού οξέος/L) σε σύγκριση με το CB-1 (373 mg γαλλικού οξέος/L). Το δείγμα KB-PL παρουσίασε χαμηλότερο TPC (324 mg γαλλικού οξέος/L) ενώ το δείγμα KB-RA εμφάνισε το υψηλότερο TPC από όλα τα δείγματα (624 mg γαλλικό οξύ/L).

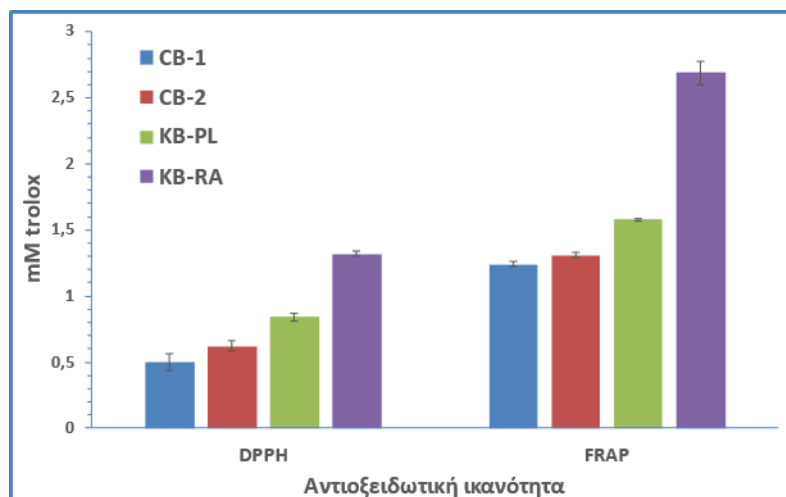
Όσον αφορά το pH, τα δείγματα κυμαίνονται από 4,22 έως 4,38 με το CB-1 να έχει το χαμηλότερο pH (4,22) και το KB-RA το υψηλότερο (4,38). Οι μετρήσεις της περιεκτικότητας σε αιθανόλη έδειξαν ότι το δείγμα KB-RA έχει την υψηλότερη περιεκτικότητα (5,7% v/v) ενώ το CB-1 και το CB-2 παρουσίασαν την χαμηλότερη (5,0% v/v).

Τα αποτελέσματα της μελέτης αποδεικνύουν διάφορες στα επίπεδα του ολικού φαινολικού περιεχομένου (TPC) μεταξύ των διαφορετικών δειγμάτων. Το δείγμα KB-RA εμφάνισε την υψηλότερη συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων γεγονός που μπορεί να αποδοθεί σε διαφορές στην προέλευση των πρώτων υλών ή στη διαδικασία παραγωγής του δείγματος. Η αυξημένη περιεκτικότητα σε φαινολικά οξέα όπως αυτή που παρατηρείται στο δείγμα KB-RA συνάδει με αυξημένες αντιοξειδωτικές ιδιότητες καθιστώντας το συγκεκριμένο δείγμα πιο ευεργετικό για την υγεία.

Η διαφορά στα επίπεδα του pH μπορεί να επηρεάσει τη σταθερότητα και την ποιότητα των προϊόντων, με το KB-RA να παρουσιάζει την υψηλότερη τιμή pH. Η μικρή διακύμανση του pH μεταξύ των δειγμάτων δείχνει ότι οι διαφορές δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές αλλά θα μπορούσαν να επηρεάσουν την τελική γεύση και την αίσθηση των προϊόντων.

Η περιεκτικότητα σε αιθανόλη παίζει σημαντικό ρόλο στην αποθήκευση και τη συντήρηση των προϊόντων. Το δείγμα KB-RA με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε αιθανόλη (5,7%) ενδέχεται να παρουσιάζει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στη μικροβιακή αλλοίωση.

- Πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας των δειγμάτων CB-1, CB-2, KB-PL, KB-RA μέσω δύο διαφορετικών μεθόδων της μεθόδου DPPH και της μεθόδου FRAP. Τα αποτελέσματα αυτών των αναλύσεων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.



