



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ,
ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ**

ΤΙΤΛΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΟΙΝΟΥ ΚΑΙ ΖΥΘΟΥ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΖΥΘΟΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Τίτλος εργασίας

**ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΤΟΥ DMS ΣΕ ΜΠΥΡΕΣ ΑΠΟ
ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ**

Συγγραφέας

Μποζίνης Βασίλειος

ΑΜ: 20207

Επιβλέπουσα:

Δέσποινα Κεχαγιά

Αθήνα, Ιούνιος 2023



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF FOOD SCIENCES
DEPARTMENT OF WINE, VINE & BEVERAGE SCIENCES
TITLE OF POSTGRADUATE PROGRAM (MSc/MBA)
WINE AND BEER SCIENCE
OPTION: BEER

Diploma Thesis

WAYS OF DMS REMOVAL AND CORN BEER

Student name and surname:

Mpozinis Vasileios

Registration Number: 20207

Supervisor name and surname:

Despoina Kechagia

Athens, June 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ,
ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ
ΤΙΤΛΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΟΙΝΟΥ ΚΑΙ ΖΥΘΟΥ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΖΥΘΟΣ

Τίτλος εργασίας

ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΤΟΥ DMS ΣΕ ΜΠΥΡΕΣ ΑΠΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
ΚΕΧΑΓΙΑ ΔΕΣΠΟΙΝΑ	
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΤΑΤΑΡΙΔΗΣ	
ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Μποζίνης Βασίλειος του Εμμανουήλ, με αριθμό μητρώου 20207 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Επιστήμη Οίνου Και Ζύθου του Τμήματος Επιστημών Οίνου, Αμπέλου Και Ποτών της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

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

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

**Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι 20/06/2028 και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.*

Ο/Η Δηλών/ούσα

*** Ονοματεπώνυμο /Ιδιότητα**

Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα
(Υπογραφή)



** Εάν κάποιος επιθυμεί απαγόρευση πρόσβασης στην εργασία για χρονικό διάστημα 6-12 μηνών (embargo), θα πρέπει να υπογράψει ψηφιακά ο/η επιβλέπων/ουσα καθηγητής/τρια, για να γνωστοποιεί ότι είναι ενημερωμένος/η και συναινεί. Οι λόγοι χρονικού αποκλεισμού πρόσβασης περιγράφονται αναλυτικά στις πολιτικές του Ι.Α. (σελ. 6):*

https://www.uniwa.gr/wp-content/uploads/2021/01/%CE%A0%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CC%81%CF%82_%CE%99%CE%B4%CF%81%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%85%CC%81_%CE%91%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CC%81%CE%BF%CF%85_final.pdf

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μύρα, αν και παράγεται κυρίως από βύνη κριθαριού, είναι εφικτό να παραχθεί και από άλλα σιτηρά ή συνδυασμό αυτών. Ένα από αυτά είναι το καλαμπόκι το οποίο αποτελεί μια από τις σπουδαιότερες καλλιέργειες στον πλανήτη. Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην ιστορία και τους τρόπους παραγωγής μύρας από καλαμπόκι αλλά και τα πιθανά προβλήματα που μπορούν να εμφανιστούν κατά την παραγωγή της. Έμφαση δίνεται στο διμέθυλο σουλφίδιο (DMS), τις πρόδρομες ουσίες, τους τρόπους παραγωγής του, αφαίρεσης του αλλά και την πιθανή αφαίρεση του με διάφορα υλικά με τα οποία γίνονται οι διαδικασίες φιλτραρίσματος - διήθησης. Παράλληλα προτείνονται και μερικά υλικά φιλτραρίσματος τα οποία δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα. Βρέθηκε με χρωματομετρική μέθοδο ότι η χρήση ενεργού άνθρακα σε αναλογία 2% w/v του όγκου της μύρας μπορεί να μειώσει το DMS κατά 72,83% σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ σε συγκέντρωσή 1% w/v παρουσιάζει μείωση 43,12% σε σχέση με τον μάρτυρα.

ΜΠΟΖΙΝΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ, ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ

ΕΤΟΣ

2023

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μύρα από καλαμπόκι, πλήρης διαχείριση καλλιεργειών, DMS.

THESIS TITLE
WAYS OF DMS REMOVAL AND CORN BEER

ABSTRACT

Beer, even though is produced mainly from barley malt, it can also be produced from other grains or a combination of them. One of them is corn which is one of the most important crops on the planet. This thesis focuses on the history and ways of producing beer from corn and also the possible problems that can appear during its production. Emphasis is placed on dimethyl sulfide (DMS), its precursors, its production methods, its removal and its possible removal with various materials with which the filtration - filtration processes are carried out. At the same time, some filtering materials are also recommended which are not very common. Using a chromatometric method, it was found that the use of activated carbon at a ratio of 2% w/v of beer volume can reduce DMS by 72,83% compared to the control, while at a concentration of 1% w/v it shows a reduction of 43,12% compared to the control.

Mpozinis Vasileios
Department of Wine, Vine & Beverage Sciences,
University of West Attica
YEAR
2023

KEYWORDS: Corn Beer, Full Crop Management, DMS

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κυρία Κεχαγιά Δέσποινα για την γρήγορη ανταπόκριση και καθοδήγηση που μου παρείχε και την κατανόηση που επέδειξε κατά την διάρκεια υλοποίησης της διπλωματικής μου εργασίας, όπως επίσης και όλους τους καθηγητές του ΠΜΣ Επιστήμη του Ζύθου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Μουλά Ανάργυρο και Παπαδόπουλο Σάββα για την πολύτιμη βοήθειά τους σχετικά με την προσφορά του εξοπλισμού και των υλικών για την διεκπεραίωση του πειραματικού τμήματος της εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΕΙΕΣ	XI
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	3
Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΠΥΡΑΣ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΕΤΑΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥΣ	3
1.1 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΠΥΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ	3
1.2 Ο ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΠΥΡΑΣ	5
1.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	5
1.4 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΜΠΥΡΑΣ ΑΠΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	8
1.5 ΤΡΟΠΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΠΥΡΑΣ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	9
1.6 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	11
1.7 ΟΙ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	15
ΤΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ.....	15
2.1 ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΚΑΙ Η ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑ	15
2.1.1. ΤΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	16
2.2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	18
2.2.1. ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	18
2.2.2. ΕΙΔΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	22
2.2.3. ΥΒΡΙΔΙΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ.....	25
2.3 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΤΙΚΑ	26
2.3.1 ΒΛΑΣΤΟΣ.....	26
2.3.2 ΦΥΛΛΑ	27
2.3.3. ΑΝΘΗ – ΤΑΞΙΑΝΘΙΕΣ	27
2.3.4. ΩΡΙΜΟΙ ΚΑΡΠΟΙ ΚΑΙ ΣΠΑΔΙΚΕΣ.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	30
ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΚΑΙ ΠΟΤΟΠΟΙΑ.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	32
ΤΡΟΠΟΙ ΠΛΗΡΟΥΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	32
4.1 ΤΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ	32
4.2 ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	32
4.3 ΕΙΔΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΖΥΘΟΠΟΙΑ	33
4.4 ΠΘΑΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	38
ΤΟ ΔΥΜΕΘΥΛΟ ΣΟΥΛΦΙΔΙΟ (DMS).....	38
5.1 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΖΩΝΤΑΝΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ	40
5.2 ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ.....	40
5.3 ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ	42
5.4 ΣΤΗ ΜΠΥΡΑ.....	43
5.5. Στις μη αλκοολούχες μπίρες.....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	46
ΟΙ ΠΡΟΔΡΟΜΕΣ ΟΥΣΙΕΣ.....	46
6.1 DIMETHYL SULPHOXIDE (DMSO).....	47
6.2 S-METHYL METHIONINE (SMM).....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	51
ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ DMS	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	54

ΜΕΣΑ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΥΓΑΣΗΣ	54
8.1 ΤΡΟΠΟΙ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑΤΟΣ	54
8.1.1 ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ	54
8.1.2 ΠΕΡΛΙΤΗΣ	55
8.1.3 SILICA GEL	55
8.1.4 ΕΝΕΡΓΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ	56
8.1.5 ΕΝΕΡΓΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ ΑΠΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	58
8.1.6 ΥΠΟΣΤΡΩΜΜΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ ΚΑΙ ΠΕΛΛΕΤ	59
8.1.7 ΤΑΝΙΝΕΣ	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	61
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	61
9.1 ΥΛΙΚΑ	65
9.2 ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	65
9.3 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ	73
Βιβλιογραφία	78

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Σύσταση καλαμποκιού-κριθαριού	13
Πίνακας 2 Μετρήσεις απορρόφησης των σάνταρ	64
Πίνακας 3 Μετρήσεις απορρόφησης των δειγμάτων	65
Πίνακας 4 Καινούριες μετρήσεις απορρόφησης σάνταρ.....	67
Πίνακας 5: Νέες απορροφήσεις δειγμάτων.....	68
Πίνακας 6 Απορροφήσεις σάνταρ προ όξυνσης	68
Πίνακας 7: Απορροφήσεις δειγμάτων προ όξυνσης.....	68
Πίνακας 8 Παράγοντες R	69
Πίνακας 9: Διορθωμένες μετρήσεις δειγμάτων.....	69
Πίνακας 10 Τελική συγκέντρωση DMS	70
Πίνακας 11: Ποσοστιαία μείωση DMS.....	71
Πίνακας 12 Τρόποι διαχείρισης	75

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Oktoberfest	4
Εικόνα 2 Διάφοροι τύποι καλαμποκιού	15
Εικόνα 3 Μικρόκοκκο καλαμπόκι	19
Εικόνα 4 Σκληρό καλαμπόκι	19
Εικόνα 5 Οδοντόμορφο καλαμπόκι.....	20
Εικόνα 6 Αλευρώδες καλαμπόκι.....	21
Εικόνα 7 Γλυκό καλαμπόκι	21
Εικόνα 8 Ενδεδυμένο καλαμπόκι	22
Εικόνα 9: Το DMS	38
Εικόνα 10: Δυμέθυλοσουλφοξείδιο	48
Εικόνα 11: S-Methyl Methionine	50
Εικόνα 12 Φιλτράρισμα.....	64
Εικόνα 13 Μετάγγιση δειγμάτων σε καινούρια φάλκον	67

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Calibration curve 69

Ποσοστό προσρόφησης του DMS. 70

Συγκέντρωση DMS. 71

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΕΙΕΣ

DMS: DIMETHYL SULPHIDE

SMM: S-METHYL METHIONINE

DMSO: DIMETHYL SULFOXIDE

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το διμεθυλοσουλφίδιο (DMS) είναι πιθανώς η πιο διερευνημένη πτητική θειώδης αρωματική ένωση στη μύρα(He, Y., & Li, H. 2018). Σε συγκεντρώσεις πάνω από το κατώφλι του αρώματος (30-100 $\mu\text{g/L}$), το DMS μπορεί να προκαλέσει συγκεκριμένες ανεπιθύμητες γεύσεις, οι οποίες συχνά αποδίδονται ως "μαγειρεμένες-λαχανικές". Ωστόσο, έχει αναφερθεί ότι επίπεδα DMS κάτω του κατωφλίου έχουν θετική επίδραση στη γεύση της μύρας. Η επίδραση του DMS στη γεύση της μύρας επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο της μύρας και από τις επιδράσεις συγκάλυψης άλλων αρωματικών ενώσεων της μύρας (Lamsal & Johnson, 2011). Το DMS προέρχεται κυρίως από το μη πρωτεϊνικό αμινοξύ S-μεθυλομεθειονίνη (SMM), το οποίο συντίθεται κατά τη βλάστηση των δημητριακών ζυθοποιίας. Το SMM είναι θερμοευαίσθητο και διασπάται κατά την αποξήρανση της βύνης σε DMS και L-ομοσερίνη. Σχετικά υψηλές ποσότητες του παραγόμενου DMS διαχέονται από το σιτάρι στον αέρα εξαερισμού. Σε εξάρτηση από την τεχνολογία αποξήρανσης, το DMS οξειδώνεται επίσης σε DMSO και μικρές ποσότητες διμεθυλοσουλφόνης (DMSO_2). Στην τελική βύνη έχουν αναφερθεί επίπεδα SMM 0-14,5 $\mu\text{g/g}$ καθώς και επίπεδα DMSO 0-10 $\mu\text{g/g}$ (Fossi, & Nkuo, 2016). Εκτός από το ίδιο το DMS, το SMM και το DMSO εισάγονται στη διαδικασία ζυθοποίησης δρώντας ως πρόδρομες ουσίες του DMS. Το SMM παράγει DMS κυρίως κατά τη διάρκεια του βρασμού του μούστου και του διαχωρισμού των καυτών υπολειμμάτων, ενώ το DMSO μπορεί να αναχθεί σε DMS κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Ένας κύριος λόγος για την ακριβή διαδικασία βρασμού του μούστου είναι η υδρόλυση του SMM και η υποδιαδοχική εξάτμιση του παραγόμενου DMS και άλλων ανεπιθύμητων πτητικών αρωματικών ενώσεων. Στη βιβλιογραφία υπάρχει μια γενική συμφωνία σχετικά με τον μηχανισμό αντίδρασης της διάσπασης του SMM και τη συμβολή του στον σχηματισμό DMS. Η θερμική αποικοδόμηση του SMM ακολουθεί μηχανισμό 1ης τάξης και ευνοείται σε υψηλές θερμοκρασίες και υψηλές τιμές pH. Οι σταθερές ρυθμού αναφέρθηκαν ότι κυμαίνονται μεταξύ 0,018-0,03 min^{-1} (pH 5,3-5,5, T = 98,5 °C-100 °C) (He, & Li, 2018). Σε αντίθεση με το SMM, το DMSO είναι σταθερό στη θερμότητα. Παρουσιάζει υψηλή υδατοδιαλυτότητα λόγω της πολικής σουλφοξειδικής του ομάδας. Η υψηλή εντροπία εξάτμισής του καθιστά το DMSO απίθανο να εξατμιστεί κατά τη διάρκεια της παραγωγής του μούστου και το σύνολό του παραμένει πιθανώς στον γλεύκος της ζύμωσης. Ωστόσο, η πραγματική εικόνα και η συμπεριφορά του DMSO κατά την παραγωγή μούστου δεν έχει διερευνηθεί λεπτομερώς (Fossi, & Nkuo, 2016). Το ίδιο το DMSO δεν επηρεάζει τη γεύση της μύρας, αλλά δρα ως δευτερεύουσα πρόδρομη ουσία DMS κατά τη ζύμωση, καθώς μπορεί να μειωθεί από τη μαγιά. Οι εξαρτώμενες από τη θειορεδοξίνη

αναγωγάσες του σουλφοξειδίου της μεθειονίνης (MSRA) μειώνουν τη σουλφοξειδική ομάδα σχηματίζοντας έτσι DMS ως παρενέργεια της αναγωγής του σουλφοξειδίου της μεθειονίνης. Η SMM δεν μπορεί να μεταβολιστεί σε DMS από τη ζύμη (King & Waller, 2017). Η σχέση της συγκέντρωσης του DMSO στον ζυθογλεύκο (400-800 µg/L) και του κατωφλίου γεύσης του DMS (30-100 µg/L), υποδεικνύει ότι ακόμη και η μικρή αναγωγή του DMSO κατά τη ζύμωση μπορεί να συμβάλει σε σημαντικό σχηματισμό DMS, επηρεάζοντας έτσι δυνητικά τη γεύση της μύρας. Η μείωση του DMSO κατά τη ζύμωση αναφέρθηκε ότι είναι αυξημένη σε χαμηλές θερμοκρασίες ζύμωσης. Οι χαμηλές θερμοκρασίες ζύμωσης μειώνουν επίσης το ρυθμό διάχυσης των φυσαλίδων CO₂, με τις οποίες το DMS απομακρύνεται εν μέρει από την πράσινη μύρα (Fossi & Nkuo, 2016). Είναι επίσης γνωστό ότι το είδος *Saccharomyces cerevisiae* μειώνει περισσότερο DMSO από το *Saccharomyces uvarum*. Πρέπει να αναφερθεί ότι η ταξινομική ονομασία της ζύμης lager είναι πλέον *Saccharomyces pastorianus* αντί *Saccharomyces uvarum*, όταν κυκλοφόρησαν οι αναφερόμενες δημοσιεύσεις. Άλλοι παράγοντες που ευνοούν τη μείωση του DMSO είναι το υψηλό pH του ζυθοπολτού, τα χαμηλά επίπεδα ελεύθερου αμινοαζώτου και η υψηλή αρχική πυκνότητα (Lamsal & Johnson, 2011). Παρόλα αυτά, υπάρχουν αποκλίσεις σχετικά με το ρόλο του DMSO ως πρόδρομη ουσία του DMS στη μύρα. Ο Appes ανέφερε ότι οι ζύμες lager ήταν σε θέση να μειώσουν το DMSO έως και 21 % και ότι η μείωση συνοδεύτηκε από σημαντικό σχηματισμό DMS. Με την προσθήκη επισημασμένου DMSO σε ζυθοποιία, αποδείχθηκε ότι σημαντικές ποσότητες DMS στις τελικές μύρες προέρχονταν από τη μείωση του DMSO. Οι Leemans et al.(1993) δήλωσαν μάλιστα ότι το 80 % του συνολικού DMS που υπήρχε στη μύρα προερχόταν από το πρόσθετο δευτεριωμένο DMSO. Αντιθέτως, ο Dickenson ανέφερε ότι η ζύμη είναι ικανή για αναγωγή του DMSO, ενώ η αναγωγή δεν έχει μεγάλη επίδραση στα τελικά επίπεδα DMS στη μύρα (Fossi & Nkuo 2016). Οι βακτηριακές μολύνσεις της οικογένειας Enterobacteriaceae μπορούν επίσης να αποτελέσουν πηγή DMS στη μύρα. Ορισμένα είδη, όπως η *Escherichia coli* ή το *Rhodobacter sphaeroides* διαθέτουν αναγωγάσες DMSO που χρησιμοποιούν DMSO ως δέκτες ηλεκτρονίων σε αναερόβια ανάπτυξη, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε πολύ υψηλότερο σχηματισμό DMS από ό,τι από τη ζύμη. Ωστόσο, αυτά τα είδη είναι μάλλον απίθανο να εμφανιστούν ως μολυσματικές ουσίες ζύμωσης (He & Li, 2018).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΠΥΡΑΣ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΕΤΑΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥΣ

1.1 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΠΥΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ

Η κατανάλωση αλκοολούχων ποτών, όπως η μύρα, σε κοινωνικό πλαίσιο, συναναστρεφόμενος με φίλους, για πολλούς είναι ευχάριστη κοινωνική διαδικασία η οποία μπορεί να μειώσει το άγχος και τη πίεση, να επιτρέψει στους ανθρώπους να έρθουν πιο κοντά, να επικοινωνήσουν, να αλληλεπιδράσουν και να εκφραστούν ελεύθερα. Ωστόσο, η κατανάλωση αλκοόλ, και συγκεκριμένα η υπέρμετρη και εκτός ορίων κατανάλωση, συνδέεται άμεσα με μια σειρά αρνητικών συνεπειών. Κάποια από τα αρνητικά αποτελέσματα είναι η άμεση σύνδεση με πληθώρα ασθενειών και σοβαρών επιπτώσεων στην υγεία, η έντονη εκδήλωση ανεξέλεγκτων και βίαιων συμπεριφορών, η απρόσεκτη συμπεριφορά που συχνά οδηγεί σε τροχαία ατυχήματα και δυστυχή γεγονότα, κυρίως μάλιστα αν συνδυαστεί με άλλες ουσίες αλλά και η εξάρτηση από το αλκοόλ που μπορεί να επηρεάσει τη ζωή ενός ανθρώπου με ποικίλους τρόπους (οικονομικά, κοινωνικά, προσωπικά) (Sadava, 1985; Schuckit, 2009; Anda et al., 2002) . Οι Έλληνες αποτελούν έναν κοινωνικό και εξωστρεφή λαό, ιστορικά συνδεδεμένο με την παραγωγή και την κατανάλωση αλκοολούχων ποτών από την αρχαία περίοδο, όπου η κατανάλωση κρασιού και η διασκέδαση αναφέρεται σε κάθε ιστορικό γραπτό κείμενο (Βέκιος et al., 2002), αλλά και η μυθοποίηση του θεού Διόνυσου, ως θεού του κρασιού και του γλεντιού, έχει συνδέσει άμεσα τις κοινωνικές τους συναναστροφές με την κατανάλωση αλκοόλ (Cooper, 1992, Kerényi, 1984). Οι παραπάνω παράγοντες πιθανών να παίζουν ρόλο στην τοποθέτηση της χώρα μας στην 28^η θέση στην Ευρώπη σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας , για τη μεγαλύτερη κατά κεφαλή κατανάλωση καθαρού αλκοόλ, περίπου 11,3 λίτρα τον χρόνο, από άτομα μεγαλύτερα της ηλικίας των 15 ετών, κατά το έτος 2016 (WHO). Σε αντίθεση με το κρασί και τα πιο ισχυρά αλκοολούχα ποτά, η μύρα αντιμετωπίζεται με διαφορετικό τρόπο από την κοινωνία. Η μύρα έχει επηρεάσει τον τρόπο που οι άνθρωποι ενώνονται και αλληλεπιδρούν μέσα στις κοινότητες από την αρχή του χρόνου (Kunze, 1996, Hornsey, 2003). Σήμερα, φεστιβάλ μύρας, όπως αυτό του Μονάχου, προσελκύνουν εκατομμύρια τουριστών για να γιορτάσουν όλοι μαζί την γιορτή της μύρας.



Εικόνα 1 Oktoberfest

(Πηγή Euronews.com)

Αυτό το φαινόμενο δεν παρατηρείται με κανένα άλλο αλκοολούχο ποτό (Farrant, 2022). Αλλά γιατί είναι η μύρα τόσο κοινοτικό ποτό σε σύγκριση με το κρασί και τα υπόλοιπα ποτά; Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν την μύρα ως ποτό διασκέδασης και γιορτής για χιλιάδες χρόνια. Όταν οι αρχαιολόγοι ιχνηλάτησαν την προέλευση του ανθρωπίνου πολιτισμούς, ανακάλυψαν ότι οι κοινωνίες επικεντρώνονταν στο αλκοόλ. Ο αρχαιολόγος Oliver Dietrich, δήλωσε ότι η παραγωγή και κατανάλωση αλκοολούχων ποτών είναι ένας σημαντικός παράγοντας στις γιορτές καθώς διευκολύνει την συνοχή των κοινωνικών ομάδων (“Why Beer Is the World’s Most Beloved Drink,” 2018). Η φιλία και η κοινότητα είναι καθοριστικοί παράγοντες για την υγεία και την ευεξία, καθώς πολλές έρευνες αποδεικνύουν στενή σχέση μεταξύ ισχυρών κοινωνικών δεσμών και καλύτερης υγείας. Δεδομένης της αυξανόμενης τάσης της κοινωνικής μας ζωής να βασίζεται στην επικοινωνία μέσω διαδικτύου παρά στις διαπροσωπικές σχέσεις, η ύπαρξη χαλαρών διαθέσιμων χώρων όπου οι άνθρωποι μπορούν να συναντήσουν φίλους και να γνωρίσουν νέους ανθρώπους έχει γίνει παραπάνω από απαραίτητη. Με λιγότερο ποσοστό αλκοόλ από κάθε άλλο ποτό, η μύρα μπορεί να χαρακτηριστεί ως «το ποτό του μέτρου». Σήμερα, οι Γερμανικές μύρες αποτελούν τις πιο γνωστές και περιζήτητες μύρες, και τα Γερμανικά φεστιβάλ μύρας συμβάλλουν καθοριστικά σε αυτό. Ωστόσο, δεν ξεκίνησαν όλα από εκεί, αλλά από πολύ πιο μακριά σε σχέση με την Ευρωπαϊκή ήπειρο (Nelson 2014).

1.2 Ο ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΠΥΡΑΣ

Η μύρα αποτελεί αλκοολούχο ποτό που παράγεται κατά την εκχύλιση ακατέργαστων πρώτων υλών με νερό, ακολουθεί βρασμός αυτών (συνήθως με λυκίσκο) και ζύμωση. Σε κάποιες χώρες, όπως για παράδειγμα στη Γερμανία, η μύρα ορίζεται νομικά, και σε αυτή την περίπτωση, αποτελείται από συγκεκριμένα υλικά, τα οποία, εκτός του νερού, περιλαμβάνουν τη βύνη κριθαριού, το λυκίσκο και τη μαγιά (King & Waller, 2017, “Britannica,” 2023). Η μύρα είναι το παλαιότερο και πιο διαδεδομένο είδος αλκοολούχου ποτού στον κόσμο και το τρίτο πιο δημοφιλές ποτό συνολικά μετά το πόσιμο νερό και το τσάι. Παράγεται από την παρασκευή και τη ζύμωση αμύλων, που προέρχονται κυρίως από σπόρους δημητριακών - συνηθέστερα από βυνοποιημένο κριθάρι, αν και χρησιμοποιούνται επίσης σιτάρι, καλαμπόκι, ρύζι και βρώμη. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ζυθοποίησης, η ζύμωση των σακχάρων αμύλου στον μούστο παράγει αιθανόλη και ανθρακικό στην προκύπτουσα μύρα. Οι περισσότερες σύγχρονες μύρες παρασκευάζονται με λυκίσκο, ο οποίος προσθέτει πικράδα και άλλα αρώματα και δρα ως φυσικό συντηρητικό και σταθεροποιητικό μέσο. Άλλοι αρωματικοί παράγοντες, όπως γκρουτ, βότανα ή φρούτα, μπορούν να συμπεριληφθούν ή να χρησιμοποιηθούν στη θέση του λυκίσκου. Στην εμπορική ζυθοποιία, το φυσικό φαινόμενο της ενανθράκωσης συχνά αφαιρείται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και αντικαθίσταται με εξαναγκασμένη ενανθράκωση (He & Li, 2018).

1.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Επιστήμονες έχουν ανακαλύψει κατάλοιπα από μύρα σιταριού που πιστεύεται ότι χρονολογούνται σχεδόν 3000 ετών σε αγγεία στην περιοχή της Βαβυλώνας, ωστόσο διαφορετικά στοιχεία προτείνουν ότι η μύρα προϋπήρχε χιλιάδες χρόνια πριν. Ευρήματα που χρονολογούνται πριν το 6000 π.Χ. αποδεικνύουν ότι η μύρα από κριθάρι παράγονται στην Μέση Ανατολή από τους Σουμέριους και του Βαβυλώνιους. Στην περιοχή γνωστή ως Godin Tere, το σημερινό Ιράν, βρέθηκαν στοιχεία για ζύμωση μύρας, ενώ κατάλοιπα σε αρχαία κεραμικά δοχεία και σε κεραμικές κανάτες μύρας, επιβεβαιώνουν την παραγωγή μύρας από τους Σουμέριους. Παρόλα αυτά, η χρονολογία 4000 π.Χ. δίνεται συνήθως για την

δημιουργίας της μύρας. Ανακαλύψεις στις τύμβους Αιγυπτίων, οι οποίες χρονολογούνται το 2400 π.Χ., αποδεικνύουν τεχνικές κατά τις οποίες το κριθάρι συνθλιβόταν, αναμειγνύονταν με νερό για να χρησιμοποιηθούν προς βρώση. Κατά την διαδικασία αυτή, ανακαλύφθηκε ότι παράγονταν ένα εκχύλισμα, ως αποτέλεσμα της ζύμωσης από μικροοργανισμούς που συσσωρεύονται στις επιφάνειες των δοχείων ζύμωσης (“Britannica,” 2023). Οι Σουμέριοι, και έπειτα οι Βαβυλώνιοι, εξέλιξαν την παραγωγή της μύρας δημιουργώντας καινούργιες συνταγές και εφαρμόζοντας τον λυκίσκο σε αυτές. Η μύρα φαίνεται πως είχε σπουδαία σημασία για αυτούς, καθώς της είχαν αφιερώσει μία από τις θεότητες της θρησκείας τους. Η εξάπλωση της μύρας ήταν ταχύτερη και στις υπόλοιπες ηπείρους. Οι βασικές τεχνικές ζυθοποιίας έφτασαν στην Ευρώπη από την Μέση Ανατολή. Αν και οι μεσογειακές χώρες δεν την υιοθέτησαν αμέσως, η εξάπλωσή της στις χώρες της βόρειας και κεντρικής Ευρώπης ήταν ραγδαία. Οι Ρωμαίοι ιστορικοί, Πλίνιος και Τάκιτος αναφέρουν ότι οι Σάξονες, οι Κέλτες, οι Σκαδιναβικές και Γερμανικές φυλές έπιναν μύρα. Επιπλέον, αναφέρεται πως κατά τον Μεσαίωνα, τα μοναστικά τάγματα διατήρησαν τη ζυθοποιία ως βιοτεχνία. Στις ευρωπαϊκές χώρες, ο λυκίσκος χρησιμοποιήθηκε στην Γερμανία τον 11ο αιώνα, ενώ τον 15ο αιώνα εισήχθη στη Βρετανία από την Ολλανδία.

Το 1420, η μύρα παρασκευαζόταν στη Γερμανία με μία διαδικασία ζύμωσης βυθού, η οποία ονομάζεται έτσι επειδή η μαγιά τείνει να βυθίζεται στον πυθμένα του δοχείου ζύμωσης. Πριν από αυτή την τεχνική, ο τύπος μαγιάς που χρησιμοποιούνταν έτεινε να ανεβαίνει στην κορυφή του προϊόντος ζύμωσης και αφηνόταν να ξεχειλίσει ή αποβουτυρώνονταν με το χέρι.

Η αδυναμία εύρεσης ποιοτικού και καθαρού νερού ανά τα χρόνια βοήθησε περαιτέρω την διάδοση του ζύθου καθώς με την διαδικασία της παραγωγής οι βλαβεροί μικροοργανισμοί σε αυτό καταστρέφονταν και το καθιστούσαν ασφαλές. Η ζυθοποιία αποτελούσε χειμερινή απασχόληση, καθώς ο πάγος του χειμώνα χρησιμοποιούνταν για να διατηρήσει δροσερή την μύρα για τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτό το είδος μύρας, ονομάστηκε «lager», από το γερμανικό ρήμα «lagern» που σημαίνει «αποθηκεύω». Ο όρος «lager» εξακολουθεί να χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα για να δηλώσει την μύρα που παράγεται από ζύμωση στο κάτω μέρος, ενώ ο όρος «ale» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα βρετανικά είδη μύρας που έχουν υποστεί ζύμωση από την κορυφή (Hieronymus, 2010, Warner, 1998).

Η βιομηχανική επανάσταση, όπως και σε άλλους τομείς, συνέβαλε στην εκβιομηχάνιση της ζυθοποιίας, καθώς και στον αποδοτικότερο έλεγχο της διαδικασίας της παραγωγής με τη χρήση θερμομέτρου και σακχαρομέτρου. Επιπλέον, η ζυθοποιία αναπτύχθηκε περαιτέρω στη Βρετανία και μεταφέρθηκε σε όλη την Ευρώπη, καθώς η ανάπτυξη του εξοπλισμού παραγωγής πάγου και ψύξης στα τέλη του 19ου αιώνα, έκανε δυνατή την παραγωγή

περισσότερων μυρρών κατά τη διάρκεια του χρόνου. Το 1860, ο διάσημος Γάλλος χημικός Louis Pasteur, μέσω της σπουδαίας ανακάλυψης του για τη διαδικασία της ζύμωσης από του μικροοργανισμούς, ανέπτυξε πολλές μικροβιολογικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα στην βιομηχανία της ζυθοποιίας. Ο Δανός βοτανολόγος, Emil Hansen, ανακάλυψε μεθόδους για την ανάπτυξη ζυμομυκήτων σε καλλιέργειες χωρίς την επιμόλυνση αυτών από άλλους μικροοργανισμούς.

Αυτές οι τεχνολογίες υιοθετήθηκαν γρήγορα από τους ζυθοποιούς της εταιρείας Continental lager, αλλά καθυστέρησαν αρκετά να χρησιμοποιηθούν από του ζυθοποιούς «ale» της Βρετανίας. Από την άλλη, οι γερμανικού τύπου lager που είχαν υποστεί ζύμωση από καθαρά στελέχη έγιναν ανάρπαστες στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Οι ζυθοποιοί συχνά άλλαζαν τους σπόρους που χρησιμοποιούσαν - κυρίως κριθάρι, σιτάρι, βρώμη και σίκαλη- ανάλογα το κόστος και τη διαθεσιμότητα των πρώτων υλών. Από τον 13ο αιώνα και έπειτα, σε διαφορετικές πόλεις άρχισαν οι ζυθοποιίες να χρησιμοποιούν περισσότερο κριθάρι και λιγότερο όλα τα υπόλοιπα σιτηρά. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι κυβερνήσεις να ρυθμίσουν την ποσότητα σιταριού που θα μπορούσε να καταναλωθεί για την παραγωγή μύρας, ενώ κατά καιρούς η χρήση σιταριού για αυτό τον σκοπό απαγορευόταν εντελώς λόγω έλλειψης σιτηρών. Κατά τη διάρκεια του λιμού, το έτος 1315, στην πόλη του Λονδίνου απαγορεύτηκε η βύνη σιταριού για την παραγωγή μύρας. Αντιθέτως, το 1556, η κυβέρνηση της Ολλανδίας ζήτησε από τους ζυθοποιούς να απορρίψουν την μύρα τους και να χρησιμοποιήσουν σιτάρι αντί για κριθάρι, καθώς η χρήση του κριθαριού ήταν προτιμότερη για την παρασκευή ψωμιού λόγω της θρεπτικής του αξίας. Τέλος, στη Γερμανία, το 1516, εφαρμόστηκε ο νόμος του Reinheitsgebot (Γερμανικός νόμος καθαρότητας), ο οποίος κατέστησε αδύνατη τη χρήση άλλων σιτηρών, ακόμα και σε μικρότερα ποσοστά. Μεταξύ άλλων, ο νόμος αυτός επέτρεπε το κριθάρι ως το μοναδικό σιτηρό στην μύρα, εξασφαλίζοντας ότι το σιτάρι και η σίκαλη θα διατηρηθούν στην αρτοποιία. Ωστόσο, αυτό ίσχυε μόνο στη Βαυαρία μέχρι το 1906. Η συστηματική μαζική παραγωγή της ωστόσο άρχισε περί τον δέκατο ένατο αιώνα και στηρίχτηκε σε πλάτες γιγάντων όπως του Hansen, Büchner, Liebig, Plato και άλλων (Hieronymus, 2010, Warner, 1998).

1.4 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΜΠΥΡΑΣ ΑΠΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ

Η μύρα καλαμποκιού προέρχεται από την Νότια Αμερική και έχει τις ρίζες στην πρώιμη εποχή του πολιτισμού των Ίνκας. Η μύρα καλαμποκιού αρχικά ζυμώθηκε από γυναίκες του πολιτισμού των Wari και χρονολογείται από το 600-1000 μ.Χ.. Ευρήματα από έρευνες απολιθωμάτων σε περιοχές του Μεξικού αποτελούν στοιχεία παραγωγής αλκοολούχου ποτού από καλαμπόκι. Συγκεκριμένα, τακτοποιήθηκαν σε μεγάλες ποσότητες, κόκκοι ζελατινοποιημένου αμύλου που παρουσίαζαν στοιχεία αποικοδόμησης τα οποία χαρακτηρίζουν διαδικασίες ζύμωσης. (King et al., 2017, Vinton et al., 2009). Επιπλέον, με βάση στοιχεία από φούρνους που ανακαλύφθηκαν στην περιοχή πιθανολογείται ότι οι παραπάνω διαδικασίες ζύμωσης εφαρμόζονταν, πέρα από τη επεξεργασία αγάβης, στην επεξεργασία του καλαμποκιού, το οποίο φαίνεται ότι υπόκειντο σε άλεση πριν τις διαδικασίες ζύμωσης. Περαιτέρω στοιχεία συσχετίζουν τη μορφή του αμύλου με αυτή που παίρνει ένας κόκκος καλαμποκιού αφού αλεστεί, ζελατινοποιηθεί και ζυμωθεί, διαδικασίες που σχετίζονται άμεσα με την παραγωγή αλκοόλ. Συνεπώς, τα παραπάνω στοιχεία υποδεικνύουν τη μεγάλη πιθανότητα ύπαρξης ποτού που παραγόταν μέσω της διαδικασίας ζύμωσης κατά τον μεσαίωνα, στην περιοχή του Μεξικού (King et al., 2017, Scott 2014).

Παρόλα αυτά, συγκεκριμένα στοιχεία για την παραγωγή αλκοόλ είναι δύσκολο να κατοχυρωθούν, ωστόσο κάποια ευρήματα παραπέμπουν στην παραγωγή αλλά και την κατανάλωση των ζυμωμένων ποτών στις τοπικές περιοχές. Το Τεσγκουίνο, παραγόταν στο βορειοδυτικό Chihuahua και παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με τη μύρα. Το συγκεκριμένο ποτό παράγεται από βυνοποιημένους κόκκους καλαμποκιού, οι οποίοι αλέθονται, βράζονται και αφήνονται να ζυμωθούν με άγρια ζύμη, ενώ αντί λυκίσκου, προστίθεται ένα τοπικό φυτό. Η διαδικασία αυτή, πιστεύεται ότι δημιούργησε εύφορο έδαφος για την παραγωγή μύρας καλαμποκιού, γνώστη στο Μεξικό και ως Τσίκα.

Η Τσίκα αποτελούσε ένα αλκοολούχο ποτό με ρίζες στη Λατινική Αμερική, παραγόταν με κύριο συστατικό το καλαμπόκι, ενώ πολλές φορές μπορούσαν να συμπεριληφθούν και άλλα είδη καλλιεργούμενων φυτών που μπορεί να βρίσκονταν εύκαιρα (King et al., 2017, Scott 2014).

Στο τέλος του 17ου αιώνα, ένας άντρας ονομαζόμενος John Boston, παρήγαγε την πρώτη μύρα καλαμποκιού στην Αυστραλία (Collins, 2004). Η διάσημη Corona Extra, η Ιταλική μύρα όπως η Peroni Nastro Azzuro επίσης περιλαμβάνουν καλαμπόκι (<https://www.beer.gr/ingredient/corn/>, <https://www.birraperoni.it/en/our-beers/our->

ingredients/). Το καλαμπόκι συνήθως χρησιμοποιείται για να μην προσδώσει χρώμα και γεύση στην μύρα.

1.5 ΤΡΟΠΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΠΥΡΑΣ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Δύο ήταν οι κύριοι τρόποι παραγωγής της μύρας καλαμποκιού. Ο πρώτος βασιζόταν στη χρήση βυνοποιημένου καλαμποκιού το οποίο υποβαλλόταν σε διάφορες διαδικασίες επεξεργασίας, όπως ζελατινοποίηση και βρασμό, όπως και η μύρα. Αυτά τα βήματα μπορούσαν να αντικατασταθούν με μάσηση του καλαμποκιού από τους παραγωγούς και έπειτα τη συγκέντρωση των βλωμών στο νερό. Με αυτόν τον τρόπο, παραγόταν οι απαραίτητες αμυλάσες για τη μετατροπή του αμύλου σε ζυμώσιμα ζάχαρα. Στο τέλος αυτών των διαδικασιών, επερχόταν η ζύμωση. Το τελικό προϊόν υπόκειται σε φιλτράρισμα ώστε να είναι πιο διαυγές. Ωστόσο, το αλκοολ που προορίζεται για κατανάλωση εξατμίζεται γρήγορα και, συνεπώς δεν είναι εφικτός ο εντοπισμός του στα αρχαιολογικά ευρήματα. (King et al., 2017). Τέλος, οι Minnis και Whalen (2015) αναφέρουν πως ανακαλύφθηκαν θραύσμα βάζων τα οποία παρουσίαζαν εσωτερικές διαβρώσεις, πιθανολογώντας ότι αυτό οφείλεται σε διαδικασίες ζυμώσεις, όπως έχει παρατηρηθεί και σε άλλες περιπτώσεις παραγωγής μύρας, ή στις διάφορες διαδικασίες επεξεργασίας μεγάλων ποσοτήτων καλαμποκιού (Minnis and Whalen, 2015, Scott 2014).

Σήμερα, παρατηρείται μεγάλη ποικιλία στους τρόπους με τους οποίους το καλαμπόκι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μία συνταγή μύρας. Καταρχάς, κατά τη ζύμωση καλαμποκιού μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές μορφές αυτού (cornmeal, corn grits, malted corn, flaked corn, popcorn, corn sugar) και άλλες μορφές που έχουν υποστεί ζύμωση. Οι πιο εύκολα ενσωματώσιμες μορφές καλαμποκιού περιλαμβάνουν αλεσμένο καλαμπόκι, καλαμπόκι σε νιφάδες, ζάχαρα καλαμποκιού. Με βάση το τύπο καλαμποκιού που χρησιμοποιείται, το σώμα της μύρας, η καθαρότητα και η γεύση μπορούν να επηρεαστούν σημαντικά (“What Is a Corn Lager?,” 2021).

Για τους περισσότερους τύπους μύρας καλαμποκιού, η ποσότητα σιτιρού που χρησιμοποιείται περιορίζεται στο 30% της συνολικής μίξης σιτηρών. Υπερβολική ποσότητα καλαμποκιού μπορεί να δημιουργήσει μύρα με έντονη γεύση μηλίτη ή να παράγει θολή μύρα με λιγότερη καθαρότητα. Ανά τα χρόνια, το καλαμπόκι χρησιμοποιείται ως το βασικό συστατικό στις μύρες lager που παράγονται στη Βόρεια Αμερική για να δημιουργεί ένα λεπτό

σώμα. Μερικές μπύρες lager ίσως έχουν γεύση καλαμποκιού ενώ δεν έχει χρησιμοποιηθεί καλαμπόκι σε αυτές. Το πρόβλημα αυτό συνήθως οφείλεται σε ένα χημικό συστατικό γνωστό ως DMS (διμεθυλοσουλφίδιο) που παράγεται στις ανοιχτόχρωμες lagers. Αυτό οφείλεται σε ελάττωμα κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, καθώς οι μπύρες που παράγονται με καλαμπόκι δεν αναμένεται να έχουν γεύση από αυτό. Όταν γίνεται σωστά η ζύμωση, το καλαμπόκι έχει θετικό αποτέλεσμα σε πολλά χαρακτηριστικά της μπύρας. Το καλαμπόκι συνήθως λειτουργεί ως φυσικό γλυκαντικό ενώ μερικές φορές, ανάλογα την μορφή και τη χρήση του, μπορεί να προσδίδει ξηρή αίσθηση σε ζυμωμένα ποτά. Το καλαμπόκι μπορεί επίσης να προσθέσει μια γλυκιά απαλότητα και να δημιουργήσει καθαρές και απαλές μπύρες με λιγότερες θερμίδες, καθώς και να ελαφρύνει τις γεύσεις. Για αυτούς τους λόγους, το καλαμπόκι χρησιμοποιείται συχνά σε ελαφριές και κρεμ λάγκερ.

Η μπύρα καλαμποκιού παράγεται σε πολλές περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών. Παραδοσιακά, το κριθάρι είναι το κύριο σιτηρό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή μπύρας. Ωστόσο, η χρήση των συμπληρωμάτων σιτηρών ολοένα και αυξάνεται. Σήμερα, το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας παραγωγής μπύρας περιέχει μερική ποσότητα καλαμποκιού στο μείγμα σιτηρών. Σιτηρά όπως το ρύζι, η σίκαλη, το καλαμπόκι, το σιτάρι και η βρόμη δημιουργούν πιο ελαφριές μπίρες που είναι κρίσιμες για τις pale lagers. Επιπλέον, οι παραγωγοί μικρών παρτίδων έχουν γίνει πιο δημιουργικοί και πειραματίζονται με το σώμα και τη γεύση. Η μπύρα καλαμποκιού γνώρισε επίσης μια άνοδο στην οικιακή ζυθοποίηση πρόσφατα. Πολλές συνταγές επιτρέπουν στους ζυθοποιούς να δημιουργούν pilsners, cervezas και pale ales. Αν και λίγο πιο δύσκολο στο στάδιο της ζύμωσης, το καλαμπόκι επιτρέπει σε μικρές παρτίδες να δημιουργήσουν ένα ανοιχτόχρωμο αποτέλεσμα στο σπίτι με ένα υγιές επίπεδο πειραματισμού.

Το καλαμπόκι είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο σιτηρό σε πολλές βορειοαμερικανικές μπύρες λόγω της τιμής του. Είναι συνήθως υπεύθυνο για έως και 20% του grain bill και προσδίδει πιο ανοιχτό χρώμα και γεύση από τη βύνη κριθαριού. Αυτό το συστατικό χρησιμοποιείται συχνά για να προσφέρει μια πιο δροσιστική και προσιτή γεύση, καθιστώντας το μια δημοφιλή επιλογή για μπύρες μαζικής παραγωγής (Bamforth, Watson 1997). Όταν χρησιμοποιείτε το καλαμπόκι ως συστατικό για την μπύρα, είναι σημαντικό να μην χρησιμοποιείτε περισσότερο από το 30% του συνολικού μείγματος δημητριακών. Το πολύ καλαμπόκι μπορεί να παράγει γεύσεις σαν μηλίτη ή να έχει ως αποτέλεσμα μια θολή εμφάνιση για την μπύρα με λιγότερη διαύγεια. Μπορεί να υπάρχουν μερικές lager που αναδίδουν μια γεύση καλαμποκιού, παρόλο που δεν υπάρχει καλαμπόκι. Το πρόβλημα συνήθως προέρχεται

από μια χημική ένωση που ονομάζεται DMS (διμεθυλοσουλφίδιο) η οποία εμφανίζεται με ελαφριά lagers (Davis 2016).

1.6 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Η μύρα καλαμποκιού, γνωστή και ως American Lager, έχει πολλά πλεονεκτήματα που την καθιστούν δημοφιλή επιλογή μεταξύ των διάφορων ποτών μύρας. Το καλαμπόκι αποτελεί την μεγαλύτερη σε παραγωγή καλλιέργεια στις ΗΠΑ. Αυτό καθιστά την μύρα καλαμποκιού έναν από τους πιο ευρέως διαθέσιμους τύπους μύρας στις Ηνωμένες Πολιτείες και εύκολα προσιτή στα περισσότερα καταστήματα και μπαρ. Επιπλέον, η μύρα καλαμποκιού παράγεται από πληθώρα ποικιλιών και προσφέρει την δυνατότητα καλλιέργειας για μεγάλο μέρος του χρόνου με καλά αποτελέσματα. Το γεγονός επίσης, ότι σε μερικές χώρες επιτρέπεται η χρήση γενετικής τροποποιημένων ποικιλιών καθιστά την παραγωγή του ακόμα πιο εύκολη, οικονομική και κερδοφόρα καθώς η σοδειά μπορεί να είναι πιο παραγωγική κατά 5.6 ως και 24.5% παραπάνω από την κοινή ενώ παράλληλα μπορεί να έχει χαμηλότερη συγκέντρωση μυκοτοξινών ως και 30%. Επίσης, η χρήση καλαμποκιού στη μύρα προσφέρει επιπλέον ζυμώσιμο εκχύλισμα χωρίς την ιδιαίτερη προσθήκη γεύσης ή χρώματος. Αυτό πιθανώς συμβάλει επίσης στην λιγότερο ακριβή τιμή της σε σχέση με άλλες μορφές μύρας, καθιστώντας την και οικονομικά προσιτή επιλογή.