Σχήμα 1: Η αντιοξειδωτική ικανότητα των εμπορικών δειγμάτων (CB-1 και CB-2) και των δειγμάτων Premium lager (KB-PL) και την Red ale (KB-RA) με τις μεθόδους DPPH και FRAP.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το δείγμα KB-RA παρουσιάζει την υψηλότερη αντιοξειδωτική δραστηριότητα και στις δυο μεθόδους με τιμή DPPH 1,32 mM Trolox και τιμή FRAP 2,69 mM Trolox. Το δείγμα KB-PL ακολουθεί με DPPH 0,84 mM Trolox και FRAP 1,58 mM Trolox. Τα δείγματα CB-1 και CB-2 παρουσίασαν χαμηλότερες τιμές και στις δύο μεθόδους.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αποδεικνύουν σαφείς διαφορές στην αντιοξειδωτική ικανότητα των δειγμάτων όπως μετρήθηκε μέσω των μεθόδων DPPH και FRAP. Το δείγμα KB-RA εμφανίζει την υψηλότερη αντιοξειδωτική δραστηριότητα γεγονός που υποδηλώνει ότι περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα αντιοξειδωτικών ενώσεων οι οποίες είναι ικανές να εξουδετερώνουν ελεύθερες ρίζες και να προστατεύουν από οξειδωτικό στρες.

Η διαφορά στην αντιοξειδωτική δραστηριότητα μεταξύ των δειγμάτων μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως η προέλευση των πρώτων υλών, η διαδικασία παραγωγής και η συγκέντρωση συγκεκριμένων βιοδραστικών ουσιών. Το KB-PL με τις σχετικά υψηλές τιμές DPPH και FRAP δείχνει ότι επίσης είναι ένα αξιόλογο δείγμα αν και λιγότερο ισχυρό από το KB-RA.

Τα δείγματα CB-1 και CB-2 αν και παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές δίνουν αξιοσημείωτες αντιοξειδωτικές ιδιότητες με το CB-2 να υπερτερεί ελαφρώς.

- Πραγματοποιήθηκε ανάλυση των χρωματικών παραμέτρων (L^* , a^* , b^*) των δειγμάτων CB-1, CB-2, KB-PL και KB-RA. Οι χρωματικές παράμετροι μετρούν τη φωτεινότητα και τις χρωματικές αποχρώσεις των δειγμάτων και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2 : Οι χρωματικοί παράμετροι (L^* , a^* , b^*) των εμπορικών δειγμάτων (CB-1 και CB-2) και των δειγμάτων Premium lager (KB-PL) και την Red ale (KB-RA).

Δείγμα	L^*	a^*	b^*	Χρώμα
CB-1	82.9±0.2	-0.3±0.1	46.0±0.2	
CB-2	81.4±0.4	0.8±0.3	52.2±0.5	
KB-PL	84.3±0.4	-1.1±0.4	45.1±2.2	
KB-RA	53.9±0.5	31.8±0.4	82.0±8.9	

Η παράμετρος L^* αντιπροσωπεύει τη φωτεινότητα του δείγματος όπου τιμές κοντά στο 100 υποδηλώνουν υψηλή φωτεινότητα (πιο ανοιχτά χρώματα) ενώ τιμές κοντά στο 0 υποδηλώνουν χαμηλή φωτεινότητα (πιο σκούρα χρώματα). Η παράμετρος a^* δείχνει την απόχρωση του δείγματος με θετικές τιμές να υποδεικνύουν κόκκινη απόχρωση και αρνητικές τιμές πράσινη. Τέλος, η παράμετρος b^* υποδεικνύει το επίπεδο κίτρινου (θετικές τιμές) ή μπλε (αρνητικές τιμές).