Η μύρα καλαμποκιού έχει μια ελαφριά και δροσερή γεύση που την κάνει δημοφιλή επιλογή, ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες. Η μύρα καλαμποκιού έχει ελαφρύ σώμα, που σημαίνει ότι καταναλώνεται εύκολα και έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε αλκοόλ, συνήθως περίπου 4-5% ABV. Αυτό το καθιστά μια εξαιρετική επιλογή για όσους θέλουν να απολαύσουν μια μύρα χωρίς να μεθύσουν πολύ. Εκτός από αυτά τα πλεονεκτήματα, η μύρα καλαμποκιού είναι επίσης ένα ευέλικτο στυλ μύρας που μπορεί να παρασκευαστεί με διάφορους τρόπους για να δημιουργήσει μοναδικά προφίλ γεύσης. Οι ζυθοποιοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν διαφορετικούς τύπους καλαμποκιού, στελέχη μαγιάς και ποικιλίες λυκίσκου για να δημιουργήσουν ένα ευρύ φάσμα στυλ μύρας καλαμποκιού που καλύπτουν διαφορετικά γούστα και προτιμήσεις (U.S. Department of Agriculture 2021, Mesnage et al., 2016, Pellegrino et al., 2018)

1.7 ΟΙ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ

Το άμυλο του καλαμποκιού είναι σε πολύ μεγάλο βαθμό όμοιο με του κριθαριού και επομένως το ίδιο ισχύει και για τις θερμοκρασίες στις οποίες επεξεργάζεται. Η περιεκτικότητα του καλαμποκιού σε λάδι υπολογίζεται μεταξύ 4 και 5%. Είναι γνωστό όμως ότι τα έλαια στην μύρα επηρεάζουν τον αφρό. Επομένως είναι θεμιτό να μειώσουμε όσο περισσότερο γίνεται το έλαιο του καρπού ώστε να φτάσει περί το 1%. Για τον λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί τεχνικές κατά τις οποίες, το έμβρυο του καρπού στο οποίο βρίσκεται συγκεντρωμένο σε μεγαλύτερη ποσότητα, αφαιρείται. Οι αζωτούχες ενώσεις, με τις διάφορες διαδικασίες που εκτελούνται από περί 12 τοις εκατό μπορεί να ελαττωθούν έως και το 7%. Το οποίο μπορεί κιόλας να μην είναι διαθέσιμο στις ζύμες καθώς κατά ένα μεγάλο βαθμό είναι δυσδιάλυτο. Αυτός είναι και ένας από τους λόγους που προτιμάται να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα σιτηρά, καθώς οι ζύμες έχουν ανάγκη τις αζωτούχες ενώσεις για να πολλαπλασιαστούν (Hill & Stewart, 2019). Το καλαμπόκι πρέπει επομένως να έχει επεξεργαστεί πριν την πολτοποίηση.

Συνεπώς βυνοποίηση του καλαμποκιού, καθώς οι καρποί του αποτελούν διαφορετικό τύπο κόκκου από το κριθάρι, αποτελεί διαδικασία περίπλοκη. Για αυτό το λόγο οι ζυθοποιοί προτιμούν να το χρησιμοποιούν σε διαφορετικές μορφές από αυτή της βύνης. Όπως νιφάδες, αλεσμένο και εκχύλισμα ζαχάρων. Οι νιφάδες καλαμποκιού οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατευθείαν στην πολτοποίηση και σε ποσοστό 20% έως και 40% του συνόλου ανάλογα το στυλ μύρας και δεν απαιτούν καμία ιδιαίτερη διαδικασία προ της χρήσης τους. Τα ζάχαρα καλαμποκιού όπου αυτά εκτός από την ενίσχυση της περιεκτικότητας σε ανθρακικό μπορούν να προστεθούν και κατά την πολτοποίηση ώστε να αυξήσουν την περιεκτικότητα σε αλκοόλ χωρίς καμία περαιτέρω ιδιαίτερη αλλαγή στον γευστικό ή αρωματικό χαρακτήρα της μύρας.

Τέλος το αλεσμένο καλαμπόκι, το οποίο μπορεί να βρεθεί σε δυο μορφές.

A. Την απλή: Αυτή η μορφή περιέχει μεν άμυλο αλλά αυτό δεν έχει ζελατινοποιηθεί. Επομένως πρέπει να επεξεργαστεί σε διαφορετικό δοχείο πριν αυτού της πολτοποίησης. Για την διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται περί το ένα τέταρτο της ποσότητας του γλεύκους σε ξεχωριστό δοχείο. Αυτό γίνεται ώστε να δράσουν οι αμυλάσες που περιέχονται στις βύνες αλλά λείπουν από το καλαμπόκι καθώς σε αυτό έχει αφαιρεθεί προηγουμένως το έμβρυο. Οι αμυλάσες αυτές θα μετατρέψουν έτσι το άμυλο σε ζάχαρα τα οποία θα μπορούν να αξιοποιηθούν από τις ζύμες.

B. Το εξευγενισμένο αλεσμένο καλαμπόκι: Αποτελεί μία πολύ αποδοτική μορφή του καλαμποκιού καθώς μπορεί να αποδώσει εκχύλισμα έως και 95% ενώ η περιεκτικότητα σε λιπαρά μπορεί να πέσει έως και το 0,5%. Ακολουθείται μία διαδικασία κατά την οποία το άμυλο μπορεί να αφαιρεθεί από τον υπόλοιπο καρπό και να αποξηρανθεί. Είναι μία χρονοβόρος διαδικασία που μπορεί να διαρκέσει έως και 40 ώρες και αρκετά επικίνδυνη. Για τον λόγο αυτό εκτελείται σε διαφορετικό χώρο από αυτού ζυθοποιείου (Kunze 1961).

Το καλαμπόκι πρέπει να έχει επεξεργαστεί πριν την χρήση του στην πολτοποίηση καθώς η σύστασή του το κάνει να επιφέρει ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά στη μύρα, όπως η θολερότητα, όταν είναι ανεπεξέργαστο. Για να αποφευχθεί αυτό, γίνεται χρήση του σε άλλες, επεξεργασμένες μορφές, στις οποίες έχει αφαιρεθεί το μεγαλύτερο μέρος των ανεπιθύμητων συστατικών του. Αυτές μπορεί να είναι είτε οι νιφάδες καλαμποκιού είτε τα απομονωμένα ζάχαρα. Το ποσοστό στο οποίο συνιστάται να χρησιμοποιείται είναι συνήθως μέχρι 40% για τους παραπάνω λόγους (He et al., 2018).

Επιπλέον, στην πιθανότητα αποκλειστικής χρήσης του καλαμποκιού ως το κύριο δημητριακό για την παραγωγή της μύρας, ο τρόπος που θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί είναι έχοντας περάσει το πρώτα από στάδιο βυνοποίησης. Ο λόγος για αυτό είναι ότι κατά τη βυνοποίηση παράγονται αμυλάσες οι οποίες μετατρέπουν το άμυλο σε ζάχαρα. Χωρίς αυτές, τα απαραίτητα ζάχαρα για να γίνει ζύμωση δεν θα μπορούσαν να παραχθούν. Σε περίπτωση που αυτό το στάδιο θέλουμε να το προσπεράσουμε μπορεί να γίνει προσθήκη ενζύμων αμυλάσης στο στάδιο της πολτοποίησης. Αυτή η τεχνική βέβαια έχει μεγάλο κόστος (Staller, 2010).

Η θερμοκρασία ζελατινοποίησης του είναι μεταξύ 62 και 77 βαθμών Κελσίου.

Παρακάτω βλέπουμε την σύσταση του αλεσμένου καλαμποκιού σε σύγκριση με το κριθάρι.

Πίνακας 1 Σύσταση καλαμποκιού-κριθαριού

	Κριθάρι	Καλαμπόκι
Υγρασία (%)	12-16	11-13
Εκχύλισμα (ξηρό %)	75-80	88-93
Θερμοκρασία ζελατινοποίησης (C)	57-65	62-75
Λίπη (ξηρό %)	2-3	0,2-1,3

Πρωτεϊνες (ξηρό %)	9-14	9-11
Άμυλο (ξηρό %)	54-65	71-74
Άμυλόζη	20-24	24-28
Μέγεθος κόκκου αμύλου (μm)	2-3, 13-32	1-5, 10-20

(Lindeboom et. al. 2004)

Μεγάλη σημασία έχει και η πλήρης διαχείριση των καλλιεργειών καλαμποκιού. Αποτελείται από ένα σύνολο ιδεών και στόχων, η εφαρμογή των οποίων μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα της παραγωγής καλλιεργειών. Παλαιότερα αυτό συνήθως σήμαινε συνδυασμό καλλιεργειών ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα και να μειωθεί το κόστος. Σήμερα βέβαια, συμπεριλαμβάνεται και ο τεχνολογικός- βιομηχανικός τομέας. Μπορεί επομένως να προσφέρει μεγαλύτερη ανεξαρτησία στον παραγωγό καθώς δεν χρειάζεται να προμηθεύεται από τρίτους, κάτι που ταυτόχρονα μπορεί να μειώσει τους ρύπους από τα υποπροϊόντα. Τέλος, βοηθάει στη διατήρηση παραγωγικών διαδικασιών που προσφέρουν υψηλής ποιότητας προϊόντων. Ο Harwood (1990) ανέπτυξε τον ακόλουθο ορισμό της αειφόρου γεωργίας, «η αειφόρος γεωργία είναι ένα σύστημα που μπορεί να εξελίσσεται επ' αόριστον προς μεγαλύτερη ανθρώπινη χρησιμότητα, μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα χρήσης των πόρων και ισορροπία με το περιβάλλον που είναι ευνοϊκό για τον άνθρωπο και τα περισσότερα άλλα είδη» (Swinnen, 2002).

Η αειφόρος γεωργία είναι απαραίτητη για διάφορους λόγους, όπως η διατήρηση των φυσικών πόρων, η προώθηση της βιοποικιλότητας, η βελτίωση της υγείας του εδάφους και η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και γενικά μείωση των ρύπων και των προϊόντων που υπό άλλες συνθήκες θα απομακρυνόντουσαν δίχως αξιοποίηση. Επιπλέον, οι βιώσιμες γεωργικές πρακτικές μπορούν να βελτιώσουν τα μέσα διαβίωσης και την υγεία των αγροτών και των κοινοτήτων μειώνοντας την έκθεση σε επιβλαβείς χημικές ουσίες, βελτιώνοντας τη γονιμότητα του εδάφους και αυξάνοντας τις αποδόσεις των καλλιεργειών. (Piñeiro et al., 2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ



Εικόνα 2 Διάφοροι τύποι καλαμποκιού

(Πηγή <https://www.growveg.co.uk/>)

2.1 ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΚΑΙ Η ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑ

Το καλαμπόκι ή αραβόσιτος, *Zea mays* στα λατινικά, είναι το τρίτο σε σπουδαιότητα σιτηρό στον κόσμο μετά το σιτάρι και το ρύζι. Ως περιοχή προέλευσης θεωρείται η Αμερική και κατά γενική άποψη αναφέρεται ότι εξημερώθηκε πριν από 7.000 έως 10.000 χρόνια στο Νότιο Μεξικό. Μετά την εξημέρωση διαδόθηκε γρήγορα σε ολόκληρη την Αμερικανική ήπειρο. Το φυτό μεταφέρθηκε στην Ευρώπη χάρη στον Κολόμβο το 1493 και στη συνέχεια και στον υπόλοιπο πλανήτη (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, Staller, 2010).

Το καλαμπόκι καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο. Ο λόγος για αυτό είναι ότι έχει πολλές ποικιλίες με αποτέλεσμα να μπορεί να προσαρμοστεί σε πολλά διαφορετικά κλίματα και να δώσει ικανοποιητική παραγωγή. Η καλλιέργειά του εκτείνεται από παραθαλάσσιες περιοχές ως και περιοχές με υψόμετρο 4.000m στις Άνδεις του Περού (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, King et al., 2017).

Το 2006, η καλλιέργεια του έφτασε τα 1.444 εκατομμύρια στρέμματα και η παραγωγή σε 695 εκατομμύρια τόνους σπόρου. Οι ΗΠΑ παρήγαγαν το 39% και η Κίνα το 21%. Ακολουθούν

ανάλογα με την παραγωγή, η Βραζιλία, το Μεξικό, η Αργεντινή, η Ινδία, η Γαλλία, η Ινδονησία, η Ιταλία και ο Καναδάς. Στην Ευρώπη παράχθηκαν το 2006 77 εκατομμύρια τόνοι και στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 χωρών, 56 εκατομμύρια τόνοι (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, Banerjee et al., 2014; Smith, 1989). Οι αποδόσεις φυσιολογικά εξαρτώνται από τις συνθήκες παραγωγής και κυμαίνονται από 15 κιλά/στρ. στην Ερυθραία μέχρι 1505 κιλά/στρ. στο Ισραήλ. Η μέση παγκόσμια απόδοση το 2006 ήταν 482 κιλά/στρ. και η μέση απόδοση στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 χωρών 659 κιλά/στρ. με μεγαλύτερη απόδοση στην Ολλανδία 1.197 κιλά/στρ. και τη μικρότερη στη Ρουμανία 358 κιλά/στρ (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, Duvick, 2005).

Το καλαμπόκι καλλιεργείται κυρίως για τον καρπό του όπου προορίζεται κυρίως για διατροφή του ανθρώπου και των ζώων και δευτερευόντως για παραγωγή βιομάζας. Αλλά μπορεί να αξιοποιηθεί και για διάφορα βιομηχανικά προϊόντα (Δέσποινα Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, Smith, 1989). Ο κόκκος του αποτελείται κυρίως από άμυλο το οποίο τον κάνει καθιστά χρήσιμο για τις περισσότερες βιομηχανικές χρήσεις. Ο καρπός χρησιμοποιείται πλέον ευρέως για την παραγωγή βιοαιθανόλης αλλά και λαδιού. Τα φυτικά υπολείματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διατροφή των ζώων με άμεση κατανάλωση ή μετά από ενσίρωση. Τα στελέχη αξιοποιούνται ως καύσιμη ύλη, για παρασκευή χαρτιού κ.λ.π.. Με την πρόοδο της βιοτεχνολογίας γίνεται πιο εύκολο να δημιουργηθούν εξειδικευμένα υβρίδια καλαμποκιού για ειδικές βιομηχανικές χρήσεις (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, Prasanna et al., 2020).

2.1.1. ΤΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στη σημερινή Ελλάδα παρουσιάζονται αυξομειώσεις στην καλλιεργούμενη έκταση καλαμποκιού ανάλογα με τη διαμόρφωση των τιμών των προϊόντων των άλλων αρδευόμενων καλλιεργειών (βαμβάκι, ζαχαρότευτλα, καπνός, ρύζι κ.ά.) (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, Panoutsou et al., 2008). Αυτές είναι καθοριστικές για την ανταγωνιστικότητα της καλλιέργειας σε συνδυασμό με τις επιδοτήσεις από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Το 2006 καλλιεργήθηκαν 2,3 εκατομμύρια στρ. με παραγωγή 2,3 εκατομμύρια στρ. και με μέση απόδοση περίπου 1.000 κιλά σπόρου/στρ. Παλαιότερα, στην Ελλάδα, πριν και κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου η καλλιέργεια του καλαμποκιού καταλάμβανε σημαντικές εκτάσεις, περίπου 2,5 εκατομμύρια στρέμματα και η παραγωγή, εκτός από την διατροφή των ζώων, εξυπηρετούσε και τη διατροφή του ανθρώπου σε σημαντικό βαθμό. Μετά το 1960 παρατηρήθηκε σταδιακή μείωση του αριθμού των καλλιεργούμενων εκτάσεων μέχρι το 1980, για το λόγο ότι η καλλιέργειά του εγκαταλείφθηκε στις ξερικές, ορεινές και ημιορεινές περιοχές, στις οποίες αντικαταστάθηκε από νέες παραγωγικές ποικιλίες χειμερινών σιτηρών και κυρίως του σιταριού

(Papastergiou and Papadopoulou-Mourkidou, 2001).

Παράλληλα όμως η συνολική παραγωγή αυξήθηκε με την εισαγωγή στην καλλιέργεια των διπλών παραγωγικών υβριδίων και τη βελτίωση της τεχνικής καλλιέργειας. Το 1980 παρατηρήθηκε μια νέα αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων στα αρδευόμενα εδάφη, η οποία σύντομα, το 1987, έφθασε τα 2,5 εκατομμύρια στρ. Η αύξηση αυτή ήταν αποτέλεσμα της εισαγωγής στην καλλιέργεια των πολύ αποδοτικών απλών υβριδίων (Danalatos et al., 2009). Το καλαμπόκι καλλιεργείται αποκλειστικά σε αρδευόμενες εκτάσεις, περιοχές όπου το νερό είναι αντλούμενο και το κόστος άρδευσης επομένως πρέπει να είναι μικρό. Επομένως για ικανοποιητική παραγωγή στη χώρα μας κοιτάμε περιοχές όπου υπάρχει άφθονο νερό και αρδευτικά δίκτυα, όπως στη Μακεδονία, τη Θράκη και τη Δ. Στερεά Ελλάδα. Αν το κόστος άρδευσης είναι υψηλό η καλλιεργούμενη έκταση είναι αναγκαστικά μικρότερη. Αυτό συμβαίνει σε περιοχές όπως η Θεσσαλία (Danalatos et al., 2009).

2.2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Το καλαμπόκι ανήκει στο γένος *Zea* και στο είδος *Zea mays L.* Έχει διπλοειδές γονίδιο με 10 χρωμοσώματα. Έχουν προταθεί πολλές θεωρίες σχετικά με τη βοτανική προέλευση του καλαμποκιού. Πιθανότερος πρόγονος θεωρείται το είδος *Zea mays L. subsp. mexicana* (Schrad) Pitis, παλαιότερες ονομασίες *Euchlaena mexicana Schrad.* και *Zea mexicana* (Schrad.) Kuntze (κοινώς teosinte) (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, Pitis and Doebley, 1980).

Σύμφωνα με το Euro+Med PlantBase, η ταξινόμηση του γένους είναι η εξής:

Βασίλειο: Plantae

Συνομοταξία: Tracheophyta

Υπεράθροισμα: Spermatophytina

Κλάση: Magnoliopsida

Υπέρταξη: Lillanae

Τάξη: Poales

Οικογένεια: Poaceae

Φυλή: Andropogoneae

Γένος: *Zea*

Είδος: *Zea mays*

2.2.1. ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Το καλαμπόκι παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία. Ανάλογα με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, τη δομή και τις ιδιότητες του αμύλου του κόκκου διακρίνουμε έξι βασικούς τύπους. Αυτοί είναι: το μικρόκοκκο, το σκληρό, το οδοντόμορφο, το αλευρώδες, το γλυκό και το ενδεδυμένο καλαμπόκι. Δεν περιοριζόμαστε όμως σε αυτούς καθώς δημιουργήθηκαν και ενδιάμεσοι τύποι, όπως το ημι-σκληρό καλαμπόκι, σκληρό με μαλακό κάλυμμα, το ημι-οδοντόμορφο ενδιάμεσος τύπος μεταξύ οδοντόμορφου και σκληρού, αλλά πλησιέστερα προς το σκληρό και το ημι-αλευρώδες με εξωτερικό στρώμα σκληρού ενδοσπερμίου. Επίσης δημιουργήθηκαν και ειδικοί τύποι καλαμποκιού, οι σπουδαιότεροι από τους οποίους είναι μικρόκοκκο καλαμπόκι, σκληρό καλαμπόκι, οδοντόμορφο καλαμπόκι, αλευρώδες καλαμπόκι, γλυκό καλαμπόκι και ενδεδυμένο καλαμπόκι και θα αναπτυχθούν στη συνέχεια (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012). Παρακάτω αναλύονται σύμφωνα με την Παπακώστα-Τασοπούλου.

Μικρόκοκκο καλαμπόκι (pop corn):



Εικόνα 3 Μικρόκοκκο καλαμπόκι
(Πηγή <https://create.vista.com/el/photos/pop-corn/>)

Από αυτόν τον τύπο παράγεται το ποπ κορν ,καθώς η σύστασή του κόκκου του είναι κυρίως κερατοειδές. Αυτή η δομή συνεισφέρει στην ανάπτυξη πίεσης υδρατμών στο εσωτερικό του σπόρου με αποτέλεσμα να υπάρξει διόγκωση από 20 έως και 50 φορές του αρχικού του μεγέθους. Η πιο συχνή ποικιλία που χρησιμοποιείται είναι η *Zea mays everta* (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, Staller, 2009).

Σκληρό καλαμπόκι (flint corn):



Εικόνα 4 Σκληρό καλαμπόκι
(Πηγή <https://www.springhausagro.com/post/characteristics-and-uses-of-flint-corn>)

Αποτελεί πρώιμη ποικιλία που ευνοείται από χαμηλές θερμοκρασίες κατά την άνοιξη. Ο κόκκος αποτελείται από ένα μικρό τμήμα αλευρώδους ενδοσπερμίου στο κέντρο του σπόρου, το οποίο περιβάλλεται εξ ολοκλήρου από κερατοειδές ενδοσπέρμιο καθώς το ίδιο είναι πολύ μαλακό. Οι κόκκοι έχουν σχήμα σχεδόν σφαιρικό ή ωσειδές και παραμένουν λείοι κατά την ωρίμανση, λόγω της κατανομής του κερατοειδούς τμήματος του ενδοσπερμίου που.

Καταλάμβανε παλαιότερα το μεγαλύτερο μέρος των καλλιεργούμενων με καλαμπόκι εκτάσεων στη χώρα μας. Οι Ελληνικοί πληθυσμοί και τα πρώτα Ελληνικά διπλά υβρίδια ανήκουν σ' αυτόν τον τύπο. Σήμερα η καλλιέργειά του αρχίζει να αντικαθίσταται με την καλλιέργεια των απλών υβριδίων, που ανήκουν στον οδοντόμορφο (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, Staller, 2009).

Οδοντόμορφο καλαμπόκι (dent corn):



Εικόνα 5 Οδοντόμορφο καλαμπόκι
(Πηγή Terry Daynard's Blog)

Αποτελεί πολύ παραγωγική ποικιλία. Έχει μεικτό προφίλ κόκκου, με το μεγαλύτερο τμήμα να αποτελείται από αλευρώδες ενδοσπέρμιο και έχει κερατοειδές ενδοσπέρμιο στο εξωτερικό του. Παίρνει το όνομα του καθώς όταν είναι ώριμο, σχηματίζεται ένα βαθούλωμα σε σχήμα δοντιού στο επάνω μέρος του κόκκου, λόγω της συρρίκνωσης μόνον του αλευρώδους τμήματος του ενδοσπερμίου. Είναι ο πιο διαδεδομένος καλλιεργούμενος τύπος στη χώρα μας και παγκοσμίως, καθώς είναι ο πιο παραγωγικός και ένας με τις περισσότερες χρήσεις στην ανθρώπινη διατροφή, την διατροφή των ζώων και τη παραγωγή βιοαιθανόλης, χαρτιού και διάφορων βιομηχανικών προϊόντων (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012, Staller, 2009).

Αλευρώδες καλαμπόκι (floury corn):



Εικόνα 6 Αλευρώδες καλαμπόκι
(Πηγή <https://dellait.com/evaluation-of-leafy-floury-corn-silage-hybrids-in-early-lactation-cows/>)

Το ενδοσπέρμιο του κόκκου είναι σχεδόν εξ ολοκλήρου μαλακό και αλευρώδες και δεν παρουσιάζει έντονη συρρίκνωση κατά την ωρίμανση. Τα παραπάνω το καθιστούν ιδανική ποικιλία για τη παραγωγή αλεύρων. Ωστόσο δεν καλλιεργείται ιδιαίτερα (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, Staller, 2009).

Γλυκό καλαμπόκι (sweet corn):



Εικόνα 7 Γλυκό καλαμπόκι
(Πηγή <https://food.unl.edu/article/sweet-corn>)

Όπως υποδηλώνει και το όνομα αποτελείται σε μεγάλο βαθμό τα ζάχαρα και όχι τόσο από άμυλο και καταναλώνεται μόνο από τον άνθρωπο. Το ενδοσπέρμιο έχει υαλώδη εμφάνιση καθώς κατά την ωρίμανση των κόκκων υπάρχει έντονη αφυδάτωση η οποία προκαλεί την συρρίκνωση τους. Καταναλώνεται αποκλειστική πριν την ωρίμανση του κόκκου, νωπό ή μαγειρεμένο (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, Staller, 2009).

Ενδεδυμένο καλαμπόκι (pod corn):



Εικόνα 8 Ενδεδυμένο καλαμπόκι
(Πηγή https://en.wikipedia.org/wiki/Pod_corn)

Δεν έχει οικονομική σημασία καθώς χρησιμεύει κυρίως σε προγράμματα βελτίωσης ποικιλιών και υβριδίων. Οι κόκκοι περιβάλλονται από τα ανεπτυγμένα λέπυρά τους και ολόκληρος ο σπάδικας από τα βράκτια φύλλα, όπως και στους υπόλοιπους τύπους. Δεν αποτελεί πρόγονο του συγχρόνου καλαμποκιού αλλά είναι μια ποικιλία στην οποία έχει προκύψει μετάλλαξη που επιφέρει αυτή την παρουσία του (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, Staller, 2009).