Τα αποτελέσματα της χρωματικής ανάλυσης καταδεικνύουν σημαντικές διαφορές στη φωτεινότητα και τις χρωματικές αποχρώσεις μεταξύ των διαφορετικών δειγμάτων. Το δείγμα KB-RA εμφανίζει τη μεγαλύτερη απόκλιση από τα υπόλοιπα δείγματα με την τιμή L^* (53.9) να είναι σημαντικά χαμηλότερη υποδηλώνοντας ότι είναι πολύ πιο σκούρο σε σύγκριση με τα άλλα δείγματα. Αυτό πιθανόν οφείλεται σε υψηλότερη συγκέντρωση χρωστικών ουσιών ή σε διαφορετική διαδικασία επεξεργασίας.

Η παράμετρος a^* για το KB-RA είναι θετική και αρκετά υψηλή (31.8) υποδηλώνοντας έντονη κόκκινη απόχρωση, όπως υποδηλώνει και το όνομά της, RED ALE, σε αντίθεση με τα άλλα δείγματα που κυμαίνονται γύρω από το μηδέν με το CB-1 και το KB-PL να έχουν ελαφρώς αρνητικές τιμές υποδηλώνοντας πράσινη απόχρωση και το CB-2 να έχει ελαφρώς θετική τιμή (0.8) υποδηλώνοντας μια αχνή κόκκινη απόχρωση.

Η παράμετρος b^* δείχνει ότι το δείγμα KB-RA έχει τη μεγαλύτερη τιμή (82.0) υποδηλώνοντας έντονη κίτρινη απόχρωση, ενώ τα άλλα δείγματα έχουν χαμηλότερες τιμές με το CB-2 να είναι πιο κίτρινο (52.2) σε σχέση με το CB-1 (46.0) και το KB-PL (45.1).

Συνολικά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το δείγμα KB-RA διαφέρει σημαντικά από τα υπόλοιπα δείγματα έχοντας πιο σκούρο χρώμα με έντονες κόκκινες και κίτρινες αποχρώσεις. Αυτό το δείγμα ενδέχεται να προέρχεται από διαφορετική πρώτη ύλη ή να έχει υποστεί διαφορετική επεξεργασία κάτι που επηρεάζει το τελικό χρωματικό το προφίλ. Τα δείγματα CB-1, CB-2 και KB-PL εμφανίζουν πιο ανοιχτά χρώματα με μικρές διαφορές στις αποχρώσεις τους, γεγονός που μπορεί να υποδηλώνει ομοιότητες στην επεξεργασία ή την προέλευση τους.

- Πραγματοποιήθηκε ανάλυση του χρώματος (EBC) και της οξύτητας (% γαλακτικού οξέος) των δειγμάτων μύρας CB-1, CB-2, KB-PL και KB-RA. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3 : Το χρώμα (EBC) και η οξύτητα των εμπορικών δειγμάτων (CB-1 και CB-2) και των δειγμάτων Premium lager (KB-PL) και την Red ale (KB-RA).

Δείγμα	Χρώμα (EBC)	Οξύτητα (% γαλακτικό οξύ)
CB-1	8.3±0.1	0.20±0.02
CB-2	9.8±0.1	0.19±0.01
KB-PL	7.1±0.4	0.21±0.02
KB-RA	39.5±0.6	0.26±0.02

Τα δείγματα μύρας που εξεταστήκαν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές τόσο στο χρώμα όσο και στην οξύτητά τους. Η τιμή EBC που αναφέρεται στο χρώμα είναι χαμηλότερη για το δείγμα KB-PL (7,1) και τα δείγματα CB-1 και CB-2 (8,3 και 9,8 αντίστοιχα), ενώ το δείγμα KB-RA εμφανίζει την υψηλότερη τιμή EBC (39,5) υποδηλώνοντας πολύ πιο σκούρο χρώμα.