2.2.2. ΕΙΔΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Παρακάτω αναλύονται ειδικοί τύποι καλαμποκιού, με συγκεκριμένο σκοπό στην βιομηχανία τροφίμων και όχι μόνο, κατά την Δέσποινα Παπακώστα-Τασοπούλου καθηγήτρια γεωπονικής στο Α.Π.Θ. . Η ανάλυση αυτών θα μας δώσει να καταλάβουμε πόσο σημαντικό είναι το καλαμπόκι στην παραγωγή διαφόρων προϊόντων και το πώς ο άνθρωπος έχει δουλέψει για να διαμορφώσει γενότυπους με τα χαρακτηριστικά που επιζητά από φυτό.

«Η δημιουργία ειδικών τύπων καλαμποκιού αφορά κυρίως ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κόκκου, που συνδέονται με την παραγωγή εξειδικευμένων προϊόντων, για τη διατροφή του ανθρώπου και τη βιομηχανία. Παρ' όλο ότι οι ειδικοί αυτοί τύποι καλλιεργούνται σε μικρή σχετικά έκταση παγκοσμίως, παίζουν σημαντικό ρόλο στην διατροφικής αλυσίδας. Το μέλλον αυτών των τύπων θα εξαρτηθεί από το οικονομικό αποτέλεσμα σε σύγκριση με άλλες πηγές τροφίμων και ζωοτροφών» (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Καλαμπόκι με βελτιωμένη ποιότητα πρωτεΐνης:

Καλλιεργείται σε πολλές χώρες. Αν και γενικά η περιεκτικότητα του σε πρωτεΐνη είναι χαμηλή δηλαδή από 8 έως 10% η πρωτεΐνη που περιέχει αποτελείται σε μεγάλο βαθμό από τα αμινοξέα λυσίνη και τρυπτοφάνη. Τα αμινοξέα αυτά βέβαια δημιουργούν προβλήματα στα ζώα. Προκλήθηκε όμως ενδιαφέρον για την παραγωγή ποικιλιών επίσης έχουν καλύτερη ποιότητα πρωτεΐνης αλλά και μεγαλύτερη περιεκτικότητα. Διαπιστώθηκε όμως ότι δύο υποτελή αλληλόμορφα γονίδια, που προήλθαν από μετάλλαξη, τα opaque-2 και floury-2 αυξάνουν την περιεκτικότητα σε λυσίνη και τρυπτοφάνη. Τα δύο αυτά γονίδια μειώνουν το κλάσμα της ζεΐνης της πρωτεΐνης ως και 50%, με παράλληλη αύξηση των αλβουμινών, γλοβουλινών και της γλουτενίνης, οι οποίες έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε λυσίνη και τρυπτοφάνη. Έγινε εφικτό να αυξηθεί η περιεκτικότητα τους ως και στο διπλάσιο. Η βελτίωση όμως της ποιότητας της πρωτεΐνης συνοδεύονταν με ορισμένα ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά, όπως μικρότερη απόδοση, μαλακό ενδοσπέρμιο, μεγαλύτερη υγρασία κόκκου, ευαισθησία στο πλάγιασμα, στους εχθρούς και στις ασθένειες. Μετά από έντονη βελτιωτική προσπάθεια, έχουν δημιουργηθεί στις ΗΠΑ υβρίδια με καλύτερη ποιότητα πρωτεΐνης, των οποίων η απόδοση φθάνει στο 90 έως 95% των συνηθισμένων υβριδίων. Η πρωτεΐνη αυτών των υβριδίων μπορεί να φτάσει μέχρι και 1,3% παραπάνω από τα κανονικά υβρίδια (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Καλαμπόκι με υψηλή περιεκτικότητα σε λάδι:

Το λάδι βρίσκεται κυρίως στο ασπίδιο και το έμβρυο του σπόρου. Πιο συγκεκριμένα, Αν και το ασπίδιο αποτελεί πολύ μικρό μέρος του κόκκου περιέχει το μεγαλύτερο μέρος του λαδιού σε ποσοστό έως και 85%. Αυτός ο τύπος καλαμποκιού περιέχει έως και 8,4% λάδι, δηλαδή σχεδόν το διπλάσιο των κοινών ποικιλιών οι οποίες δεν ξεπερνάνε το 4,5% σε λάδι (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Καλαμπόκι με υψηλή περιεκτικότητα σε αμυλόζη:

Τυπικά, το καλαμπόκι στάχυ περιέχει περίπου 25% αμυλόζη και 75% αμυλοπηκτίνη, αμφότερες από τις οποίες είναι χημικά διακριτές ουσίες χρησιμοποιούνται για διάφορους βιομηχανικούς σκοπούς. Ωστόσο, η ανακάλυψη του δευτερεύοντος γονιδίου "ae" διευκόλυνε την ανάπτυξη υβριδίων με υψηλότερη περιεκτικότητα σε αμυλόζη, ενώ διατηρείται η συνολική περιεκτικότητα σε άμυλο. Αυτό το γονίδιο ενισχύει την παραγωγή αμυλόζης. Ενώ τα υβρίδια με 50% περιεκτικότητα σε αμυλόζη θεωρούνται αποδεκτά, οι βιομηχανίες προτιμούν ακόμη υψηλότερη περιεκτικότητα σε αμυλόζη. Τα προγράμματα αναπαραγωγής έχουν αποκτήσει με επιτυχία γονότυπους με πάνω από 80% αμυλόζη. Το άμυλο με υψηλή περιεκτικότητα σε

αμυλόζη σχηματίζει εύκολα μια ισχυρή γέλη και βρίσκει εφαρμογή σε διάφορους τομείς, όπως η ζαχαροπλαστική (π.χ. ελαστικές καραμέλες), τα πηκτικά τροφίμων, οι φωτογραφικές μεμβράνες, οι κόλλες και άλλα. Πρόσφατα, η αμυλόζη καλαμποκιού έχει χρησιμοποιηθεί ως βιοαποδομήσιμο υλικό συσκευασίας, με ποσοστό βιοδιασπασιμότητας 90%, ειδικά για συσκευασία τροφίμων (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Κηρώδες καλαμπόκι:

Το ενδοσπέρμιο του καλαμποκιού έχει γυαλιστερή υφή και αποτελείται κυρίως από αμυλοπηκτίνη. Το κηρώδες γονίδιο διέπει την παρουσία κηρώδους ενδοσπερμίου. Η αμυλοπηκτίνη, με το αυξημένο μοριακό της βάρος και τη διακριτή δομή της, βρίσκει εφαρμογή σε διάφορες βιομηχανίες, ιδιαίτερα στην παραγωγή συγκολλητικών ουσιών. Χρησιμοποιείται επίσης ως υποκατάστατο της ταπιόκας σε προϊόντα διατροφής. Η αμυλοπηκτίνη παίζει ρόλο στον προσδιορισμό της πυκνότητας των τροφίμων. Επιπλέον, σε δίαιτες μηρυκαστικών, προσφέρει ανώτερη θρεπτική αξία σε σύγκριση με το καλαμπόκι (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Γλυκό καλαμπόκι:

Το γλυκό καλαμπόκι και το οδοντομορφικό καλαμπόκι εμφανίζουν γενετικές διαφορές, που συνήθως περιλαμβάνουν τουλάχιστον ένα δευτερεύον γονίδιο. Αυτές οι γονιδιακές παραλλαγές μπορούν να οδηγήσουν είτε σε υψηλότερη συγκέντρωση σακχάρων στο ενδοσπέρμιο σε βάρος του αμύλου είτε σε αλλαγές στην παραγωγή πολυσακχαριτών ως προς τον τύπο και την ποσότητα. Κατά τη συγκομιδή, το γλυκό καλαμπόκι χαρακτηρίζεται από αυξημένα επίπεδα σακχαρόζης και υδατοδιαλυτών πολυσακχαριτών, ενώ η περιεκτικότητα σε άμυλο είναι συγκριτικά χαμηλότερη. Αντίθετα, το καλαμπόκι στάχυ περιέχει γενικά διαλυτά σάκχαρα της τάξης του 1,4% έως 2,0%, ενώ το γλυκό καλαμπόκι μπορεί να φτάσει σε επίπεδα έως και 35%. Η παρουσία υδατοδιαλυτών πολυσακχαριτών, ιδιαίτερα του φυτογλυκογόνου, συμβάλλει στην κρεμώδη υφή που παρατηρείται στο ενδοσπέρμιο του γλυκού καλαμποκιού. Αν και η ακριβής προέλευση του γλυκού καλαμποκιού δεν είναι απολύτως σαφής, δύο θεωρίες έχουν κερδίσει την υποστήριξη. Μια θεωρία προτείνει ότι το σημερινό γλυκό καλαμπόκι προήλθε από τις ποικιλίες Chullpi της Νότιας Αμερικής και του Μεξικού Maiz Dulce, ενώ μια άλλη προτείνει ότι προέκυψε ως αποτέλεσμα μιας μετάλλαξης στο βαθουλωμένο καλαμπόκι.

Το γλυκό καλαμπόκι υπήρχε ήδη στο δυτικό ημισφαίριο πολύ πριν από την άφιξη του Κολόμβου το 1492. Οι ερευνητές έχουν μελετήσει εκτενώς 14 μεταλλάξεις που επηρεάζουν τη σύνθεση υδατανθράκων του ενδοσπερμίου, παρέχοντας πολύτιμες γνώσεις για τη βελτίωση του

γλυκού καλαμποκιού. Επιπλέον, τουλάχιστον 8 δευτερεύοντα γονίδια έχουν εξεταστεί διεξοδικά σε εμπορικά υβρίδια γλυκού καλαμποκιού. Αυτές οι μεταλλάξεις όχι μόνο επηρεάζουν τη σύνθεση του ενδοσπερμίου αλλά επηρεάζουν επίσης διάφορα άλλα χαρακτηριστικά των κόκκων, συμπεριλαμβανομένης της διάρκειας διατήρησης των επιθυμητών χαρακτηριστικών τόσο πριν όσο και μετά τη συγκομιδή, την περιεκτικότητα σε υγρασία και πολλά άλλα (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Καλαμπόκι για ενσίρωση:

Ο συνδυασμός πράσινων στελεχών και καρπών χρησιμεύει ως σημαντικό συστατικό στη διατροφή των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής και των βοοειδών όταν μετατραπούν σε ενσίρωμα. Κατά την έρευνα στον αραβόσιτο για την παραγωγή ενσίρωσης υψηλής ποιότητας, λαμβάνονται υπόψη πολλοί παράγοντες, όπως η συνολική απόδοση βιομάζας ανά μονάδα επιφάνειας, η ποιότητα της βιομάζας και οι κατάλληλες συνθήκες συγκομιδής και αποθήκευσης. Παραδοσιακά, πιστεύεται ότι το καλύτερο υβρίδιο για την παραγωγή φρούτων αποδίδει επίσης το καλύτερο ενσίρωμα. Ωστόσο, πρόσφατες έρευνες σε διάφορα φυτικά και βασικά χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στην ανώτερη ποιότητα ενσίρωσης έχουν θέσει υπό αμφισβήτηση αυτή την υπόθεση. Καθώς οι εξελίξεις στην τεχνολογία επιτρέπουν την καλύτερη αξιολόγηση της ποιότητας των ενσίρων, δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στην ανάπτυξη και αξιολόγηση υβριδίων που έχουν σχεδιαστεί ρητά για την παραγωγή ενσίρωσης. (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Καλαμπόκι για κατασκευή πίπας καπνίσματος (ripe corn):

Αυτός ο τύπος καλαμποκιού δεν χρησιμοποιείται ως τρόφιμο. Από το σπάδικα (και ιδιαίτερα τη ράχη ή κοτσάνι) κατασκευάζονται πίπες για κάπνισμα καπνού (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, John Staller, 2009).

2.2.3. ΥΒΡΙΔΙΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

Το καλαμπόκι είναι σταυρογονιμοποιούμενο φυτό και η πρώτη ποικιλία που καλλιεργήθηκε ήταν προϊόν ελεύθερης διασταύρωσης. Η διαπίστωση της υψηλής ετέρωσης που παρουσιάζει το καλαμπόκι και η δημιουργία των υβριδίων θεωρείται το σπουδαιότερο γεγονός στην καλλιέργεια του καλαμποκιού.

Τα πρώτα υβρίδια καλαμποκιού δημιουργήθηκαν τη δεκαετία του 1920 στις ΗΠΑ, αλλά η διάδοσή τους ήταν πολύ μικρή. Το 1933 καταλάμβαναν μόλις το 1% της καλλιεργούμενης έκτασης με καλαμπόκι. Η υψηλή όμως απόδοση και η συνεχής βελτίωσή τους συνετέλεσε ώστε μέσα σε 10 χρόνια στο 78% των εκτάσεων να καλλιεργούνται τα υβρίδια. Σήμερα στις ΗΠΑ αλλά και στις περισσότερες χώρες του κόσμου, όπως και την Ελλάδα, καλλιεργούνται σχεδόν αποκλειστικά υβρίδια (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012).

2.3 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΤΙΚΑ

Στο υπόλοιπο του κεφαλαίου 4.3 αναλύονται τα χαρακτηριστικά του καλαμποκιού ως φυτού κατά την Δέσποινα Παπακώστα-Τασοπούλου καθηγήτρια γεωπονικής στο Α.Π.Θ.. Η ανατομία του μας ενδιαφέρει για να καταλάβουμε τον τρόπο που λειτουργούν τα πιο σημαντικά επιμέρους τμήματα του φυτού πιο καλά, αλλά και τις χρήσεις τους από τον άνθρωπο.

Το καλαμπόκι είναι ετήσιο φυτό και παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ποικιλία φαινοτύπων από όλα τα σιτηρά. Αυτή η ποικιλομορφία δίνει τη δυνατότητα και το πλεονέκτημα στους βελτιωτές να συνδυάζουν διαφορετικούς γενότυπους και να επιλέγουν μορφολογικά επιθυμητούς φαινοτύπους (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012).

2.3.1 ΒΛΑΣΤΟΣ

Ο βλαστός ή καλάμι, ανάλογα με το γενότυπο, έχει συνήθως 8-21 μεσογονάτια και είναι εσωτερικά γεμάτος με εντεριώνη. Το μήκος του κυμαίνεται από 0,6 έως 5 εκατοστά και η διάμετρος μεταξύ 1.3-5 εκατοστών. Τα μεσογονάτια είναι μεγαλύτερα σε μήκος και σχεδόν κυλινδρικά στο επάνω μέρος του φυτού, ενώ φέρουν αυλάκια και είναι βραχύτερα στο κατώτερο τμήμα. Υπάρχει ένας οφθαλμός σε κάθε κόμβο του στελέχους, εκτός από τον υψηλότερο,. Οι κατώτεροι κόμβοι φέρουν επιπλέον και τις καταβολές των εναέριων ριζών. Οι οφθαλμοί που βρίσκονται στο μέσο και ανώτερο τμήμα του φυτού, όταν εκπτυχθούν παράγουν βλαστούς, στους οποίους στη συνέχεια θα σχηματισθούν οι σπάδικες, ενώ εκείνοι που βρίσκονται κοντά ή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους μπορούν να παράγουν αδέρφια (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012).

2.3.2 ΦΥΛΛΑ

Τα φύλλα του καλαμποκιού αναπτύσσονται ανά ένα σε κάθε κόμβο. Το αναπτυγμένο φύλλο αποτελείται από το έλασμα και τον κολεό. Μεταξύ του κολεού και του ελάσματος υπάρχει ένα διαφοροποιημένο τμήμα, ο κολεός περιβάλλει το μεσογονάτιο μέχρι τον επόμενο προσδίδει αντοχή στο μεσογονάτιο διάστημα. Σε ορισμένους γενότυπους μπορεί να αναπτυχθεί γλωσσίδιο στο σημείο συνένωσης του κολεού με το έλασμα (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012).

2.3.3. ΑΝΘΗ – ΤΑΞΙΑΝΘΙΕΣ

Το καλαμπόκι είναι το μόνο αγρωστώδες που είναι φυτό μόνικο και δικλινές. Τα θηλυκά και τα αρσενικά άνθη σχηματίζουν χωριστές ταξιανθίες στο ίδιο φυτό. Επίσης πολύ σπάνιο φαινόμενο αλλά πιθανό είναι οι δυο ταξιανθίες εκπτύσσονται στο ίδιο σημείο. Η αρσενική ταξιανθία είναι φόβη, σχηματίζεται στο κορυφαίο τμήμα του φυτού και ο κεντρικός της άξονας είναι προέκταση του άκρου του βλαστού. Η θηλυκιά ταξιανθία που ονομάζεται σπάδικας, είναι στάχης και σχηματίζεται στο άκρο μικρών πλευρικών διακλαδώσεων του κεντρικού στελέχους.

Οι διακλαδώσεις της αρσενικής ταξιανθίας είναι διατεταγμένες σε σπειροειδή διάταξη στον κεντρικό άξονα της φόβης. Κατά μήκος του κεντρικού άξονα και των διακλαδώσεων εκφύονται τα σταχύδια, κατά ζεύγη. Κάθε σταχύδιο περιβάλλεται από δύο ωοειδή λέπυρα και έχει δύο ανθίδια με τρεις στήμονες το κάθε ένα και υποτυπώδη στύλο. Οι ανθήρες παράγουν άφθονη γύρη.

Η πλάγια διακλάδωση που φέρει το σπάδικα είναι οντογενετικά πλήρης βλαστός, όπως και ο κεντρικός. Αποτελείται από γόνατα που φέρουν φύλλα και οφθαλμούς, τα δε μεσογονάτια διαστήματα είναι πολύ κοντά. Τα φύλλα έχουν υποστεί διαφοροποίηση και έχουν αναπτύξει επιμήκεις κολεούς, οι οποίοι λόγω του μικρού μήκους των μεσογονατίων υπερκαλύπτουν την ταξιανθία και σχηματίζουν τα βράκτια φύλλα, τα οποία περιβάλλουν το σπάδικα και τον προστατεύουν από εχθρούς. Αντίθετα τα ελάσματα των φύλλων αναπτύσσονται ελάχιστα και σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν εξαφανισθεί τελείως. Επιθυμητό χαρακτηριστικό είναι τα βράκτια φύλλα να καλύπτουν το σπάδικα μέχρι την ωρίμανση, για να αποφεύγονται απώλειες σπόρων κυρίως από τα πτηνά.

Ο σπάδικας είναι στάχης με παχυμένη τη ράχη. Τα σταχύδια κατά ζεύγη είναι κατανομημένα σε όλο το μήκος του σπάδικα. Κάθε σπάδικας περιφερειακά φέρει συνήθως από 4 έως 15 ή σε ορισμένες περιπτώσεις περισσότερες σειρές ζευγών σταχυδίων. Ο αριθμός των σειρών

σταχυδίων του σπάδικα, που είναι πάντα ζυγός αριθμός, καθορίζεται από το γενότυπο, επηρεάζεται όμως και από τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Ο αριθμός των σταχυδίων κατά μήκος του σπάδικα κυμαίνεται από 30 έως 70. Κάθε σταχύδιο αποτελείται από δύο ανθίδια, εκ των οποίων το ένα μόνον είναι γόνιμο. Επομένως ένας μεγάλος σπάδικας μπορεί να έχει και περισσότερους και από 1000 κόκκους. Ο συνηθισμένος όμως αριθμός π.χ. στο οδοντόμορφο καλαμπόκι είναι περίπου 600 κόκκοι.

Κάθε θηλυκό άνθος έχει τρεις υποτυπώδεις στήμονες και έναν ύπερο. Ο ύπερος αποτελείται από την ωοθήκη, και έναν επιμήκη νηματοειδή στύλο, που διχάζεται στην κορυφή. Ο νηματοειδής στύλος κάθε άνθους επιμηκύνεται και εξέρχεται από την κορυφή του σπάδικα, μέσα από τα βράκτια φύλλα, στον ελεύθερο αέρα. Ο στύλος στο ανώτερο τμήμα του φέρει μικρά τριχοειδή στίγματα με κολλώδη υφή, πάνω στα οποία επικάθονται οι γυρεόκοκκοι κατά την επικονίαση. Μετά την επικονίαση οι στύλοι ξηραίνονται.

Ο αριθμός των θηλυκών ταξιανθιών ανά φυτό είναι ανάλογος με τον τύπο του καλαμποκιού και το γενότυπο. Ο συνηθής αριθμός είναι 1-3 σπάδικες στο κάθε φυτό. Τα περισσότερα απλά υβρίδια οδοντόμορφου καλαμποκιού για παράδειγμα έχουν ένα μόνον μεγάλο σπάδικα, ο οποίος σχηματίζεται κοντά στο μέσο του στελέχους (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012, Staller, 2009).

2.3.4. ΩΡΙΜΟΙ ΚΑΡΠΟΙ ΚΑΙ ΣΠΑΔΙΚΕΣ

Η ράχη του σπάδικα στο σημείο που είναι τοποθετημένοι οι κόκκοι είναι λευκή ή έγχρωμη. Ο καρπός του καλαμποκιού είναι καρύωση, όπως και στα άλλα σιτηρά. Το μέγεθος και το σχήμα του εξαρτάται κυρίως από την ποικιλία του καλαμποκιού. Αποτελείται από το περικάρπιο και το περίβλημα του σπόρου, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Το περικάρπιο προέρχεται από τους ιστούς της ωοθήκης του μητρικού ιστού. Το ενδοσπέρμιο είναι τριπλοειδές και προέρχεται από την ένωση των δύο πολικών πυρήνων με τον ένα σπερματικό. Το ενδοσπέρμιο αποτελεί περίπου κατά το 80% του κόκκου. Μακροσκοπικά διακρίνεται σε ένα τμήμα αδιαφανές, με αλευρώδη εμφάνιση, δηλαδή το αλευρώδες ενδοσπέρμιο και ένα τμήμα διαφανές με υαλώδη εμφάνιση, δηλαδή κερατοειδές ή υαλώδες ενδοσπέρμιο. Η διαφορά στην υφή των δύο αυτών τμημάτων του ενδοσπερμίου οφείλεται στο διαφορετικό βαθμό συμπίεσης των κυττάρων, που έχει σαν αποτέλεσμα αλλαγή στη δομή των αμυλόκοκκων (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012).

Οι αμυλόκοκκοι στο κερατοειδές ενδοσπέρμιο είναι μικρότεροι και έχουν πολυεδρικό σχήμα, ενώ στο αλευρώδες είναι μεγάλοι και σφαιρικοί. Το κερατοειδές ενδοσπέρμιο περιέχει

μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη σε σχέση με το αλευρώδες. Το ποσοστό συμμετοχής των δύο αυτών ειδών ενδοσπερμίου και η κατανομή τους στον κόκκο χρησιμοποιούνται στη διάκριση των διαφόρων τύπων καλαμποκιού, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Το εξωτερικό στρώμα των κυττάρων του ενδοσπερμίου καλείται αλευρόνη. Αυτή είναι πλούσια σε αζωτούχες ουσίες και αποτελεί το 8 έως 12% του βάρους του κόκκου. Το χρώμα του κόκκου καθορίζεται από τη σύσταση και τον ιστό στον οποίο βρίσκονται οι χρωστικές και οι φαινολικές ενώσεις. Το περικάρπιο είναι διαφανές ως επί το πλείστον, δυνατόν όμως να έχει και κόκκινο χρώμα. Ποικίλλει δε ως προς το πάχος του ανάλογα με το γενότυπο και τις συνθήκες ανάπτυξης κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Η αλευρόνη είναι άχρωμη, κόκκινη ή βαθυκόκκινη. Το χρώμα οφείλεται στην παρουσία φλαβονοειδών. Το ενδοσπέρμιο είναι λευκό ή κίτρινο. Το κίτρινο χρώμα οφείλεται σε ξανθοφύλλες και καροτινοειδή, η ποσότητα και η σύσταση των οποίων προσδίδε στο ενδοσπέρμιο ένταση χρώματος από ελαφρύ κίτρινο έως έντονο πορτοκαλί (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012).

Το έμβρυο αποτελείται από δύο τμήματα. Το βλαστικό ή εμβρυακό άξονα και το ασπίδιο, όπου αποτελεί τη μοναδική κοτυληδόνα του σπόρου. Ο εμβρυακός άξονας στον ώριμο σπόρο αποτελείται από το πτερίδιο, που βρίσκεται στο άνω τμήμα του άξονα και έχει τις καταβολές 5 έως 6 εμβρυακών φύλλων και το ριζίδιο στο κάτω τμήμα, όπου υπάρχουν οι καταβολές των εμβρυακών ριζών. Το ασπίδιο είναι πλούσιο σε λάδι, πρωτεΐνες και ανόργανα άλατα, συστατικά που είναι απαραίτητα για τα πρώτα στάδια του φυτρώματος (Παπακώστα-Τασοπούλου 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΚΑΙ ΠΟΤΟΠΟΙΑ

Συμπεραίνουμε από τα προηγούμενα κεφάλαια ότι ο ρόλος του καλαμποκιού στη ποτοποιία, τη ζυθοποιία και τη ζωή του ανθρώπου είναι σπουδαίος εδώ και πολλά χρόνια. Ο στόχος στη σύγχρονη παραγωγή καλαμποκιού είναι να αυξήσουμε την παραγωγή ζαχάρων και υδατανθράκων ώστε να αποδώσει περισσότερο ζυμώσιμο εκχύλισμα.

Γενικά, αυξάνοντας τη γλυκύτητα, η περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες του καλαμποκιού αυξάνεται και με τη σειρά του μειώνεται η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Για τις περισσότερες παραδοσιακές-χρωματιστές αμερικάνικες ποικιλίες ισχύει το αντίθετο. Συνήθως έχουν υψηλότερη πρωτεϊνική περιεκτικότητα σε σύγκριση με άλλες. Από την άποψη της ζύμωσης και απόσταξης, η μειωμένη περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες και η αυξημένη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες οδηγούν συνήθως σε χαμηλότερες αποδόσεις αλκοόλης με αυξημένη πολυπλοκότητα και ποικιλία γεύσεων (Campbell Franklin, 2013).

Πολλοί από τους νέους παραγωγούς ούισκι για παράδειγμα, αισθάνονται ότι η ποικιλομορφία του καλαμποκιού στο μείγμα είναι ένας τρόπος να διαφοροποιηθούν τα προϊόντα τους από τα παραδοσιακά στυλ μπύρας, Bourbons και Corn Whiskey. Η απόφασή τους να χρησιμοποιούν μικρές ποσότητες εγχρώμων ποικιλιών για τις συνταγές τους αντί για αποκλειστικά απλές έχει πολλές πτυχές. Αυτό οφείλεται σε πολλούς λόγους, συμπεριλαμβανομένου του σχετικά υψηλού κόστους των έγχρωμων ποικιλιών, των τυπικά χαμηλότερων αποδόσεων σε αλκοόλ που συνδέονται με αυτές και μια επιθυμία να παρουσιαστεί η γεύση των τοπικά καλλιεργημένων σπόρων στα αποστάγματα. Πολλά από τα καλαμπόκια αυτά είναι δύσκολο να βρεθούν και όταν βρεθούν, είναι δαπανηρά συγκριτικά με το κανονικό κίτρινο οδοντωτό καλαμπόκι (Staller, 2010, Campbell Franklin, 2013).

Το αυξημένο κόστος είναι αποτέλεσμα όχι μόνο της σπανιότητας των σπόρων, αλλά και λόγω της αυξημένης δυσκολίας καλλιέργειας και της χαμηλότερης απόδοσης ανά στρέμμα. Πολλά από τα καλαμπόκια που συνήθως χρησιμοποιούνται για φαγητό είτε έχουν δημιουργηθεί για να παράγουν εξαιρετικά υψηλές αποδόσεις ανά στρέμμα, να είναι ανθεκτικές στις ασθένειες και την ξηρασία, και το πιο σημαντικό, να είναι πολύ γευστικές. Αναμιγνύοντας διάφορες ποικιλίες καλαμποκιού όπως οι έγχρωμες με τοπικώς ανεπτυγμένο και μη γενετικά τροποποιημένο

κίτρινο καλαμπόκι, μπορούμε να επιτύχουμε τόσο τις αποδόσεις αλκοόλ που χρειαζόμαστε όσο και την πολυπλοκότητα των γεύσεων που επιθυμούμε (Staller, 2010, Campbell Franklin, 2013).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΡΟΠΟΙ ΠΛΗΡΟΥΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Αν και ζούμε στον 21ο αιώνα, ακόμα οι άνθρωποι δεν έχουμε μάθει να χρησιμοποιούμε τα υλικά που μας δίνονται στο μέγιστο, παρά το γεγονός ότι υπάρχουν τρόποι. Παρακάτω βλέπουμε μερικούς που έχουν να κάνουν με μία από τις πιο σπουδαίες καλλιέργειες του πλανήτη, το καλαμπόκι.

4.1 ΤΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

Το καλαμπόκι αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες καλλιέργειες στον τομέα της γεωργίας παγκοσμίως και χρησιμοποιείται με ποικίλους τρόπους. Το καλαμπόκι μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους για να μεγιστοποιηθεί η εκμετάλλευσή του. Ένας από τους βασικούς τρόπους αξιοποίησης τους είναι ως καλλιέργεια τροφίμων και οι πυρήνες του μπορούν να καταναλωθούν φρέσκοι, κονσερβοποιημένοι ή αποξηραμένοι. Το καλαμπόκι χρησιμοποιείται επίσης για την παρασκευή ποικιλίας προϊόντων όπως καλαμποκάλευρο, κορν φλάουρ, αραβοσιτέλαιο και σιρόπι καλαμποκιού (García-Lara and Serna-Saldívar, 2019). Επιπλέον, αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα ποσοστά σιτηρών που καταναλώνονται ως βασική τροφή για πολλά ζώα, ειδικά στην κτηνοτροφία.

Το καλαμπόκι είναι μια πλούσια πηγή ενέργειας και θρεπτικών συστατικών και χρησιμοποιείται συχνά στις ζωοτροφές για τη βελτίωση των ρυθμών ανάπτυξης και την αύξηση της παραγωγής γάλακτος. Τέλος, μεγάλες εκτάσεις των καλλιεργειών καλαμποκιού χρησιμοποιούνται συχνά για γεωλογικούς σκοπούς (Luo et al., 2009). Για παράδειγμα, οι καλλιέργειες συμβάλουν στη διατήρηση της διάβρωσης του εδάφους, στην αύξηση της οργανικής ύλης και στη μείωση της απορροής θρεπτικών ουσιών. Ωστόσο, για την μεγιστοποίηση της παραγωγής, το επιθυμητό είναι οι αγρότες να καλλιεργούν νέες υβριδικές ποικιλίες καλαμποκιού με υψηλότερη δυνατότητα απόδοσης και καλύτερη αντοχή σε παράσιτα και ασθένειες (Bierman et al., 2012).

4.2 ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Μια από τις χρήσεις για τα κοτσάνια είναι η παραγωγή φουρφουράλης. Είναι μία ουσία που βασικό ρόλο στην παραγωγή υλικών όπως το νάιλον το λάστιχο διάφορα πλαστικά και άλλα.

Κατά την παραγωγή της έχει παρατηρηθεί ότι υπάρχει ίζημα από κυτταρίνες και άμυλο, οι οποίες με χρήση θειικού οξέος μπορούν να μετατραπούν σε σάκχαρο καλαμποκιού (Deerak and Jayadeep, 2022). Επιπλέον, το καλαμπόκι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοκαυσίμων, όπως η αιθανόλη, η οποία χρησιμοποιείται ως πρόσθετο καυσίμου ή ως υποκατάστατο της βενζίνης. Η αιθανόλη μπορεί να παραχθεί από τους κόκκους του καλαμποκιού ή από το καλαμπόκι (τα φύλλα και τα κοτσάνια του φυτού καλαμποκιού). Το άμυλο καλαμποκιού χρησιμοποιείται στην παραγωγή διαφόρων βιομηχανικών προϊόντων όπως κόλλες, χαρτί και υφάσματα. Το αραβοσιτέλαιο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ.

Το άμυλο καλαμποκιού είναι το πιο κοινό βιομηχανικό προϊόν που προέρχεται από το καλαμπόκι. Χρησιμοποιείται ως πυκνωτικό, σταθεροποιητικό και συνδετικό σε ένα ευρύ φάσμα προϊόντων όπως τρόφιμα, χαρτί και υφάσματα (Ranum et al., 2014).

Το σιρόπι καλαμποκιού υψηλής φρουκτόζης (HFCS) είναι ένα γλυκαντικό που προέρχεται από άμυλο καλαμποκιού που χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων. Χρησιμοποιείται συνήθως ως υποκατάστατο της ζάχαρης σε αναψυκτικά, αρτοσκευάσματα και άλλα επεξεργασμένα τρόφιμα.

Το καλαμπόκι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοπλαστικών, τα οποία είναι ένα είδος πλαστικού που κατασκευάζεται από ανανεώσιμες πηγές, όπως το άμυλο καλαμποκιού. Τα βιοπλαστικά είναι βιοδιασπώμενα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή μεγάλης γκάμα προϊόντων όπως σακούλες, σκεύη και συσκευασίες τροφίμων (Zhang et al., 2021).

Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναπτυχθούν νέες τεχνολογίες και διαδικασίες που μεγιστοποιούν τις δυνατότητες αυτής της καλλιέργειας. Αυτό περιλαμβάνει την ανάπτυξη νέων ποικιλιών καλαμποκιού με υψηλότερες αποδόσεις και καλύτερη ποιότητα, καθώς και την εφαρμογή βιώσιμων καλλιεργητικών πρακτικών που μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής καλαμποκιού (Lathrop, 1947).

4.3 ΕΙΔΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΖΥΘΟΠΟΙΑ

Εκτός από την χρήση του αυτούσιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως βύνη. Αυτό προϋποθέτει το ξύπνημα του σπόρου και έκπτυξη ριζιδίου, η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει με θερμότητα από καύση κονιορτοποιημένων και αποξηραμένων στελεχών (καλάμια) και των κοτσανιών του σπαδίκου του καλαμποκιού αλλά και σπόρων και ιζημάτων από επόμενα στάδια της απόσταξης, προσθέτοντας του και άρωμα μέσω της διαδικασίας αυτής αν έχουμε άμεση έκθεση των

σπόρων στον καπνό και όχι απλή θέρμανση του χώρου μέσω της καύσης αυτών. Αυτή η ιδέα είναι βασισμένη στην διαδικασία παραγωγής σκωτσέζικου ουίσκι, ένα στάδιο της οποίας περιλαμβάνει το στέγνωμα του σπόρου του κριθαριού μετά την βυνοποίηση του, η οποία εξυπηρετεί στη δημιουργία αμυλάσης για τη μετατροπή του αμύλου που είναι αποθηκευμένο στον σπόρο σε σάκχαρα. Λεπτομέρειες πάνω σε αυτό έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο 2. Πάνω στο θέμα της χρήσης υποπροϊόντων του καλαμποκιού και κυρίως του κοτσανιού του σπάδικα έχουν αναπτυχθεί με την έρευνα Miranda et al. (2018), οι οποίοι βρήκαν ότι μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη ύλη σε μορφή πέλλετ (Miranda et al., 2018).

Η παραγωγή ζυμώσιμων ποτών συνήθως οδηγεί σε τρία κύρια προϊόντα: ποτό με αιθανόλη, υπολειμματικά μη ζυμώσιμα συστατικά του σπόρου του καλαμποκιού, τα οποία πωλούνται ως σπόροι απόσταξης· και το διοξείδιο του άνθρακα. Ένας κοινός εμπειρικός κανόνας είναι ότι για κάθε 1 κιλό καλαμποκιού που επεξεργάζεται, περίπου, θα παραχθεί 1/3 kg από κάθε ένα από τα επιμέρους συστατικά. Ένας άλλος εμπειρικός κανόνας- σύμφωνα με τους Liu et. al. (2011) αναφέρει ότι για καθένα 25,4 κιλά καλαμποκιού θα υπάρχει απόδοση έως και 11,0 λίτρα αιθανόλης, περίπου 8,2 κιλά υπολειμμάτων δημητριακών και σχεδόν 8,2 κιλά διοξειδίου του άνθρακα. Φυσικά, αυτά θα διαφέρουν ανάλογα με την μέθοδο και τα μέσα που έχουν χρησιμοποιηθεί.

Τα στερεά υπολείμματα αποτελούνται από πρωτεΐνες καλαμποκιού, ίνες, έλαια και μέταλλα. Η σύσταση, πιο συγκεκριμένα δείχνει ως εξής: έχουμε περί το 30% πρωτεΐνη, 10% λίπος, τουλάχιστον 40% ουδέτερες ίνες, τέφρα ως και 13,3% και έως και 12% άμυλο. Αυτά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ποικιλίας υλών ζωοτροφών. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν έχοντας αφυδατωθεί κοντά στο 10% αν πρόκειται να σταλούν σε μακρινές περιοχές καθώς μπορούν να διατηρηθούν πιο εύκολα σε αυτή τη μορφή χωρίς αλλοιώσεις, έχοντας επίσης μικρότερο κόστος μεταφοράς. Η άλλη επιλογή, είναι η χρήση τους στην φάση όπου έχουν μόλις τελειώσει η διαδικασία παραγωγής, στην οποία, το περιεχόμενο υγρασίας είναι κοντά στο 50%, έχοντας ωστόσο μικρότερη διάρκεια αποθήκευσης και μεγάλα κόστη μεταφοράς. Για τον λόγο αυτό, προτιμούνται σε αυτή την μορφή κυρίως από παραγωγούς που βρίσκονται κοντά στα εργοστάσια παραγωγής τους.

Τα υποπροϊόντα μπορεί να θεωρηθούν απαραίτητα για τη βιωσιμότητα της βιομηχανίας παραγωγής ποτών. Η πώληση τους, σε οποιαδήποτε μορφή, ξηρών και υγρών, συμβάλλει ουσιαστικά στην οικονομική βιωσιμότητα κάθε μονάδας παραγωγής. Οι πωλήσεις μπορούν γενικά να συνεισφέρουν μεταξύ 10% και 20% των συνολικών εσόδων ενός εργοστασίου, αλλά μερικές φορές μπορεί να φτάσουν έως και το 40%, ανάλογα με τις συνθήκες της αγοράς για

καλαμπόκι, ζυμούμενων ή αποσταγμένων ποτών και σε υπολείμματα δημητριακών για ζωοτροφή (Liu & Rosentrater, 2011).

4.4 ΠΙΘΑΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Το καλαμπόκι πρέπει να έχει επεξεργαστεί πριν την χρήση του στην πολτοποίηση καθώς η σύστασή του το κάνει να επιφέρει ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά στη μύρα, όπως η θολερότητα, όταν είναι ανεπεξέργαστο. Για να αποφευχθεί αυτό, γίνεται χρήση του σε άλλες, επεξεργασμένες μορφές, στις οποίες έχει αφαιρεθεί το μεγαλύτερο μέρος των ανεπιθύμητων συστατικών του. Αυτές μπορεί να είναι είτε οι νιφάδες καλαμποκιού είτε τα απομονωμένα ζάχαρα. Το ποσοστό στο οποίο συνιστάται να χρησιμοποιείται είναι συνήθως μέχρι 40% για τους παραπάνω λόγους (He et al., 2018).

Επιπλέον, στην πιθανότητα αποκλειστικής χρήσης του καλαμποκιού ως το κύριο δημητριακό για την παραγωγή της μύρας, ο τρόπος που θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί είναι έχοντας περάσει το πρώτα από στάδιο βυνοποίησης. Ο λόγος για αυτό είναι ότι κατά τη βυνοποίηση παράγονται αμυλάσες οι οποίες μετατρέπουν το άμυλο σε ζάχαρα. Χωρίς αυτές, τα απαραίτητα ζάχαρα για να γίνει ζύμωση δεν θα μπορούσαν να παραχθούν. Σε περίπτωση που αυτό το στάδιο θέλουμε να το προσπεράσουμε μπορεί να γίνει προσθήκη ενζύμων αμυλάσης στο στάδιο της πολτοποίησης. Αυτή η τεχνική βέβαια έχει μεγάλο κόστος (Kiniry, 2013).

4.5 ENZYMA

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ζύμωσης της μύρας καλαμποκιού, διάφορα ένζυμα παράγονται από τη μαγιά καθώς διασπά τα σάκχαρα στο μούστο (το υγρό που εξάγεται από το πολτοποιημένο καλαμπόκι). Μερικά από τα ένζυμα που παράγονται κατά τη ζύμωση της μύρας καλαμποκιού περιλαμβάνουν:

Άλφα-αμυλάση: Αυτό το ένζυμο διασπά το άμυλο σε μικρότερα μόρια μαλτόζης και γλυκόζης, τα οποία μπορούν να ζυμωθούν από τη μαγιά.

Βήτα-γλυκανάση: Αυτό το ένζυμο διασπά τις βήτα-γλυκάνες, έναν τύπο σύνθετου υδατάνθρακα που βρίσκεται στα κυτταρικά τοιχώματα των πυρήνων του καλαμποκιού, που μπορεί να συμβάλει στο σχηματισμό θολότητας στην μύρα.

Πρωτεάση: Αυτό το ένζυμο διασπά τις πρωτεΐνες σε μικρότερα μόρια αμινοξέων, τα οποία μπορούν να συμβάλουν στη γεύση και το άρωμα της μπύρας. Λιπάση: Αυτό το ένζυμο διασπά τα λιπίδια (λίπη) σε μικρότερα μόρια λιπαρών οξέων, τα οποία μπορούν επίσης να συμβάλουν στη γεύση και το άρωμα της μπύρας (Hawksworth, 2017, Panesar et al., 2010).

4.6 DMS

Το DMS, ή το διμεθυλοσουλφίδιο, είναι μια ένωση που περιέχει θείο που μπορεί να παραχθεί κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παρασκευής, ιδιαίτερα κατά το στάδιο βρασμού του ζυθογλεύκου. Το DMS μπορεί να προσδώσει μια γεύση και άρωμα μαγειρεμένου καλαμποκιού ή λαχανικών στην μπύρα, κάτι που μπορεί να είναι επιθυμητό σε ορισμένα στυλ μπύρας. Ωστόσο, τα υπερβολικά επίπεδα DMS μπορεί να οδηγήσουν σε δυσάρεστες γεύσεις και αρώματα που θεωρούνται ανεπιθύμητα. Οι ζυθοποιοί μπορούν να ελέγχουν τα επίπεδα DMS στην μπύρα προσαρμόζοντας τον χρόνο βρασμού και τη θερμοκρασία του ζυθοποιού, καθώς και ελέγχοντας τον ρυθμό ψύξης του ζυθοποιού μετά το βρασμό. Τα ένζυμα που παράγονται κατά τη ζύμωση της μπύρας καλαμποκιού, όπως η άλφα-αμυλάση, η βήτα-γλυκανάση, η πρωτεάση και η λιπάση, δεν είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία όταν καταναλώνονται σε μπύρα. Συμβάλουν μέχρι και στη γεύση, το άρωμα και την αίσθηση στο mouthfeel της μπύρας.

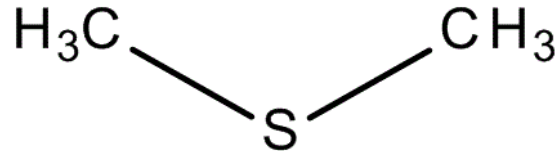
Ωστόσο, τα υπερβολικά επίπεδα DMS στην μπύρα μπορεί να οδηγήσουν σε δυσάρεστες γεύσεις και αρώματα που θεωρούνται ανεπιθύμητα. Επιπλέον, μερικοί άνθρωποι μπορεί να είναι ευαίσθητοι σε ορισμένες ενώσεις που βρίσκονται στην μπύρα, όπως η γλουτένη, η οποία μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες αντιδράσεις σε άτομα με κοιλιοκάκη ή δυσανεξία στη γλουτένη. Συνολικά, η μέτρια κατανάλωση μπύρας θεωρείται γενικά ασφαλής για τους περισσότερους υγιείς ενήλικες. Ωστόσο, η υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, συμπεριλαμβανομένου αυξημένου κινδύνου ηπατικής νόσου, ορισμένων τύπων καρκίνου και άλλων προβλημάτων υγείας. Όπως με κάθε αλκοολούχο ποτό, είναι σημαντικό να καταναλώνετε μπύρα με μέτρο και να συμβουλευτείτε έναν επαγγελματία υγείας εάν έχετε ανησυχίες σχετικά με την κατανάλωση αλκοόλ ή τις επιπτώσεις του στην υγεία σας.

Το DMS απαντάται στη βιομηχανία τροφίμων σε προϊόντα τα οποία είτε έχουν υποστεί επεξεργασία είτε όχι. Η γεύση του έχει χαρακτηριστεί όμοια με του βραστού καλαμποκιού και η γεύση όμοια του σέλινου. Αποτελεί ουσία ανεπιθύμητη στην μπύρα και για αυτό γίνεται

προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί η παραγωγή του με διάφορες διαδικασίες ώστε να μην είναι αντιληπτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΟ ΔΥΜΕΘΥΛΟ ΣΟΥΛΦΙΔΙΟ (DMS)



Εικόνα 9: Το DMS

(Πηγή merckmillipore.com)

Το διμεθυλοσουλφίδιο (DMS) με χημικό τυπο $(\text{CH}_3)_2\text{S}$, είναι μια πτητική ένωση θείου. Για να καταλάβουμε καλύτερα το DMS πρέπει να δούμε περισσότερα πράγματα και για το θείο ίδιο το θείο.

Αν και σήμερα, ο κύκλος του θείου επηρεάζεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα δεν ήταν πάντα έτσι. Κανονικά η ηφαιστειακή δραστηριότητα είναι αυτή που εισαγάγει το θείο αρχικά στον βιογεωχημικό κύκλο και αυτό γίνεται μέσω της ηπειρωτικής διάβρωσης. Οι μορφές του θείου που βρίσκονται ελεύθερες στην ατμόσφαιρα διασπώνται από μύκητες, φυτά, άλγες και άλλους μικροοργανισμούς οι οποίοι συμβάλουν στην αποσύνθεση της οργανικής ύλης παρουσία θειικού και το καταλύουν παράγοντας έτσι ενέργεια από την ανομοιογενή αναγωγή των θειικών ενώσεων. Οι αντιδράσεις γύρω από αυτό, συχνά είναι οξειδωσης και λαμβάνουν χώρα είτε αερόβια είτε αναερόβια. Αρκετές φορές βέβαια μπορεί να οξειδωθεί και αβιοτικά, όπως μπορεί να συμβεί σε υδάτινο περιβάλλον από το διοξείδιο του μαγγανίου (Jørgensen and Nelson, 2004). Η χαμηλότερη κατάσταση οξειδωσης του θείου είναι -2 (π.χ. σε υδρόθειο).

Στην υψηλότερη κατάσταση οξειδωσής του $+6$ (π.χ. σε sulfate), το θείο συνδέεται με το οξυγόνο και βρίσκεται ως (βιογενές ή αβιοτικό) βαρίτης ή εξατμιστικά θειικά ορυκτά (π.χ. γύψος ή ανυδρίτης). Ανακύκλωση θείου μέσω οργανικών ενώσεων θείου (Εικόνα 4) παίζει σημαντικό ρόλο στα ιζήματα του γλυκού νερού και στα εδάφη. Τέλος, το θειικό άλας μπορεί να φτάσει στον ωκεανό όπου λαμβάνει χώρα περαιτέρω επεξεργασία. Στα ιζήματα του ηπειρωτικού περιθωρίου, η μείωση των μικροβιακών θειικών αλάτων ευθύνεται για περισσότερο από το 50% της οξειδωσης της οργανικής ύλης (Jørgensen and Kasten, 2006;

Skyring, 1987). Η αναγωγή των θεικών μπορεί επίσης να λάβει χώρα σε στήλες ανοξικού νερού (π.χ., Μαύρη Θάλασσα).

Το μεγαλύτερο μέρος του βιογενούς σουλφιδίου επαναοξειδώνεται στις πελαγικές οξειδοαναγωγικές κλίμες με μικροβιακές ή χημικές διεργασίες (Jørgensen and Nelson, 2004)) που οδηγούν στον μετασταθερό σχηματισμό ενδιάμεσων ειδών θείου ή τελικά θεικού. Τα ενδιάμεσα θείου μπορούν να οξειδωθούν περαιτέρω, να αναχθούν ή να μετατραπούν. Μόνο ένα μικρό μέρος του θειούχου θάβεται τελικά ως θειούχα σιδήρου, κατά κύριο λόγο δηλαδή ο πυρίτης ή οργανικό θείο (Böttcher, 2011).