Όσον αφορά την οξύτητα τα δείγματα κυμαίνονται από 0,19% έως 0,26% γαλακτικό οξύ με το δείγμα KB-RA να παρουσιάζει την υψηλότερη οξύτητα (0,26%) και το δείγμα CB-2 την χαμηλότερη (0,19%).

Τα αποτελέσματα της χρωματικής ανάλυσης (EBC) δείχνουν ότι το δείγμα KB-RA είναι σαφώς πιο σκούρο από τα υπόλοιπα δείγματα κάτι που είναι αναμενόμενο για μια μύρα τύπου Red Ale η οποία χαρακτηρίζεται από πλουσιότερο και πιο καραμελωμένο προφίλ. Οι τιμές EBC για τα δείγματα KB-PL, CB-1 και CB-2 είναι χαμηλότερες υποδηλώνοντας πιο ανοιχτόχρωμες μύρες οι οποίες πιθανόν να έχουν πιο ελαφρύ χαρακτήρα.

Η οξύτητα εκφρασμένη σε ποσοστό γαλακτικού οξέος παρουσιάζει μικρές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Το δείγμα KB-RA έχει την υψηλότερη οξύτητα (0,26%) και πιθανώς μπορεί να συνεισφέρει σε έναν πιο έντονο και πολύπλοκο γευστικό προφίλ. Τα υπόλοιπα δείγματα παρουσιάζουν χαμηλότερη οξύτητα με το KB-PL και τα δείγματα CB-1 και CB-2 να κυμαίνονται γύρω στο 0,20%. Οι διαφορές αυτές στην οξύτητα μπορεί να οφείλονται σε διαφορετικές διαδικασίες ζύμωσης ή στη χρήση διαφορετικών τύπων βύνης και άλλων συστατικών.

- Πραγματοποιήθηκε ανάλυση του ολικού φαινολικού περιεχομένου (TPC) καθώς και της αντιοξειδωτικής ικανότητας των δειγμάτων Malt, Hop1, Hop2 μέσω των μεθόδων DPPH και FRAP. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4: Το ολικό φαινολικό περιεχόμενο και η αντιοξειδωτική ικανότητα των δειγμάτων βύνης και λυκίσκων.

Sample	TPC (mg gallic acid/g)	DPPH ($\mu\text{mol Trolox/g}$)	FRAP ($\mu\text{mol Trolox/g}$)
Malt	3.5 $\pm$ 0.2	5.2 $\pm$ 0.6	12.9 $\pm$ 0.9
Hop1	47 $\pm$ 3	160 $\pm$ 10	255 $\pm$ 9
Hop2	27 $\pm$ 2	97 $\pm$ 19	117 $\pm$ 14

Τα αποτελέσματα δείχνουν σημαντικές διαφορές τόσο στο ολικό φαινολικό περιεχόμενο όσο και στην αντιοξειδωτική ικανότητα μεταξύ των διαφορετικών δειγμάτων. Το δείγμα Hop1 παρουσίασε το υψηλότερο TPC (47 mg γαλλικού οξέος/g) καθώς και τις υψηλότερες τιμές DPPH (160 $\mu\text{mol Trolox eq/g}$) και FRAP (255 $\mu\text{mol Trolox eq/g}$). Το δείγμα Hop2 παρουσίασε χαμηλότερες τιμές από το Hop1, με TPC 27 mg γαλλικού οξέος/g, DPPH 97 μmol

Trolox eq/g και FRAP 117 μmol Trolox eq/g. Το δείγμα Malt εμφάνισε τις χαμηλότερες τιμές και στις τρεις μετρήσεις με TPC 3.5 mg γαλλικού οξέος/g, DPPH 5.2 μmol Trolox eq/g και FRAP 12.9 μmol Trolox eq/g.

Τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν διάφορες στις φαινολικές ενώσεις και στην αντιοξειδωτική ικανότητα μεταξύ του δείγματος Malt και των δυο δειγμάτων Hor. Το Hor1 ξεχωρίζει για το υψηλότερο φαινολικό περιεχόμενο και την μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δραστηριότητα όπως φαίνεται από τις τιμές DPPH και FRAP. Αυτές οι υψηλές τιμές υποδηλώνουν ότι το Hor1 περιέχει μεγαλύτερες ποσότητες αντιοξειδωτικών ενώσεων οι οποίες είναι ικανές να εξουδετερώνουν ελεύθερες ρίζες και να προστατεύουν από το οξειδωτικό στρες. Το Hor2 αν και εμφανίζει χαμηλότερες τιμές από το Hor1 παραμένει σημαντικά ανώτερο από το Malt.

Το Malt έχει χαμηλότερες τιμές σε όλες τις μετρήσεις γεγονός που υποδηλώνει χαμηλότερη συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων και χαμηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη φύση της πρώτης ύλης καθώς η βύνη συνήθως περιέχει λιγότερα φαινολικά συστατικά σε σύγκριση με τον λυκίσκο.

Πίνακας 5 : Το ολικό φαινολικό περιεχόμενο και η αντιοξειδωτική ικανότητα των δειγμάτων σε διάφορα στάδια της ζυθοποίησης.

Δείγμα	TPC (mg gallic acid/g)	DPPH (mM Trolox)	FRAP (mM Trolox)
Ζύμωση	320±41	0.63±0.08	1.58±0.15
Ψύξη	324±11	0.63±0.06	1.67±0.03
Πριν την εμφιάλωση	347±24	0.58±0.03	1.53±0.08
Προϊόν	324±9	0.84±0.03	1.58±0.01

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα αποκαλύπτουν ενδιαφέρουσες αλλαγές στις παραμέτρους TPC, DPPH και FRAP κατά τα διαφορά στάδια επεξεργασίας του προϊόντος. Αρχικά το TPC (mg gallic/g) κατά τη ζύμωση βρίσκεται στα 320±41 mg/g ενώ στην επόμενη φάση της ψύξης παρατηρείται μια μικρή αύξηση στα 324±11 mg/g γεγονός που μπορεί να υποδεικνύει συγκέντρωση πολυφαινολών κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας.

Ωστόσο μετά την εμφιάλωση παρατηρείται μια μικρή πτώση στα 324 ± 9 mg/g υποδηλώνοντας πιθανές απώλειες των πολυφαινολών κατά τη διαδικασία εμφιάλωσης η και την πιθανή αστάθειας τους στο τελικό προϊόν. Όσον αφορά την αντιοξειδωτική δραστηριότητα που μετρήθηκε μέσω της μεθόδου DPPH (mM Trolox) κατά τη ζύμωση και την ψύξη παρατηρούνται σταθερές τιμές γύρω από τα 0.63 mM Trolox κάτι που δείχνει ότι οι διαδικασίες αυτές δεν επηρεάζουν σημαντικά την αντιοξειδωτική ικανότητα του προϊόντος. Ωστόσο πριν την εμφιάλωση η τιμή του DPPH μειώνεται ελαφρώς στα 0.58 ± 0.03 mM Trolox ενδεχόμενος λόγω επεξεργασιών που λαμβάνουν χώρα σε αυτό το στάδιο. Στο τελικό προϊόν όμως η τιμή του DPPH αυξάνεται σημαντικά στα 0.84 ± 0.03 mM Trolox γεγονός που υποδηλώνει αύξηση της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας στο τελικό στάδιο. Το FRAP (mM Trolox) που μετρά το δυναμικό ανάγωγης σιδηρού ξεκινάει από τα 1.58 ± 0.15 mM Trolox κατά τη ζύμωση και παρουσιάζει ελαφρά αύξηση κατά τη ψύξη στα 1.67 ± 0.03 mM Trolox. Πριν την εμφιάλωση το FRAP μειώνεται στα 1.53 ± 0.08 mM Trolox αλλά στο τελικό προϊόν η τιμή του παραμένει σταθερή στα 1.58 ± 0.01 mM Trolox δείχνοντας ότι η επεξεργασία του προϊόντος δεν επηρεάζει σημαντικά. Συνολικά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η επεξεργασία του προϊόντος από τη ζύμωση μέχρι την εμφιάλωση δεν προκαλεί σημαντικές μεταβολές στις βιοδραστικές ιδιότητες του. Ειδικότερα η σταθερά του TPC και FRAP υποδεικνύει τη διατήρηση των πολυφαινολών και της αναγωγικής ικανότητα ενώ η αύξηση της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας στο τελικό προϊόν όπως αποτυπώνεται από τη μέθοδο DPPH υποδηλώνει ότι το τελικό προϊόν μπορεί να είναι πιο αντιοξειδωτικά ενεργό από τα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας.