Το μεγαλύτερο μέρος του θείου απελευθερώνεται από τον ωκεανό στην ατμόσφαιρα. Θεωρείτε ότι το ατμοσφαιρικό $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ αντιδρά με ρίζες OH αλλά τα προϊόντα οξειδωσης δεν έχουν ακόμη προσδιοριστεί (Graedel and McRae, 1980, Maroulis and Bandy, 1980, Sze and Ko, 1980). Ο χρόνος παραμονής του στην ατμόσφαιρα υπολογίζεται στις 0,75 μερες (Sze and Ko, 1980) ενώ άλλοι επιστήμονες (Davis et al. 1982) έδωσαν ως φωτοχημική περίοδο ζωής του μια μέρα. Αποτελεί το κύριο τμήμα του κύκλου του (Zhou, 2013).

Η συμπεριφορά θερμικής αποσύνθεσης του διμεθυλοσουλφιδίου σε αέρια φάση έχει διερευνηθεί σε ένα στατικό σύστημα στους 407,85-449.85C. Η σταθερά ταχύτητας της αντίδρασης αέριας φάσης μεταξύ ριζών OH και DMS έχει προσδιοριστεί με μεθόδους σχετικής ταχύτητας και τεχνική φλας φωτόλυσης. Έχει μετρηθεί η διαφορική διατομή Raman, DMS σε διαφορετικά μήκη κύματος διέγερσης. Η προσρόφηση του DMS σε ενεργούς άνθρακες (ACs) έχει αναφερθεί ότι λαμβάνει χώρα με δεσμούς υδρογόνου (Todd et al., 2007).

Όσον αφορά το παγκόσμιο κλίμα, το DMS είναι η πιο υψηλή σε εκπομπές θειούχα ένωση βιολογικής προέλευσης στην ατμόσφαιρα και έτσι ένα από τα πιο σημαντικά αέρια. Όσον αφορά το θαλασσινό νερό, ο πρόδρομος DMS-P παράγεται από θαλάσσιο φυτοπλαγκτόν ως προστασία από το οσμωτικό στρες, το οποίο εμφανίζεται λόγω της αλλαγής των συγκεντρώσεων αλάτων (Todd et al., 2007). Λόγω του γρήγορου κύκλου ζωής των οργανισμών, οι υψηλές ποσότητες DMS-P απελευθερώνονται. Η διάσπαση σε ελεύθερο DMS πραγματοποιείται από θαλάσσια βακτήρια. Στη συνέχεια, το DMS ανεβαίνει προς την επιφάνεια και απελευθερώνεται στον αέρα όπου μετατρέπεται σε θειικά αερολύματα. Μόλις βρεθεί στην ατμόσφαιρα, μπορεί να δουλέψει ως πυρήνας συμπύκνωσης και να βοηθήσει στη δημιουργία σύννεφων. Τα σύννεφα, με τη σειρά τους, αντανακλούν το ηλιακό φως στο διάστημα και έτσι συμβάλλουν στην ψύξη του πλανήτη (Todd et al., 2007)

5.1 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΖΩΝΤΑΝΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

Τα φυτά απαιτούν θείο για την παραγωγή ενώσεων που περιέχουν θείο που μπορεί να είναι είτε γενικοί μεταβολίτες είτε δευτερογενείς μεταβολίτες. Οι μεταβολίτες που περιέχουν θείο δεν είναι μόνο απαραίτητοι για την ανάπτυξη, όπως στην κυστεΐνη (Cys) και τη μεθειονίνη, αλλά μπορούν επίσης να προσφέρουν επιλεκτικά πλεονεκτήματα στα συγκεκριμένα φυτικά είδη, για παράδειγμα, μεταλλοθειονεΐνες (MTs) και φυτοχηλατίνες (PCs). Οι βιοσυνθέσεις κυστεΐνης και της μεθειονίνης στα φυτά και τα βακτήρια είναι γενικά παρόμοιες αλλά όχι χωρίς κάποιες σημαντικές διαφορές. Οι δευτερογενείς μεταβολίτες που περιέχουν θείο από φυτά ή άλλες πηγές είναι πολύ σημαντικοί επειδή οι ιδιότητές τους μπορούν να ρυθμιστούν για πολλές εφαρμογές (Singh and Schwan, 2011). Στην πραγματικότητα, η καλύτερη κατανόηση του μεταβολισμού του θείου και του ειδικού ρόλου των μεταβολιτών που περιέχουν θείο έχει συχνά οδηγήσει σε σημαντικές προόδους στη βιοτεχνολογία. Πολλές μέθοδοι που βασίζονται στον μεταβολισμό του θείου έχουν πλέον αναπτυχθεί για την απομάκρυνση ανεπιθύμητων αερίων (π.χ. H_2S και SO_2) ή πτητικών οργανικών ενώσεων θείου από αέρια μορφή ή βιομηχανικά απόβλητα. Η φυτοεξυγίανση έχει αναδειχθεί ως μια αποτελεσματική και ενδιαφέρουσα βιοτεχνολογία για την απομάκρυνση ιόντων βαρέων μετάλλων και οργανικών ρύπων από το έδαφος και το νερό. Σημαντική πρόοδος έχει επίσης σημειωθεί για την ανάπτυξη νέων βιοτεχνολογιών που βασίζονται στον μεταβολισμό του θείου στις βιομηχανίες πετρελαίου, εξόρυξης, ποτών, τροφίμων και γαλακτοκομικών προϊόντων (Singh and Schwan, 2011).

Από την άποψη της πανίδας, η εκπομπή DMS είναι κύριας σημασίας για πολλά θαλάσσια πουλιά. Καθώς πολλά από αυτά το χρησιμοποιούν ως μέσο ανίχνευσης τροφής. Δουλεύει επομένως σαν χάρτης που τα κατευθύνει στα σημεία με το περισσότερο φυτοπλακτόν και κατ'επέκταση ψάρια (Nevitt et al., 1995). Όσον αφορά την τροφή, ο λόγος όπου τα γουρούνια και τα σκυλιά μπορούν να εκπαιδευτούν στον εντοπισμό τροφάς είναι ότι μπορούν εύκολα να ανιχνεύσουν το DMS, το οποίο είναι ιδιαίτερο αρωματικό χαρακτηριστικό της (Talou et al., 1990).

5.2 ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Ένας τομέας έρευνας στον τομέα της επιστήμης της ζυθοποιίας είναι η πιθανή επίδραση του DMS στα οφέλη της μύρας για την υγεία. Μια μελέτη διαπίστωσε ότι το DMS μπορεί να έχει αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες και μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του κινδύνου καρδιαγγειακών παθήσεων. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτές οι μελέτες διεξήχθησαν σε ζώα

και απαιτείται περαιτέρω έρευνα για να προσδιοριστούν τα πιθανά οφέλη για την υγεία του DMS στους ανθρώπους (Maizlish et al., 1988).

Εκτός από τα πιθανά οφέλη για την υγεία, το DMS μπορεί επίσης να διαδραματίσει ρόλο στην ανάπτυξη νέων μύρας με χαμηλή περιεκτικότητα σε αλκοόλ. Ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι το DMS μπορεί να συμβάλει στη γεύση και το άρωμα των μύρας με χαμηλή περιεκτικότητα σε αλκοόλ, συμβάλλοντας στην απόκρυψη της γεύσης του αλκοόλ και στη βελτίωση της συνολικής αισθητηριακής εμπειρίας της μύρας (McGorin, 2011). Συμπερασματικά, ενώ χρειάζεται περισσότερη έρευνα για την πλήρη κατανόηση των πιθανών οφελών για την υγεία και των αισθητηριακών συνεισφορών του DMS στην μύρα, αυτή η ένωση μπορεί να διαδραματίσει ρόλο στην ανάπτυξη νέων, χαμηλής περιεκτικότητας σε αλκοόλ μύρες και μπορεί να έχει προστατευτική δράση έναντι ορισμένων ασθενειών (Sami et al., 2021).

Οι δυσάρεστες μυρωδιές προκαλούν ενόχληση για όλες τις μεγάλες βιομηχανικές περιοχές σε όλο τον κόσμο και οι πτητικές οργανικές ενώσεις θείου (VOSCs (μεθανθειόλη, MeSH, διμεθυλοσουλφίδιο, Me₂S, διμεθυλοπολυσουλφίδια, Me₂S_x και δισουλφίδιο του άνθρακα, CS₂)) συμβάλλουν σημαντικά λόγω του μικρού κατωφλίου αντίληψης και οι εκτεταμένες εκπομπές τους από ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Τα βιοφίλτρα, τα φίλτρα βιοδιαρροής και οι βιοτριβητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη αντιμετώπιση των πτητικών ουσιών θείου, αν και η βιοδιήθηση είναι η πιο κοινή (Singh and Schwan, 2011).

Τα βιοφίλτρα χρησιμοποιούνται τακτικά για την επεξεργασία των εκροών αερίων στη βιομηχανία, για παράδειγμα, σε εγκαταστάσεις κομποστοποίησης και επεξεργασίας. Σε ένα βιοφίλτρο, το αέριο υγροποιείται και κατευθύνεται μέσω μιας συσκευασμένης κλίνης οργανικού υλικού φορέα κομπόστ, τύρφης, φλοιού δένδρων ή ενός μείγματος αυτών, που έχει επικαλυφθεί με βιοφίλμ μικροοργανισμών. Στο επόμενο βήμα, το πολικό κλάσμα στο οργανικό υλικό προάγει την προσρόφηση και την επακόλουθη βιοαποικοδόμηση των μη πολικών ενώσεων. Ωστόσο, η μέθοδος έχει μειονεκτήματα, καθώς ο υψηλός χρόνος παραμονής του αερίου απαιτεί μεγάλους αντιδραστήρες και επιπλέον, περιορισμένο λειτουργικό έλεγχο καθώς είναι αδύνατο να έχουμε ανακυκλοφορία νερού. Όπως περιγράφηκε προηγουμένως στο κεφάλαιο, ένας βιοκαθαρθήρας περιλαμβάνει έκθεση απαερίων με υδατική φάση, με τον καθαρισμό της μολυσμένης υδατικής φάσης σε έναν βιοαντιδραστήρα. Σε ένα φίλτρο βιοστάλαξης, δεν υπάρχει υδατική φάση και τα απόβλητα αέρια συναντούν συσσωρευμένη κλίνη γεμάτη με ένα χημικά αδρανές υλικό που συγκρατεί μικρόβια.

Λόγω των χαρακτηριστικών των ρευμάτων απαερίων, οι βιοτεχνολογικές διαδικασίες όπως η βιοδιήθηση, μπορούν να είναι αποτελεσματικές στον έλεγχο της εκπομπής πτητικών θειούχων ουσιών. Ωστόσο, η έλλειψη μιας σίγουρης και αποτελεσματικής τεχνολογίας για την επεξεργασία ολόκληρου του όγκου αερίων που έχουν μολυνθεί από πτητικές θειούχες ουσίες είναι δύσκολη καθώς μπορεί να υπάρξουν και αστάθμητοι παράγοντες. Αυτοί αποτελούνται από τη σύνθεση των απαερίων, τον ρυθμό ροής και τη θερμοκρασία των απαερίων, το σχεδιασμό του χώρου όπου έχει εγκατασταθεί, η επένδυση στον εξοπλισμό και το διαρκές κόστος της τεχνολογίας, η δυνατότητα ή μη αποτέφρωσης στο εργοστάσιο και η αστάθεια της νομοθεσίας ως προς τους κανονισμούς εκπομπών (Singh and Schwan, 2011).

Επίσης, το διμεθυλοσουλφοξείδιο (Me_2SO), χρησιμοποιείται ευρέως ως βιομηχανικός διαλύτης. Χημικά, το Me_2SO είναι ένα εξαιρετικά πολικό, απρωτικό και υδατοαναμίξιμο οργανικό υγρό. Εμπορικά, Το Me_2SO παράγεται από την οξείδωση του διμεθυλοσουλφιδίου (Me_2S) (Pearson et al., 1981). Τέλος, διάφορες θειούχες ουσίες μεταξύ άλλων και το διμεθυλοσουλφίδιο ($(\text{CH}_3)_2\text{S}$), προστίθενται στο φυσικό αέριο ως αρωματικές ουσίες σε επίπεδο ~ 5 ppm, ενώ άλλες θειούχες ουσίες όπως το υδρόθειο (H_2S) και το καρβονυλοσουλφίδιο (COS) είναι επίσης συχνά παρόντα στο φυσικό αέριο σε χαμηλά επίπεδα (Ormerod, 2003).

5.3 ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

Όσον αφορά τη βιομηχανία τροφίμων, το DMS είναι μια πτητική ουσία που έχει μεγάλη σημασία χάρη στα αισθητηριακά χαρακτηριστικά του και υπάρχει σε πολλά ανεπεξέργαστα τρόφιμα φυτικής και ζωικής προέλευσης (Herrmann et al, 1992),όπως:

Λαχανικά: Τα λαχανικά, όπως και τα μανιτάρια, περιέχουν πολλές ενώσεις με βάση το θείο στη δομή τους. Οι ενώσεις αυτές, μπορούν να εκπληρώσουν διάφορες λειτουργίες στα φυτά, ξεκινώντας από την προστασία τους ενάντια σε άλλους οργανισμούς καθώς μπορεί να προσφέρουν πολλά και στην υγεία του ανθρώπου. Πτητικές ενώσεις θείου είναι συχνά ισχυρά αρωματικές ενώσεις και σε πολλά λαχανικά, που ανήκουν κυρίως στις οικογένειες Brassicaceae και Amaryllidaceae, οι θειούχες ενώσεις παίζουν καθοριστικό ρόλο στη γεύση τους (Marcinkowska and Jeleń, 2022).

Τσάι: Υψηλές συγκεντρώσεις DMS εντοπίζονται στα φρέσκα φύλλα του τσαγιού σε συγκεντρώσεις από 180 μέχρι και 1700 $\mu\text{g}/\text{kg}$ και αυξάνει κατά την έλαση (rolling) σε επίπεδα από 190 ως 2800 $\mu\text{g}/\text{kg}$ και τη ζύμωση των φύλλων όπου φτάνεις ως και τα 6400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ στο μαύρο τσάι. Αναλύσεις στις διαδικασίες παρασκευής πράσινου και μαύρου τσαγιού έδειξε ότι

η θερμική αποσύνθεση του SMM οδηγεί σε σχηματισμό DMS και κατά το στάδιο ξήρανσης. Μιλάμε δηλαδή για αυξήσεις πάνω από 350% καθ' όλη τη διάρκεια της παρασκευής. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην θερμική αποσύνθεση του SMM σε DMS. Ωστόσο, το DMS βρέθηκε να απουσιάζει και στα αποξηραμένα φύλλα και στο αφένημα τσαγιού στη ποικιλία Oolong αλλά και το σκούρο τσάι. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να εξηγηθεί από την τυπική διαδικασία καβουρδίσματος του τσαγιού Oolong και το στάδιο ζύμωσης σωρών του σκούρου τσαγιού, καθ' οποιών τη διάρκεια, το SMM υπόκειται σε πιο έντονες συνθήκες μετασχηματισμού (Zhai et al., 2022).

Παράγωγα γάλακτος: Σε συγκεντρώσεις ελαφρώς πάνω από το όριο, η ένωση έχει αναφερθεί ότι συμβάλλει στην τυπική γεύση του γάλακτος και των ζυμών τυριού. Το διμεθυλοσουλφίδιο βοηθά στην εξομάλυνση των πιο έντονων γευστικών παραγόντων, όπως του διακετυλίου, λακτικού οξέος και οξικού οξέος στο βούτυρο και είναι επίσης σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνο για την ιδιαίτερη μυρωδιά που σχετίζεται με το φρέσκο βούτυρο όταν μαγειρεύεται (Day et al., 1964).

Πλανκτόν και ψάρια: Το πλανκτόν είναι η μεγαλύτερη πηγή DMS στην ατμόσφαιρα και θεωρείται ότι τα ψάρια το χρησιμοποιούν για να εντοπίσουν που υπάρχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις πλανκτόν ώστε να τραφούν. Αυτό έπειτα μεταφέρεται στους ιστούς του ψαριού και συμβάλλει στη μυρωδιά του (Scheuren et al., 2016). Αλλά προφανώς και τα παράγωγά των τροφών αυτών. Το DMS Απαντάται στη βιομηχανία τροφίμων σε προϊόντα τα οποία είτε έχουν υποστεί επεξεργασία είτε όχι. Η γεύση του έχει χαρακτηριστεί όμοια με του βραστού καλαμποκιού και η γεύση όμοια του σέλινου.

5.4 ΣΤΗ ΜΠΥΡΑ

Αποτελεί ουσία μη πολωμένη και ιδιαίτερα πτητική και ανεπιθύμητη στην μύρα και για αυτό γίνεται προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί η παραγωγή του με διάφορες διαδικασίες ώστε να μην είναι αντιληπτό. Παρά το γεγονός ότι το όριο ανίχνευσης του στο νερό είναι 0,3μg/L στη μύρα θεωρείται το 50-61μg/L (Suárez et al., 2011). Ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά από τους Ahrenst-Larsen και Hansen στην μύρα το 1963 και αργότερα βρέθηκε από τους Sinclair et al. ότι είναι βασικό χαρακτηριστικό συστατικό των lager (Sinclair et al., 1970, Ahrenst-Larsen, & Hansen, 1963).

Ένας τομέας έρευνας της επιστήμης της ζυθοποιίας είναι η πιθανή επίδραση του DMS στα αισθητηριακά χαρακτηριστικά της μύρας. Είναι γνωστό ότι το DMS συμβάλλει στο άρωμα

και τη γεύση πολλών ζύθων και τα επίπεδα του DMS σε μια μύρα μπορούν να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στο συνολικό αρωματικό προφίλ της. Τα υψηλά επίπεδα DMS μπορούν να γίνουν αντιληπτά ως δυσάρεστες στην μύρα και μπορούν να συμβάλουν σε ένα άρωμα και γεύση που μοιάζει με μαγειρεμένο καλαμπόκι ή λαχανικό. Αυτό το δυσάρεστο άρωμα μπορεί να είναι ιδιαίτερα αισθητό στις lager, οι οποίες τείνουν να έχουν υψηλότερα επίπεδα DMS σε σύγκριση με τις μύρες ale. Ωστόσο, μερικές φορές, υπάρχουν μύρες που επωφελούνται από την παρουσία του DMS όσον αφορά τη γεύση (Anness and Bamforth, 1982).

Σύμφωνα με τον Sinclair et al. (1970) οι βρετανικές μύρες ale περιέχουν έως και 14/μg/λίτρο, οι βρετανικές λάγκερ 16-27μg/λίτρο και οι ηπειρωτικές λάγκερ 44-114 mg/λίτρο DMS. Στις βρετανικές μύρες το DMS υπάρχει στο γλεύκος και μπορεί να επιμείνει από εκεί στην μύρα όπως συμβαίνει και με τις υπόλοιπες. Τα μεγαλύτερα ποσοστά DMS τα συναντάμε σε γλεύκος το οποίο έχει υποστεί επιμόλυνση από βακτήρια όπως το *Enterobacter aerogenes* ή το *Obesum bacteriumproteus*. Έχουν γίνει παρατηρήσεις τόσο σε εμπορική όσο και σε πιλοτική κλίμακα για να καθοριστεί εάν άλλοι παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν τα επίπεδα DMS στην μύρα και ειδικότερα να εξηγήσουν γιατί οι Continental lager είναι συνήθως πολύ πιο πλούσια σε αυτό από τις βρετανικές μύρες. Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τα επίπεδα του DMS στην μύρα και, με τη σειρά τους, τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά της. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν τον τύπο της βύνης και της μαγιάς που χρησιμοποιείται, τη διαδικασία παρασκευής και τις συνθήκες αποθήκευσης της μύρας (Sinclair et al., 1970).

Οι βύνες είναι αυτές που επιφέρουν το DMS στη μύρα οι οποίες ανάλογα την επεξεργασία που έχουν υποστεί περιέχουν και διαφορετικές ποσότητες αυτού. Ένας γενικός κανόνας για την περιεκτικότητα του γλεύκους πριν τη ζύμωση είναι το DMS και οι πρόδρομες ουσίες του να μην ξεπερνάνε συνολικά τα 100μg ανά λίτρο (Buttery et al., 1997, Meilgaard 1975). Οι βύνες περιέχουν DMS σε ποσότητα >10 ppm και τα πρόδρομα τους σε διαφορετικές ποσότητες (Baldus et al., 2013; Leemans et al., 1993). Η περιεκτικότητά τους αυξάνεται συνήθως και τα την εκβλάστηση με μεθυλίωση. Τα SMM και DMS-P αποτελούν πρόδρομες ουσίες οι οποίες κατά την αποξήρανση της βύνης σε θερμοκρασίες πάνω από 70 βαθμούς Κελσίου δίνουν ομοσερίνη και DMS.

Η πρόδρομη ουσία που είναι υπεύθυνη για την παραγωγή DMS κατά τη ζύμωση είναι το DMSO καθώς έπειτα από πειράματα του Annes βρέθηκε ότι είναι η μόνη ουσία μεταξύ άλλων πρόδρομων ουσιών που αλλάζει την τελική ποσότητα dms στην μύρα (Anness et al., 1979). Έχει επίσης βρεθεί ότι χρησιμοποιώντας βύνες οι οποίες έχουν επεξεργαστεί σε υψηλότερες θερμοκρασίες σε συνδυασμό με ζυμομύκητες συγκεκριμένου τύπου αυξάνουν την παραγωγή

DMS. Αυτοί οι ζυμομύκητες είναι ικανοί να παράγουν αναγωγή του σουλφοξειδίου της μεθιονίνης (MRSA) σε αρκετά μεγάλο βαθμό ώστε να υπάρξει ως και 21% μετατροπή του DMSO σε DMS. Επίσης κάνοντας κλειστή ζύμωση καθίσταται αδύνατη την εξάτμιση ή την απομάκρυνση του μαζί με το διοξείδιο του άνθρακα και κατ'επέκταση έχουμε περισσότερο dms στην μύρα (Anness et al., 1979; Baldus, 2019).

5.5. Στις μη αλκοολούχες μύρες

Ως προς το τί μπορεί να οριστεί ως μύρα χωρίς αλκοόλ ή με μη αλκοολούχα μύρα είναι δύσκολο να δώσουμε μία σίγουρη απάντηση. Ο λόγος για αυτό είναι ότι κάθε χώρα και κάθε ένωση μπορεί να ορίσει διαφορετικά επίπεδα ως επιτρεπτά για την χρήση του κάθε όρου. Στην Αμερική για παράδειγμα οι μη αλκοολούχες πρέπει να είναι κάτω από 0,5% και οι χωρίς αλκοόλ στο 0%. Στην Ευρώπη βέβαια οι νομοθεσίες είναι διαφορετικές καθώς όποιο προϊόν έχει λιγότερο από 1,2% δεν χρειάζεται καν να το αναφέρει στις πληροφορίες του (Piornos et al., 2023).

Στις μύρες με χαμηλά επίπεδα αλκοόλ, μια έρευνα από τον Rettberg et al.,(2022) έχει δείξει ότι το οι καταναλωτές προτιμούν αυτές με το πιο έντονο άρωμα λυκίσκου και φρουτώδη χαρακτήρα, το DMS όμως ήταν ο παράγοντας που αύξανε την ομοιότητα της μη αλκοολούχας σε μία κανονική μύρας. Συγκεκριμένα, σε μύρα που φτιάχτηκε εξ ολοκλήρου από βύνη τύπου pilsner, έπειτα ξεχωρίστηκαν τα δείγματα σε δύο κατηγορίες. Αυτή που περιείχε DMS σε αντιληπτά επίπεδα (29-54 $\mu\text{g/L}$) και σε αυτή που δεν περιείχε αντιληπτά επίπεδα DMS (περίπου 10 $\mu\text{g/L}$) (Lafontaine et al., 2020a, 2020b). Οι μύρες που δεν περιείχαν DMS σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 10 $\mu\text{g/L}$ ήταν κυρίως αυτές στις οποίες αφαιρέθηκε το αλκοόλ υπό κενό. Μύρες με χαμηλά επίπεδα αλκοόλ γίνονται όμως και με τεχνικές περιορισμένης ζύμωσης ή και ζύμωσης με συγκεκριμένους μικροοργανισμούς. Το DMS δεν παράγεται όμως πάντα επίπεδα. Για αυτόν τον λόγο μια καλή πρακτική είναι να γίνεται ανάμειξη αυτών που παρήχθησαν με εκχύλιση με αυτών που παρήχθησαν με διάφορες τεχνικές ζύμωσης ώστε το DMS να είναι σε αντιληπτά επίπεδα και να κάνει τη μύρα πιο αρεστή και πιο όμοια στην κανονική (Rettberg et al., 2022).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΟΙ ΠΡΟΔΡΟΜΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Οι δύο πρόδρομες ουσίες DMS που υπάρχουν στο κριθάρι είναι η s-methylmethionine (SMM) και διμεθυλοσουλφοξείδιο (DMSO). Και τα δύο προέρχονται από βύνη, αλλά μετατρέπονται σε DMS με διαφορετικούς τρόπους. Κατά την τροποποίηση, υψηλότερες θερμοκρασίες βλάστησης οδηγούν στην παραγωγή SMM στη βύνη, και δεδομένου ότι το SMM είναι ένα θερμικά ασταθές μόριο, απελευθερώνει DMS. Το SMM βρίσκεται με ένα αντιδραστικό συστατικό με νινυδρίνη. αυτός ο συνδυασμός εικάζεται ότι είναι πρόδρομος DMS σε χλωρή βύνη. Αυτός ο πρόδρομος της χλωρής βύνης μπορεί να σχηματίσει μόνο ελεύθερο DMS με θερμική αποσύνθεση.

Όταν οι βύνες ψήνονται/αποξηραίνονται σε θερμοκρασίες πάνω από 75°C, η πλειοψηφία του SMM αποικοδομείται και κατ'επέκταση παράγεται DMS από το DMSO κατά τη διάρκεια της ζύμωσης (Yang et al., 1998).

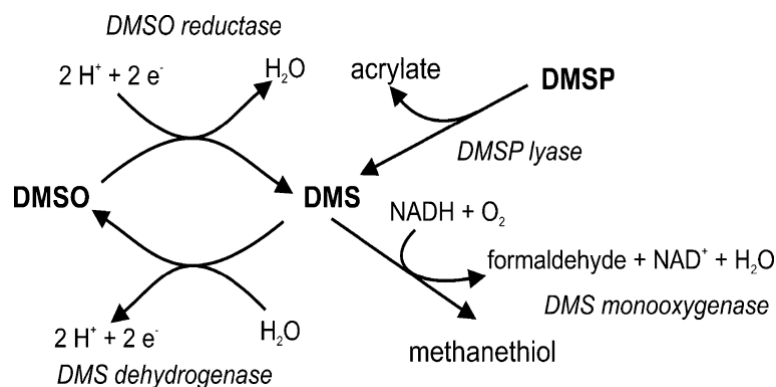
Επομένως, αφού το SMM παράγεται κατά τη βλάστηση και ο έλεγχος της διαδικασίας βλάστησης και ψησίματος/καβουρντίσματος θα μπορούσε να οδηγήσει σε χαμηλότερα επίπεδα DMS στις μύρες καθώς με χαμηλότερες θερμοκρασίες έχουμε μικρότερη διάσπαση του SMM (Hudson, 1986). Έχει παρατηρηθεί ότι διαφορετικά καθεστώτα βλάστησης και κλιβάνου κατά την επεξεργασία της βύνης, η ποικιλία κριθαριού και η ροή αέρα επηρεάζουν σημαντικά τις πτητικές ενώσεις που υπάρχουν στην τελική βύνη (Kishnani, 2020).

Πιο συγκεκριμένα, για να έχει η βύνη μικρά επίπεδα πρόδρομων ουσιών, εκτός από κάτι στάνταρ που πρέπει να έχουμε κατά νου όπως η ποικιλία του κριθαριού (Hysert et al., 1980) είναι ότι πρέπει να παραμείνουν με χαμηλή δραστηριότητα οι διαδικασίες που τις παράγουν. Αυτό ξεκινάει από τη διαδικασία παραγωγής του κριθαριού, καθώς η λίπανση με θειούχο λίπασμα βρέθηκε να δίνει μεγαλύτερη ποσότητα DMS στη βύνη (Zhao et al., 2006).

Έχει βρεθεί ότι υπάρχει ιδιαίτερη συγκέντρωση στα ριζίδια κατά τη βυνοποίηση. Επομένως μια μέθοδος είναι να σταματάει η βυνοποίηση νωρίς και να αφαιρούνται καλά τα ριζίδια από τον κόκκο. Διαδικασίες όπως αυτή της μείωσης του αερισμού κατά την βλάστηση της βύνης μπορεί να ρίξει ως και 50% το ποσό των πρόδρομων ουσιών (Zhao et al., 2006), η μείωση της υγρασίας από το 48 στο 40% και την θερμοκρασία από τους 20 στους 12 βαθμούς μειώνουν πολύ τη παρουσία πρόδρομων ουσιών (Hyde and Brookes, 1978). Αυξάνοντας όμως την θερμοκρασία αποξήρανσης όπως και τον χρόνο, μπορούμε να μειώσουμε επιπλέον τις

ποσότητες. Ακολουθώντας την τεχνική της ταχείας βυνοποίησης μπορούμε πάλι να μειώσουμε σημαντικά τις ποσότητες θειούχων ενώσεων καθώς και το κόστος παραγωγής επειδή θα χρειαστεί λιγότερη ενέργεια για την διαδικασία αποξήρανσης αλλά και λιγότερος χρόνος βρασμού. Το αρνητικό αυτής της τεχνικής ωστόσο είναι ότι αυξάνονται οι απώλειες βυνοποίησης και παράλληλα μειώνεται η απόδοση της βύνης σε εκχύλισμα (Müller et al., 2014).

6.1 DIMETHYL SULPHOXIDE (DMSO)



Εικόνα 10: Δυμέθυλοσουλφοξειδίο

(Πηγή <https://www.cellsignal.com/>)

Το DMSO αποτελεί οξειδωμένη μορφή του DMS. Το καθαρό DMSO είναι άοσμο και έχει πολύ υψηλό σημείο βρασμού περί τους 189 βαθμούς Κελσίου. Η μορφή αυτή δεν μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα δηλαδή κατά τον βρασμό. Η ποσότητα του επομένως περνάει σχεδόν αυτούσια στο βυνογλεύκος. Οι ζύμες ωστόσο διαθέτουν την ικανότητα να το μεταβολίσουν σε DMS (Narziss and Back, 2009).

Το DMSO είναι παρόν στις βύνες αναλογικά με την θερμοκρασία του κλιβάνου κατά την αποξήρανσή τους. Το ένζυμο που είναι υπεύθυνο είναι η αναγωγή του σουλφοξειδίου της μεθειονίνης, ένα σύστημα τριών συστατικών που περιλαμβάνει μια αναγωγή σουλφοξειδίου που τροφοδοτείται με αναγωγική ισχύ από το πρωτεϊνικό ζεύγος θειορεδοξίνη και αναγωγή θειορεδοξίνης. Η αναγωγή σουλφοξειδίου είναι μόνο ένας δέκτης ηλεκτρονίων από το σύστημα θειορεδοξίνης. Άλλες σχετικές ουσίες μπορεί να είναι η ριβονουκλεοτιδική αναγωγή, η πρωτεϊνική δισουλφιδική αναγωγή και η θειική αναγωγή (Bamforth, 2014). Έρευνες έχουν δείξει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (80%) του DMS στη μύρα προέρχεται από το DMSO (Leemans et al., 1993).

Διάφορες ουσίες που υπάρχουν στη βύνη, είναι πιθανό να αντιδράσουν με H_2O_2 και να σχηματίζουν ρίζες υδροξυλίου (OH) και η αντίδραση του OH με το DMS προκαλεί τον σχηματισμό DMSO σε ρυθμό σημαντικά υψηλότερο από του H_2O_2 . Το DMSO στο γλεύκος μπορεί να μετατραπεί σε DMS κατά τη διάρκεια της ζύμωσης με τη δράση της αναγωγάσης DMSO που υπάρχει στις μαγιές καθώς και αντιοξειδωτικά στοιχεία όπως το θειώδες άλας και τις θειόλες (Baldus et al., 2013, Booer and Wilson, 1979).

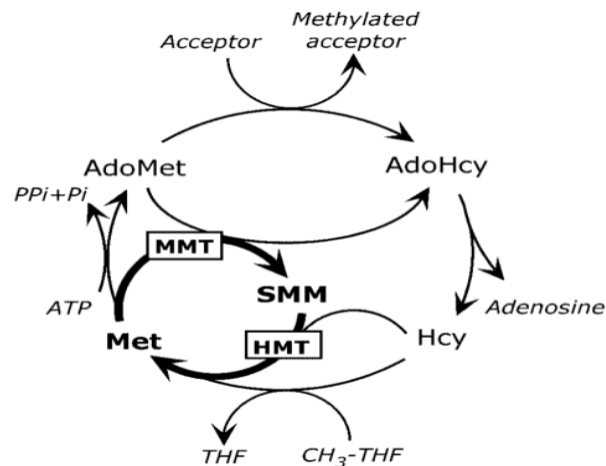
Πρέπει να υπάρχει ιδιαίτερη προσοχή κατά την παραγωγή της μύρας καθώς τα βακτήρια που προκαλούν επιμολύνσεις συνήθως παράγουν περισσότερη DMSO reductase και επομένως παράγουν περισσότερο DMS. Ωστόσο, οι ζυμομύκητες μπορούν καταναλώσουν έως και 21% του DMSO πράγμα που σημαίνει ότι θα υπάρξει και σημαντική αύξηση σε DMS (Niefind and Späth, 1975).

Το DMSO είναι παρόν σε βύνες σε επίπεδα παρόμοια με εκείνα του SMM (Gibson et al., 1985). Το κριθάρι και η πράσινη βύνη περιέχουν λίγο DMSO (Bamforth and Anness, 1981). Ωστόσο, τα επίπεδα του DMSO στη βύνη επηρεάζονται κυρίως από την ποσότητα του SMM που σχηματίζεται κατά τη βλάστηση στην πράσινη βύνη καθώς καθορίζει τα επίπεδα DMS που μπορεί δυνητικά να οξειδωθούν στον κλίβανο. Σχηματίζεται δηλαδή DMSO και από την οξείδωση του DMS που απελευθερώνεται από την αποσύνθεση του SMM. Οι βύνες που ψήνονται σε υψηλή θερμοκρασία περιέχουν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα DMSO από τις βύνες τύπου π.χ. Lager ή Pilsner που δεν χρειάζονται τόσο υψηλές θερμοκρασίες (Leemans et al., 1993, Anness et al., 1979, Anness and Bamforth, 1982). Τέλος, η βύνη σιταριού περιέχει τη χαμηλότερη ποσότητα DMSO ακολουθούμενη από βύνη pilsner και αξιοσημείωτη αύξηση βύνη Munich τύπου I και τύπου II (Baldus et al., 2013). Η κατανομή DMSO ειδικά σε αρκετούς τύπους βύνης φαίνεται αισθητά. Το ποσό του DMS που σχηματίζεται θα είναι σημαντικό εάν η περιεκτικότητα σε DMSO στο ζυθογλεύκος είναι σχετικά υψηλή. Αυτό εξηγεί γιατί θεωρείται γενικά ότι μόνο υψηλότερα επίπεδα DMSO στη βύνη ή στο γλεύκος μπορεί να ευθύνονται για την πρόκληση προβλήματος DMS στην τελική μύρα. Έχει επίσης διαπιστωθεί ότι, αυξάνοντας τη μαγιά και τη θερμοκρασία της ζύμωσης θα υπάρξει περισσότερη εξάτμιση DMS κατά την έναρξη της ζύμωσης, μειώνοντας έτσι το τελικό DMS (Yang et al., 1998). Ωστόσο, συχνά η ποσότητα του στη τελική μύρα δεν έχει πολύ μεγάλη διαφορά με αυτό στην αρχή της ζύμωσης. Πράγμα που παραπέμπει στο ότι η μείωση του DMSO σε DMS από τις ζύμες γίνεται σε υψηλά επίπεδα.

Αν και έχουν γίνει αναφορές για τη σημασία του SMM στη παραγωγή DMS ως έναν από τους μεγαλύτερους παράγοντες (Booer and Wilson, 1979), σύμφωνα με τον Prachi Kishnani δεν

ισχύει. Το DMS που παράγεται από το SMM δείχνει να είναι πιο ασταθές καθώς απομακρύνεται κατά τη ζύμωση αλλά και τον βρασμό και μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό θα φτάσει στην τελική μπύρα. Το DMS που παράγεται από το DMSO όμως δείχνει να παραμένει στη μπύρα (Kishnani, 2020).

6.2 S-METHYL METHIONINE (SMM)



Εικόνα 11: S-Methyl Methionine

(Πηγή researchgate.net)

Είναι πρόδρομη ουσία του DMS που παράγεται κατά τη βυνοποίηση (Dodd and Cossins, 1970). Η μετατροπή του SMM σε DMS πρόκειται για μια χημική θερμική αποσύνθεση (Bamforth and Anness, 1981). Επίσης, αποτελεί ένωση που απελευθερώνει DMS κατά τη θέρμανση στο γλυκό καλαμπόκι (Bills and Keenan, 1968), είναι πρόδρομη ουσία του DMS στη βύνη. Η συγκέντρωση του επηρεάζεται από την πρόσβαση του εκάστοτε φυτού των σιτηρών σε θειούχες ενώσεις στο έδαφος κατά την ανάπτυξή του. Επομένως θέλοντας να μειώσουμε τα επίπεδα των προδρόμων ουσιών πρέπει να αποφεύγεται και η λίπανση με θείο (Zhao et al., 2006). Αναφέρεται ότι το SMM στην πράσινη βύνη είναι η μόνη ουσία που είναι υπεύθυνη για το σχηματισμό DMS κατά τη θέρμανση (Dickenson, 1979).

Μπορεί να εντοπιστεί σε μια πληθώρα ανθοφόρων φυτών και δημητριακών. Ωστόσο, ο ρόλος του στις φυσιολογικές διεργασίες των φυτών δεν είναι ακόμα απόλυτα ξεκάθαρος. Η σύνθεση του SMM λαμβάνει χώρα μέσω μεταφοράς μεθυλίου από S-αδενοσυλ μεθειονίνη (S-adenosyl methionine) σε μεθειονίνη που καταλύεται από S-μεθυλοτρανσφεράση μεθειονίνης (methionine S-methyl transferase). Η απομεθυλίωση του SMM λαμβάνει χώρα μόνο μέσω της μεταφοράς της μεθυλομάδας στη L-homocysteine όπως καταλύεται από την ομοκυστεϊνική

μεθυλ τρανσφεράση (homocysteine methyl transferase) (Mudd and Datko, 1990, Ranocha et al., 2001). Η SMM συνθάση παρουσιάζει την πιο έντονη δραστηριότητα της κατά τη βυνοποίηση. Συνεπώς όσο πιο πολύ διαρκεί η βυνοποίηση τόσο περισσότερο DMS παράγεται στο τέλος. Κατά την διάσπαση του, το SMM εκτός από DMS δίνει και ενώσεις αμινοξέων. Επομένως με αύξηση των επιπέδων SMM έχουμε και αύξηση στα επίπεδα πρωτεϊνών στη μύρα (Dufour and Dejaeger, 1987, João Pimenta et al., 1998).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ DMS

Ανάλογα το στυλ μύρας το όριο αντίληψης του DMS είναι διαφορετικό αλλά συνήθως είναι περί τα 30μg/L. Μπορεί να παραχθεί στην μύρα από δύο πηγές: τη θερμική αποσύνθεση του SMM που παράγεται στο έμβρυο του κριθαριού κατά τη βλάστηση και την αναγωγή του DMSO από την μαγιά. Η διαδικασία μετατροπής του βασίζεται σε ένα ένζυμο το οποίο μεταβολίζει το DMSO. Το να υπάρχει γνώση των επιπέδων SMM και άλλων πρόδρομων ουσιών ακόμα και από το στάδιο της βύνης. Αυτό μας βοηθάει αρκετές φορές να επιλέξουμε την πιο κατάλληλη μαγιά ώστε να μεταβολίζει το DMS αλλά και τις καταλληλότερες συνθήκες (οξύτητα, θερμοκρασία, ελεύθερο άζωτο κλπ.) και την ένταση του βρασμού. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε θερμοκρασίες ζύμωσης περί τους 8 βαθμούς Κελσίου, το DMS βρέθηκε ότι μπορεί να αυξηθεί από 13 ως και 21% και η αύξηση αυτή μπορεί να ελαττωθεί με την αύξηση της θερμοκρασίας ενώ σημαντικό ρόλο παίζει και η πυκνότητα του γλεύκους. Επίσης, η παρουσία σουλφοξιδίου της μεθιονίνης, αποτρέπει την αναγωγή του DMSO από τη ζύμη σε DMS (Anness, 1980).

Αναφορικά, σύμφωνα με έρευνες, η ημιπερίοδος ζωής της μορφής που έχει στον κόκκο βύνης, σε γλεύκος με pH 5,2 και σχετική πυκνότητα στο 1,060 είναι 38 λεπτά εφόσον είναι στο σημείο βρασμού και πολλαπλασιάζεται όσο η θερμοκρασία μειώνεται. Όσο το pH είναι μεγαλύτερο τόσο πέφτει και η διάρκεια παραμονής του DMS. Εάν το pH είναι υψηλότερο τότε ο χρόνος τείνει να μειώνεται (Dickenson, 1979).

Κατά την ζύμωση πρέπει να υπάρχει καλή οξυγόνωση του γλεύκους γιατί έχει βρεθεί ότι χαμηλά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου μπορούν να αυξήσουν τη συγκέντρωση του DMS (Smith et al., 2015). Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και μικροοργανισμοί όπως οι *E.cloacae* και *S.cerevisiae* NCYC240 που παράγουν DMS καθώς μεταβολίζουν το DMSO. Υπάρχουν βέβαια συγκεκριμένοι παράγοντες που μπορούν να μας δώσουν στοιχεία για το πόσο θα μεταβολιστεί το DMSO και αυτοί έχουν βρεθεί να είναι η μεγάλη παραγωγή σουλφοξιδικής ριδακτάσης από τις ζύμες, αλλά και η παρουσία πληθώρας μικροοργανισμών και κυρίως βακτηρίων στη μύρα. Μια ευρεία ποικιλία μικροοργανισμών μπορεί να περιορίσει το DMSO, επομένως είναι πιθανό εκτός από το *E.cloacae*, πολλοί οργανισμοί που αλλοιώνουν το μούστο ή την μύρα να είναι ικανοί να μειώσουν το DMSO.

Η αναγωγή του DMSO από το *E.cloacae* σε σύγκριση με το *S.cerevisiae* NCYC240 για παράδειγμα είναι πολύ πιο αποτελεσματική παρά το γεγονός ότι το συγκεκριμένο στέλεχος ζυμομύκητα παράγει πολύ αποτελεσματικά DMS. Επομένως και οι μικροοργανισμοί μπορεί να ευθύνονται για τα πολύ αυξημένα επίπεδα DMS μετά τη μόλυνση του γλεύκος (Anness, 1980). Επιπλέον, συγκεκριμένοι ζυμομύκητες, που δεν έχουν αναγωγή σουλφοξειδίου δίνουν πολύ χαμηλότερες ποσότητες DMS μετά τη ζύμωση (Hansen, 1999). Οι *Saccharomyces cerevisiae* γενικά, παράγουν περισσότερο DMS κατά τη ζύμωση από το *Saccharomyces pastorianus*. Επίσης, η περιεκτικότητα σε DMS έχει βρεθεί να είναι μεγαλύτερη σε μπόρες που παράγονται σε κλειστό σύστημα ζύμωσης σε σύγκριση σε ένα ανοιχτό σύστημα ζύμωσης, το οποίο οφείλεται στην αφαίρεση του ανώτερου DMS μέσω της διοχέτευσης με CO₂ (Anness and Bamforth, 1982). Επίσης, σύμφωνα με τον Baldus (2013), κατά τη διάρκεια της ζύμωσης παρατηρήθηκε σημαντικός σχηματισμός DMS.

Η αναγωγή του DMSO ήταν υψηλότερη στη ζύμη *Saccharomyces cerevisiae* (TUM 149) σε σχέση με *Saccharomyces pastorianus* (TUM 34/70) (Baldus et al., 2018). Το DMSO μπορεί να μειωθεί σε DMS σε μεγάλο βαθμό από τα βακτήρια που προέρχονται από επιμόλυνση. Ανάλογα το είδος των μικροοργανισμών επομένως, το DMSO μετατρέπεται σε DMS σε διαφορετικές ποσότητες και ρυθμούς (Simó et al., 2002). Ως εκ τούτου, η παραγωγή DMS μπορεί να προκύψει από την αλλοίωση της μύρας και είναι πιθανό να είναι σημαντική σε μια σειρά από μπόρες που περιλαμβάνουν μια ποικιλία οργανισμών όπως π.χ. οι lambic (Zinder and Brock, 1978).

Ένας ακόμη τρόπος ελέγχου DMS είναι με τροποποιήσεις στον τρόπο βρασμού και απομάκρυνσης υπολειμμάτων. Φέρνοντας τον βρασμό σε σημείο όπου υπάρχει έντονη εξάτμιση για το πρώτο μισό της διαδικασίας και μετά σε σημείο που να κοχλάζει μπορεί, να προκαλέσει την συγκράτηση του DMS έναντι απομάκρυνσης. Η δράση της διαδικασίας αυτής βέβαια προϋποθέτει ότι το DMS προέρχεται από θερμικά διασπώμενες πρόδρομες ουσίες (Booer and Wilson, 1979).

Ένας τρόπος για την ελαχιστοποίηση παρουσίας του DMS παραλείπει το στάδιο του βρασμού αντικαθιστώντας το με in line διοχέτευση καυτού ατμού στο καθαρό βυνογλεύκος και συνδυάζεται με δοχείο διαμορφωμένο ώστε να μην επιτρέπει την συμύκνωση και επαναπροσάρτηση των πτητικών ουσιών που δεν είναι επιθυμητές. Η τεχνική αυτή μειώνει πετυχημένα τον χρόνο παραγωγής κατά μία ώρα (De Rouck et al., 2010).

Ο Χαλκός

Μέθοδος απομάκρυνσης πτητικών θειωδών ενώσεων (κυρίως από το κρασί) μπορεί να γίνει και με τη χρήση χαλκού. Τα ιόντα του χαλκού ενώνονται με τις θειούχες ενώσεις δημιουργώντας μη υδατοδιαλυτά σουλφίδια τα οποία έπειτα μπορούν να απομακρυνθούν είτε με ψύξη και καθίζηση είτε με φιλτράρισμα. Καθώς εκτός από πιθανά ρίσκα προς την υγεία, αλλάζουν πολύ και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Μπορεί δηλαδή να αφαιρεθούν και επιθυμητοί αρωματικοί παράγοντες. Επιτρεπτά επίπεδα υπολειμματικού χαλκού στο κρασί είναι 1mg ανά λίτρο. Αξίζει να σημειωθεί ότι μπορεί να υπάρχει υπόλειμμα του χρησιμοποιημένου χαλκού σε ποσοστό μέχρι και 50% μετά τη διαδικασία. Για το λόγο αυτό η μέθοδος αυτή δεν εφαρμόζεται ιδιαίτερα, αλλά και έχει αναπτυχθεί πειραματικά μία μέθοδος που χρησιμοποιεί νανοσωματίδια χρυσού για να την αντικαταστήσει (Mierczynska-Vasilev et al., 2022).

Άλλα ιόντα μετάλλων

Στο κρασί, συγκεκριμένα για το DMS, τα μέταλλα τα οποία δημιούργησαν στατιστικά σημαντικές διαφορές είναι το Al και το ZnAl, τα οποία Αν και αρχικά έδρασαν αυξάνοντας σημαντικά τη συγκέντρωσή του, δέκα μήνες μετά από αναερόβια αποθήκευση βρέθηκε να έχουν μειώσει δραστικά τα επίπεδα του DMS (Viviers et al., 2013).