Στη μελέτη των Tirado-Kulieva et al. (2023), παρουσιάζεται μια εκτενής ανασκόπηση σχετικά με τα οφέλη της κατανάλωσης craft μύρας, με έμφαση στον ρόλο των φαινολικών ενώσεων στην υγεία. Οι craft μύρες, σε αντίθεση με τις συμβατικές, παρέχουν μεγαλύτερα οφέλη λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε φαινολικές ενώσεις, οι οποίες έχουν σημαντικές βιολογικές δράσεις. Ωστόσο, η επίδραση της αλκοόλης στην υγεία παραμένει αμφιλεγόμενη. Η μελέτη αναφέρει ότι οι φαινολικές ενώσεις στις craft μύρες εξαρτώνται από τα συστατικά, τους ζυμομύκητες και τη διαδικασία ζυθοποίησης, ενώ υπάρχουν ενδείξεις ότι η μέτρια κατανάλωση μπορεί να προσφέρει οφέλη σε ασθένειες όπως καρδιαγγειακές παθήσεις, νευροεκφυλιστικές διαταραχές και καρκίνο. Παρόλο που η κατανάλωση craft μύρας

αυξάνεται, απαιτούνται περισσότερες μελέτες για την επιβεβαίωση αυτών των αποτελεσμάτων (Tirado-Kulieva et al., 2023).

Σύμφωνα με τη μελέτη των Garavaglia & Swinnen (2018), η δημοτικότητα της μύρας παγκοσμίως, καθώς και η ανάπτυξη των ανεξάρτητων ζυθοποιών μύρας craft, έχει σημειώσει σημαντική αύξηση, ακόμη και σε χώρες χωρίς παράδοση στη ζυθοποίηση. Η μύρα craft παράγεται σε μικρές, ανεξάρτητες και παραδοσιακές ζυθοποιίες, με έμφαση στην ποιότητα και την πρωτοτυπία. Η προσθήκη νέων πρώτων υλών, όπως φρούτα και μπαχαρικά, συμβάλλει στη δημιουργία διαφορετικών γεύσεων και αρωμάτων, τα οποία την κάνουν ιδιαίτερα ελκυστική στους καταναλωτές που αναζητούν κάτι μοναδικό και υψηλής ποιότητας. Παρά τις προσπάθειες να οριστεί η μύρα craft, δεν υπάρχει μια ενιαία, επίσημη περιγραφή λόγω διαφορών στις νομοθεσίες των χωρών και των παραδόσεων τους στη ζυθοποιία. Ωστόσο, η πιο διαδεδομένη προσέγγιση προέρχεται από την Brewers Association των ΗΠΑ, που ορίζει ότι η μύρα craft παράγεται από μικρές ζυθοποιίες, με παραγωγή κάτω από 6 εκατομμύρια βαρέλια ετησίως, είναι ανεξάρτητες από μεγάλες βιομηχανίες, και χρησιμοποιούν παραδοσιακές ή καινοτόμες τεχνικές και υλικά (Villacreces et al., 2022).

Η μελέτη των Rinaldi, Montanher & Johann (2022) εστίασε στην παρασκευή μύρας ενισχυμένης με λυοφιλωμένο φραγκοστάφυλο (cape gooseberry) και αξιολόγησε την επίδραση της προσθήκης αυτού του φρούτου στα χαρακτηριστικά της μύρας. Η έρευνα περιλάμβανε τρεις διαφορετικές συνθέσεις μύρας με ποικιλία συγκεντρώσεων λυοφιλωμένου φραγκοστάφυλου (20, 40 και 60 g/L). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προσθήκη του φρούτου επηρέασε σημαντικά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της μύρας, όπως το pH, η οξύτητα (TTA), τα ολικά διαλυτά στερεά (TSS), η περιεκτικότητα σε αιθανόλη, το χρώμα, η πικράδα και η θολερότητα. Οι μύρες με λυοφιλωμένο φραγκοστάφυλο παρουσίασαν αυξημένα επίπεδα ορισμένων μεταλλικών στοιχείων, φαινολικών ενώσεων και αντιοξειδωτικής δραστηριότητας, αποδεικνύοντας την αξία της προσθήκης του φρούτου για την ενίσχυση των λειτουργικών χαρακτηριστικών της μύρας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η λυοφιλίωση του φραγκοστάφυλου αποδείχθηκε ως μια βιώσιμη τεχνική επεξεργασία, που διατήρησε τα ευεργετικά χαρακτηριστικά του φρούτου. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε φαινολικές ενώσεις και η αντιοξειδωτική ικανότητα των μυρών ενισχύουν τη διατροφική

αξία του προϊόντος, προσφέροντας μια διαφοροποιημένη και καινοτόμο επιλογή στον τομέα της ζυθοποιίας (Rinaldi, Montanher & Johann (2022).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης υποδεικνύουν ότι το δείγμα KB-RA υπερέχει σε ολικό φαινολικό περιεχόμενο, αιθανόλη και pH προσφέροντας σταθερότητα και πιθανή θρεπτική αξία. Παράλληλα η ισχυρή αντιοξειδωτική του ικανότητα τα καθιστά ιδανικό για εφαρμογές όπου απαιτείται αντιοξειδωτική προστασία όπως στη βιομηχανία τροφίμων. Το KB-RA διακρίνεται για το πιο σκούρο χρώμα και την έντονη γεύση του σε αντίθεση με τα δείγματα KB-PL, CB-1, CB-2, τα οποία είναι πιο ανοιχτόχρωμα και με ήπια γεύση. Τα δείγματα λυκίσκου και ιδιαίτερα το Hop1 εμφανίζουν ισχυρότερες αντιοξειδωτικές ιδιότητες σε σχέση με το δείγμα Malt. Αυτή η διαφορά μπορεί να αξιοποιηθεί στη διαδικασία παραγωγής μύρας για τη βελτιστοποίηση των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων του τελικού προϊόντος αναλόγως με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά της μύρας. Οι μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να εστιάσουν σε περαιτέρω αναλύσεις των φαινολικών συστατικών σε διάφορες ποικιλίες craft μύρας και στη μελέτη των επιδράσεων της κατανάλωσης τους, οδηγώντας σε βαθύτερη κατανόηση των ωφελειών της μύρας και της συμβολής της στην υγεία, ιδιαίτερα με χαμηλή ή καθόλου περιεκτικότητα σε αιθανόλη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson, H. E., Santos, I. C., Hildenbrand, Z. L., & Schug, K. A. (2019). A review of the analytical methods used for beer ingredient and finished product analysis and quality control. *Analytica Chimica Acta*, 1085, 1-20.
- Baik, B. K., & Ullrich, S. E. (2008). Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 233-242.
- Carvalho, G., Leite, A. C., Leal, R., & Pereira, R. (2023). The role of emergent processing technologies in beer production. *Beverages*, 9(1), 7.
- Copetti, M. V. (2019). Yeasts and molds in fermented food production: an ancient bioprocess. *Current opinion in food science*, 25, 57-61.
- González-Salitre, L., González-Olivares, L. G., & Basilio-Cortes, U. A. (2023). *Humulus lupulus* L. a potential precursor to human health: High hops craft beer. *Food Chemistry*, 405, 134959.
- Jaskula-Goiris, B., De Causmaecker, B., De Rouck, G., Aerts, G., Paternoster, A., Braet, J., & De Cooman, L. (2019). Influence of transport and storage conditions on beer quality and flavour stability. *Journal of the Institute of Brewing*, 125(1), 60-68.
- Kenechukwu, A. (2019). Review: Beer Production Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3458983> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3458983>
- Milani, E. A., & Silva, F. V. (2022). Pasteurization of beer by non-thermal technologies. *Frontiers in Food Science and Technology*, 1, 798676.
- Morgan, D. R., Thomas Lane, E., & Styles, D. (2022). Crafty marketing: an evaluation of distinctive criteria for “craft” beer. *Food Reviews International*, 38(5), 913-929.
- Papastylianou Papasotiriou, P., Bilalis, D., Travlos, I., & Papatheochari, A. (2015). Λυκίσκος. In Papastylianou Papasotiriou, P., Bilalis, D., Travlos, I., & Papatheochari, A. 2015. Ειδική γεωργία II [Laboratory Guide]. Kallipos, Open Academic Editions. <https://hdl.handle.net/11419/5165>
- Rinaldi, B. J. D., Montanher, P. F., & Johann, G. (2022). Brewing of craft beer enriched with freeze-dried cape gooseberry: a promising source of antioxidants. *Brazilian Journal of Food Technology*, 25, e2022019.
- Schönberger, Ch; Kostelychy, T. 125th anniversary review: The role of hops in brewing. *Journal of the Institute of Brewing*, 2011, 117.3: 259-267.
- Shewry, P. R., & Ullrich, S. E. (2014). *Barley: chemistry and technology*. Elsevier.

Stewart, G.G. Biochemistry of brewing. In Biochemistry of Foods, 3rd ed.; Eskin, N.A.M., Shahindi, F., Eds.; Elsevier: Boston, MA, USA, 2013; pp. 291–318.

Tefera, M., & Ayele, D. (2020). Investigation of total polyphenol, antioxidant activity, and levels of metals in Ethiopian commercial beers. *Cogent Chemistry*, 6(1), 1824336.

Tirado-Kulieva, V. A., Hernández-Martínez, E., Minchán-Velayarce, H. H., Pasapera-Campos, S. E., & Luque-Vilca, O. M. (2023). A comprehensive review of the benefits of drinking craft beer: Role of phenolic content in health and possible potential of the alcoholic fraction. *Current Research in Food Science*, 6, 100477.

Villacreces, S., Blanco, C. A., & Caballero, I. (2022). Developments and characteristics of craft beer production processes. *Food Bioscience*, 45, 101495.

Wu, J., Zhang, Y., Qiu, R., Li, L., & Zong, X. (2024). Effects of tea addition on antioxidant capacity, volatiles, and sensory quality of beer. *Food Chemistry: X*, 21, 101193.

ΜΠΕΚΑΤΩΡΟΥ, Α. Χρήση λυοφιλιωμένων και μη κυττάρων στην παραγωγή μύρας. 2001. PhD Thesis. Πανεπιστήμιο Πατρών. Σχολή Θετικών Επιστημών. Τμήμα Χημείας. Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων.

ΠΑΛΗΟΓΙΑΝΝΗ, Β. "Η ζυθοποιία στην Πάτρα σήμερα. Η συμβολή της Αθηναϊκής ζυθοποιίας στην οικονομική ανάπτυξη της πόλης." (2003).

ΤΖΑΜΤΖΗ, Μ. 2016. Φυτικοχημικές και μικροβιολογικές αναλύσεις σε όλα τα στάδια παραγωγής ζύθου. Πτυχιακή εργασία. Πανεπιστήμιο Πατρών.