Βαρέλια και χρήση ξύλου

Κρασί παλαιωμένο σε βαρέλι δρυός ή με τσιπς δρυός δίνει μικρότερη αύξηση του DMS κατά την παλαίωση. Μπορεί να μην είναι όση σε ανοξειδωτα βαρέλια, αλλά παρ'όλα αυτά, παραμένει να είναι αύξηση (Ye et al., 2016). Ωστόσο, έχει βρεθεί ότι κατά την παλαίωση του ούισκι, το DMS φθίνει σταδιακά. Η ίδια έρευνα αναφέρει ότι ο κύριος λόγος δημιουργίας του DMS στο ούισκι σε πρώτο στάδιο είναι η δράση του χαλκού κατά την απόσταξη. Καθώς ένα ούισκι αμέσως μετά την απόσταξη, αν και μπορεί να έχει DMS ως και 560μg/L, μετά από έναν χρόνο παλαίωσης, τα επίπεδα του μπορούν να μηδενιστούν. Θεωρείται ότι η μείωση αυτή οφείλεται στην αλληλεπίδραση με το ξύλο του βαρελιού και όχι την εξάτμιση (Masuda and Nishimura, 1982).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΜΕΣΑ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΥΓΑΣΗΣ

8.1 ΤΡΟΠΟΙ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑΤΟΣ

Στο φιλτράρισμα ο σημαντικότερος παράγοντας που πρέπει να υπολογίζετε ώστε να δούμε κατά πόσο αποτελεσματική ποια είναι η διαδικασία είναι το ποσό μικρά είναι τα σωματίδια του μέσου που θα χρησιμοποιηθεί για το φιλτράρισμα. Ωστόσο αυτό κατά επέκταση επηρεάζει και τον χρόνο που παίρνει η διαδικασία του φιλτραρίσματος, καθώς όσο πιο μικρά τα σωματίδια τόσο πιο χρονοβόρα η διαδικασία αλλά και τόσο πιο αποτελεσματική. Αν τα σωματίδια είναι μεγάλα, διαδικασία του φιλτραρίσματος γίνεται πιο γρήγορα αλλά λιγότερο αποτελεσματικά (Kunze, 2004). Σε όλα τα φίλτρα σκόνης είναι απαραίτητο να δημιουργείται πάντα μία πρώτη στρώση υλικού πάνω στα φιλτρόπανα ή όποιας άλλης μορφής τρόπος έχει επιλεγεί που θα επιτρέψει τη διήθηση των σωματιδίων από την μύρα λεγόμενο και ως pre coat.

Το φιλτρόπανο ή το διάφραγμα πρέπει να έχει μέγεθος πόρων πολύ μεγαλύτερο από το μέγεθος του βοηθήματος φιλτραρίσματος ώστε να μπορεί να περνά η μύρα μέσα από το φίλτρο χωρίς να αφαιρούνται σωματίδια. Το βοήθημα έπειτα αναμειγνύεται με νερό ή μερικές φορές κατευθείαν με την μύρα και εναποτίθεται στο φίλτρο όπου σχηματίζει ένα ομοιόμορφο στρώμα, που ονομάζεται pre-coat (Briggs et al., 2004). Λόγω της πορώδους φύσης τους, τα βοηθήματα φίλτρου, όπως η γης διατόμων και ο περλίτης, καθώς και τα προσροφητικά όπως οι silica hydrogels, silica xerogels, και polyvinyl polyacrylamide μπορούν να προσροφήσουν δραστικά για τις οσμές από το περιβάλλον αλλά και άλλες ουσίες οι οποίες στη συνέχεια μπορεί να μολύνουν την μύρα (Simpson, 2016).

8.1.1 ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ

Στο φιλτράρισμα της μύρας το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο είναι γης διατόμων. Εκτός από τη πορώδη δομή του, βασικό ρόλο παίζει και η περιεκτικότητα του σε SiO₂. Βασικό παράγοντα αποτελεί και η πυκνότητα του υλικού όταν βρέχεται. Μετράτε σε γραμμάρια ανά λίτρο και η ιδανική για φιλτράρισμα είναι αυτή με τα 300 γραμμάρια ανά λίτρο. Με αυτό το μέσο χρησιμοποιούνται είτε φίλτρα τύπου μεταλλικού πλέγματος είτε πορώδη φίλτρα 2-4μm. Η χρήση του πριν τη διήθηση της μύρας δεν βοηθάει καθώς δεν μπορεί μετά να κατακρατηθεί από τα φίλτρα και μας δίνει ένα ακόμα πιο θολό τελικό αποτέλεσμα.

Είναι υλικό του οποίου η διαχείριση απαιτεί προσοχή καθώς η εισπνοή του μπορεί να προκαλέσει επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου καθώς εναποτίθεται στους

πνεύμονες όπου προκαλεί ζημιές στα κύτταρα. Η παρουσία του στους πνεύμονες μπορεί να προκαλέσει ασθένειες όπως silicosis και silico-tuberculosis. Για την απομάκρυνση πρωτεϊνών μπορεί να προστεθεί και κολλοειδές διοξείδιο του πυριτίου (silica) κατά διήθηση (Kunze, 2004).

8.1.2 ΠΕΡΛΙΤΗΣ

Ο περλίτης είναι ένα υαλώδες ηφαιστειακό πέτρωμα με ρυολιθική σύνθεση και 2-5 τοις εκατό συνδυασμένου νερού. Η μεγαλύτερη ποσότητα του αν τον κόσμο εντοπίζεται κατά μήκος των ακτών του Αιγαίου στην Τουρκία. Το εμπορικό προϊόν παράγεται με θέρμανση στους 760–1100°C. Το νερό που υπάρχει ήδη μέσα, μετατρέπεται σε αέρια μορφή στις υψηλές θερμοκρασίες προκαλεί την διόγκωσή του. Μπορεί να διασταλεί από 4 έως 20 φορές του αρχικού του όγκου. Έτσι μετατρέπεται σε υλικό με υψηλό πορώδες. Έχει βάρος από 20 έως και 40% λιγότερο από το γης διατόμων και μπορεί να κρατήσει 3 με 4 φορές το βάρος του σε νερό. Έχει ουδέτερο pH αλλά δεν έχει ρυθμιστική ικανότητα και δεν περιέχει θρεπτικά συστατικά. Η χρήση του προτιμάται να γίνεται στο γλεύκος, όπου το pH είναι ακόμα περί το 5,5, δηλαδή σχετικά υψηλό, καθώς σε χαμηλό pH μπορεί να απελευθερώσει τοξικές ουσίες στο διάλυμα (Bar-Tal et al., 2019).

8.1.3 SILICA GEL

Το Silica Gel είναι ένα ανεκτίμητο εργαλείο που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία ζυθοποιίας. Είναι μια μορφή διοξειδίου του πυριτίου, μιας φυσικής ουσίας που είναι ασφαλής για χρήση σε εφαρμογές τροφίμων και ποτών. Στην παρασκευή μπύρας, το silica gel χρησιμοποιείται για να καθαρίσει την μπύρα, να βελτιώσει τη γεύση και την εμφάνισή της και να τη σταθεροποιήσει (Briggs et al., 2004).

Στο στάδιο πριν από την προετοιμασία και την ενανθράκωση της μπύρας πριν συσκευαστεί προς πώληση, προστίθεται διάλυμα Silica gel στην μπύρα. Για να χρησιμοποιηθεί το silica gel στην παρασκευή μπύρας, οι ζυθοποιοί το προσθέτουν συνήθως στη δεξαμενή προετοιμασίας μαζί με άλλους παράγοντες, όπως η ζελατίνη ή το isingglass και χρησιμοποιείται και ως βοήθημα φίλτρου σε ανάμειξη με kieselguhr.

Το silica gel απορροφά ακαθαρσίες και σχηματίζει ένα ίζημα που μπορεί εύκολα να αφαιρεθεί από την μπύρα πριν από τη συσκευασία. Η ποσότητα του silica gel που χρησιμοποιείται θα

εξαρτηθεί από το συγκεκριμένο στυλ μύρας και το επιθυμητό επίπεδο διαύγειας, αλλά τυπικά κυμαίνεται από μερικά γραμμάρια έως μερικές εκατοντάδες γραμμάρια ανά παρτίδα.

Ένα από τα πλεονεκτήματα της χρήσης silica gel στην παρασκευή μύρας είναι ότι είναι ένα φυσικό και ασφαλές προϊόν. Το silica gel είναι μια αδρανής ουσία που δεν αλληλεπιδρά με την μύρα ούτε επηρεάζει τη γεύση της και έχει εγκριθεί για χρήση σε εφαρμογές τροφίμων και ποτών από ρυθμιστικούς φορείς σε όλο τον κόσμο. Επιπλέον, το silica gel είναι εύκολο στο χειρισμό και στην αποθήκευση και έχει μεγάλη διάρκεια ζωής. Συμπερασματικά, το silica gel είναι ένα εύελκτο και αποτελεσματικό υλικό που έχει βρει χρήσιμη εφαρμογή στη βιομηχανία ζυθοποιίας. Χρησιμοποιώντας silica gel για τη διαύγαση και τη σταθεροποίηση της μύρας, οι ζυθοποιοί μπορούν να παράγουν προϊόντα υψηλής ποιότητας που είναι οπτικά ελκυστικά και χωρίς δυσάρεστες γεύσεις (Briggs et al., 2004).

8.1.4 ΕΝΕΡΓΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ

Ο ενεργός άνθρακας παράγεται από περιβαλλοντικά απόβλητα με υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα. Λιγνινοκυτταρινικά υλικά και κάρβουνο έχουν χρησιμοποιηθεί ως πρώτες ύλες για την παραγωγή ενεργού άνθρακα (Grumezescu and Holban, 2019). Είναι μια πορώδης, εξαιρετικά προσροφητική μορφή άνθρακα που χρησιμοποιείται συνήθως για χημική διήθηση. Ο ενεργός άνθρακας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απομάκρυνση ενός ευρέος φάσματος ανεπιθύμητων ουσιών από το προϊόν στο οποίο εφαρμόζεται, συμπεριλαμβανομένων των άχρηστων γεύσεων και των ανεπιθύμητων αρωματικών στοιχείων.

Ο μηχανισμός με τον οποίο ο ενεργός άνθρακας αφαιρεί ουσίες από το μέσο είναι μέσω της προσρόφησης, η οποία είναι η διαδικασία με την οποία τα μόρια έλκονται και συγκρατούνται στην επιφάνεια του ενεργού άνθρακα. Η πορώδης δομή του ενεργού άνθρακα παρέχει μεγάλη επιφάνεια για προσρόφηση, η οποία του επιτρέπει να αφαιρεί αποτελεσματικά τις ακαθαρσίες από την μύρα. Ο ενεργός άνθρακας χρησιμοποιείται τυπικά με τη μορφή στρώσης φίλτρου, το οποίο είναι ένα στρώμα σωματιδίων ενεργού άνθρακα μέσω του οποίου διέρχεται το μέσο για να διαυγαστεί. Όταν χρησιμοποιείται, προστίθεται σε συνδυασμό με άλλες γαίες σε επίπεδο 5 έως 10% του συνόλου (Erickson, 1995). Μια τυπική δόση μπορεί να είναι και από 2.5 ως 50 g/hL (Jackson, 2014).

Καθώς το μέσο ρέει μέσα από την κλίνη του φίλτρου, τα ανεπιθύμητα κυρίως μόρια έλκονται και απορροφώνται στην επιφάνεια των σωματιδίων ενεργού άνθρακα, ενώ το υπόλοιπο διέρχεται από την κλίνη φίλτρου. Η αποτελεσματικότητα του ενεργού άνθρακα στην απομάκρυνση μιας ουσίας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως ο τύπος και το μέγεθος

των σωματιδίων του ενεργού άνθρακα, ο ρυθμός ροής του μέσου, το pH, η θερμοκρασία του μέσου και οι συγκεντρώσεις (Johnson, 2014).

Επίσης, ο ενεργός άνθρακας σε διάφορες μορφές χρησιμοποιείται για τη μείωση των ρυπογόνων αερίων χωρίς να χρειάζονται υψηλές συγκεντρώσεις. Ο διαχωρισμός αερίων είναι μια καινούρια εφαρμογή ενεργού άνθρακα. Όσο πιο πολύ πορώδεις είναι τόσο περισσότερο αυξάνεται η ικανότητα προσρόφησης των αερίων και των ατμών στους μικροπόρους του. Υπάρχουν πολλές διεργασίες καθαρισμού αερίων με χρήση ενεργού άνθρακα, μεταξύ των οποίων οι πιο σημαντικές είναι η απομάκρυνση του υδρόθειου από το φυσικό αέριο, το φιλτράρισμα του αέρα σε συστήματα κλιματισμού, η κατακράτηση διοξειδίου του θείου ή οξειδία του αζώτου από καυσαέρια, ανάκτηση ατμών βενζίνης σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας της κ.λπ. Οι κύριοι στόχοι αυτής της εφαρμογής είναι και οικονομικοί, καθώς μπορεί να οδηγήσει στην ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των προσροφημένων ουσιών αλλά και οικολογικοί καθώς αποτρέπει την απελευθέρωση πτητικών οργανικών ενώσεων στην ατμόσφαιρα.

Στα συστήματα ανάκτησης με ενεργό άνθρακα, μεταξύ άλλων γίνεται και ανάκτηση αρωματικών ουσιών. Αν και η προσρόφηση οργανικών αερίων είναι πολύ αποτελεσματική, δεν είναι τόσο αποτελεσματικός σε περιπτώσεις προσρόφησης οργανικών ουσιών μικρού μοριακού βάρους με σημεία βρασμού κάτω από περίπου 40°C. Σε τέτοιες περιπτώσεις, για να ανέβει η αποτελεσματικότητα, συχνά γίνεται εμπότιση του άνθρακα με άλλες ουσίες που θα βοηθήσουν στην μετατροπή και προσρόφηση των καινούριων προϊόντων. Για παράδειγμα, μπορεί να γίνει χρήση ιωδιούχου καλίου που δρα ως καταλύτης για το σχηματισμό θεικών ενώσεων, μειώνοντας την ποσότητα του θεικού οξέος που παράγεται, ενώ η αμμωνία και οι αμίνες μπορούν να αφαιρεθούν με ενεργό άνθρακα εμποτισμένο με φωσφορικό οξύ ή οξικό ψευδάργυρο (Mahajan, 2001). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ανάλογα με τις συγκεντρώσεις υπάρχει ο κίνδυνος να αφαιρεθούν και άλλες πτητικές ουσίες της μύρας και να μειωθεί το άρωμα της, καθώς και το χρώμα.

Για την χρήση του σε υγρές φάσεις, πρέπει να γίνεται χρήση ενεργού άνθρακα με μεγαλύτερο μέγεθος πόρων λόγω της ανάγκης για ταχεία διάχυση του υγρού στο εσωτερικό των σωματιδίων του και λόγω του μεγάλου μεγέθους πολλών διαλυμένων μορίων που πρέπει να διατηρηθούν. Συνήθως, οι ενεργοί άνθρακες για εφαρμογές υγρής φάσης παρασκευάζονται από επεξεργασία φυτικών ή ανόργανων υλικών. Η πιο διαδεδομένη χρήση του ενεργού άνθρακα στον νερό είναι για την απομάκρυνση δυσάρεστων γεύσεων και οσμών, καθώς και για την απομάκρυνση οργανικών ενώσεων. Στις βιομηχανίες τροφίμων και ποτών, χρήση του γίνεται

για την αφαίρεση χρώματος ή οσμής που μπορεί να προκληθούν από επιμολύνσεις. Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν την επεξεργασία χυμών, μελιού, ζάχαρης, αλκοολούχων ποτών και πολλών άλλων (Rodriguez-Reinoso, 2001).

Ο τρόπος που λειτουργεί για να αφαιρέσει μυρωδιές, χρώμα και άλλες ουσίες με προσρόφηση είναι ως χρωματογραφική κλίση. Ο χρόνος που απαιτείται για την απομάκρυνση των ρύπων συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 10 και 20 λεπτών και εξαρτάται από τη συγκέντρωση και την πολικότητα των συστατικών που πρόκειται να αφαιρεθούν και τον τρόπο που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (Eumann, 2006).

Επίσης ανάλογα με τον τρόπο επεξεργασίας για την παραγωγή του άνθρακα αλλάζει και οξύτητα της επιφάνειάς του. Το pH μπορεί να κυμαίνεται από 5 για τα δείγματα που παράγονται με χημική ενεργοποίηση και 9,5 για αυτά που έχουν υποστεί φυσική ενεργοποίηση. Ενδιαφέρον έχει το γεγονός ότι οι ουσίες που εντοπίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό στην επιφάνεια του εκάστοτε ενεργού άνθρακα ανήκουν στην ίδια κατηγορία ως προς την οξύτητα τους (Kaźmierczak et al., 2013).

8.1.5 ΕΝΕΡΓΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ ΑΠΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ

Καθώς κατά τα χρόνια η παραγωγή και η κατανάλωση του καλαμποκιού και γενικά του πρωτογενή τομέα έχει αυξηθεί, κατ' επέκταση έχουν αυξηθεί και τα υποπροϊόντα-παραπροϊόντα του. Αυτά ωστόσο δεν αξιοποιούνται βέλτιστα και ενδιαφέρον έχουν αποκτήσει μελέτες τρόπων για την αξιοποίησή τους. Για να αυξηθεί επομένως η οικονομική απόδοση αυτών έχουν βρεθεί διάφοροι τρόποι. Ένας τρόπος αξιοποίησης του σπάδικα του καλαμποκιού και των υπόλοιπων υποπροϊόντων είναι η χρήση τους σαν πρώτες ύλες για την παραγωγή ενεργού άνθρακα καθώς το κόστος είναι κατά πολύ μικρότερο από αυτό που θα υπήρχε χρησιμοποιώντας ξύλο ή κάρβουνο.

Έρευνες έχουν δείξει την καταλληλότητα και ικανότητα του σπάδικα του καλαμποκιού για την παραγωγή ενεργού άνθρακα με ιδιαίτερα προσροφητική ικανότητα και ως προς αέριους ρύπους και ως προς υγρούς ρύπους. Ανάλογα επίσης τις παραμέτρους κατά τη διαδικασία παραγωγής μπορεί να αλλάξουν και οι προσροφητικές ικανότητες του (Kaźmierczak et al., 2013). Ενώ επίσης έχει βρεθεί ότι μπορεί να αφαιρέσει τα βαρέα μέταλλα από ένα μείγμα διάλειμμα από 60 έως και 80% ανάλογα τη συγκέντρωση.

8.1.6 ΥΠΟΣΤΡΩΜΜΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ ΚΑΙ ΠΕΛΛΕΤ

Έρευνες έχουν δείξει ότι παρά την ευρεία χρήση πέλλετ καλαμποκιού ως στρώμνη, καθώς έχει αποδειχθεί ότι δεν περιέχει σκόνη, μειώνει την εξάπλωση των αλλεργιογόνων και παράγει αμελητέα επίπεδα αμμωνίας μέσα στο κλουβί, ελαχιστοποιώντας έτσι τον αριθμό των αλλαγών του κλουβιού, τα ποντίκια δεν προτιμάνε υπόστρωμα από πέλλετ καλαμποκιού (Leys et al., 2012). Ενώ, σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να επηρεάσει και τις διατροφικές τους συνήθειες και ακόμη και τον ύπνο τους. Τα οφέλη βέβαια, φαίνεται να είναι πλεονεκτήματα για την υγεία των ζώων και την πρόληψη των αλλεργιών των ζώων και είναι τόσο οικονομικά αποδοτικά όσο και λειτουργικά αποτελεσματικά για τις εγκαταστάσεις (Krohn and Hansen, 2008). Στοιχεία για τα υποστρώματα με βάση ισχυρισμών εταιριών μπορούν εύκολα να βρεθούν στο διαδίκτυο αλλά και στην ακόλουθη ιστοσελίδα <https://www.bestcob.com/absorbents-2/>.

8.1.7 TANINEΣ

Η τανίνη σαν λέξη έχει ρίζες στους αρχαίους Κέλτες, όπου σημαίνει δρυς, καθώς ήταν η πιο διαδεδομένη πηγή αυτών για την επεξεργασία των δερμάτων των ζώων λόγω της ικανότητάς τους να αλληλεπιδρούν και να καθιζάνουν τις πρωτεΐνες που βρίσκονται σε αυτά. Οι δύο κύριες πηγές οινολογικών τανινών σήμερα είναι τα σταφύλια και το ξύλο βελανιδιάς αλλά μπορεί να υπάρξουν και άλλες. Η ΕΕ επιτρέπει τις τανίνες ως βοηθήματα επεξεργασίας για την διαύγαση του γλεύκους και του κρασιού (Versari, 2013). Σύμφωνα με τον Ananias Pascoal (2017), ο οποίος έκανε έρευνα πάνω στο υδρόμελο χρησιμοποιώντας μεταξύ άλλων τανίνες, σε συγκέντρωση 0.3 g/L, βρήκε ότι οι ταινίες είναι το πιο αποτελεσματικό μέσο για να αφαιρεθούν πτητικές ουσίες και οι κατηγορίες ουσιών που επηρεάστηκαν περισσότερο ήταν οι αλκοόλες, τα πτητικά λιπαρά οξέα και οι καρβονυλικές ενώσεις.

Ωστόσο, να σημειωθεί πως στην έρευνα του αυτή δεν μελετήθηκε το DMS. (Pascoal et al., 2017). Οι τανίνες είναι μια ομάδα φυσικών ενώσεων που βρίσκονται σε διάφορα φυτικά υλικά, όπως ο λυκίσκος και το κριθάρι, που παίζουν σημαντικό ρόλο στην παρασκευή μύρας. Είναι υπεύθυνοι για την παροχή της μύρας με τη χαρακτηριστική της στυφότητα, πικρία και αίσθηση στο στόμα. Ως εκ τούτου, οι τανίνες χρησιμοποιούνται με διάφορους τρόπους για να ενισχύσουν και να εξισορροπήσουν το γευστικό προφίλ διαφορετικών στυλ μύρας. Μία από τις κύριες χρήσεις των τανινών στην παρασκευή μύρας είναι η δημιουργία πικράδας. Οι τανίνες είναι υπεύθυνες για τη χαρακτηριστική πικράδα που συναντάμε σε πολλά στυλ μύρας, συμπεριλαμβανομένων των IPA, των stouts και των porters. Όταν ο λυκίσκος προστίθεται στο

γλεύκος κατά τη διάρκεια της διαδικασίας βρασμού, οι τανίνες του λυκίσκου απελευθερώνονται στο υγρό, προσδίδοντας μια πικρή γεύση που εξισορροπεί τη γλυκύτητα της βύνης.

Η ποσότητα και ο τύπος του λυκίσκου που χρησιμοποιείται θα καθορίσει το επίπεδο πικράδας στην μύρα, με περισσότερους πικρούς λυκίσκους όπως το Chinook ή το Simcoe να παρέχουν ένα ισχυρότερο προφίλ πικράδας. Οι τανίνες είναι επίσης σημαντικές για την αίσθηση του στόματος και του σώματος της μύρας. Μπορούν να δώσουν στην μύρα μια ξηρή αίσθηση που μπορεί να είναι επιθυμητή σε ορισμένα στυλ, όπως κόκκινες μπίρες ή βελγικές σαιζόν. Επιπλέον, οι τανίνες μπορούν να προσφέρουν δομή και ισορροπία στην μύρα αλληλεπιδρώντας με άλλες ενώσεις όπως πρωτεΐνες και πολυφαινόλες, δημιουργώντας ένα ομαλό, καλά στρογγυλεμένο προφίλ γεύσης. Μια άλλη χρήση των τανινών στην παρασκευή μύρας είναι η διαύγαση και η σταθεροποίηση της μύρας. Οι τανίνες μπορούν να συνδεθούν με πρωτεΐνες που σχηματίζουν θολότητα και άλλα σύμπλοκα, συμβάλλοντας στη δημιουργία μιας καθαρής, φωτεινής εμφάνισης.

Επιπλέον, οι τανίνες μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη της οξειδωσης και της αλλοίωσης δεσμεύοντας με μόρια οξυγόνου και εμποδίζοντάς τα να αντιδράσουν με άλλες ενώσεις της μύρας. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στην παράταση της διάρκειας ζωής της μύρας και να διασφαλίσει ότι θα παραμείνει φρέσκια και γευστική για περισσότερο. Τέλος, οι τανίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία μοναδικών και πολύπλοκων γεύσεων στην μύρα. Οι τανίνες από διαφορετικές πηγές, όπως τσιπς δρυός ή βαρέλια κρασιού, μπορούν να προσθέσουν βάθος και πολυπλοκότητα στην μύρα παρέχοντας μια σειρά από γεύσεις όπως βανίλια, μπαχαρικά ή φρούτα. Οι τανίνες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με άλλους αρωματικούς παράγοντες, όπως φρούτα ή μπαχαρικά, για να δημιουργήσουν περίπλοκα και ενδιαφέροντα στυλ μύρας.

Συμπερασματικά, οι τανίνες αποτελούν βασικό συστατικό της παρασκευής μύρας, παρέχοντας στιφή και πικρή αίσθηση στο στόμα, δομή και γεύση. Οι τανίνες χρησιμοποιούνται με διάφορους τρόπους για να ενισχύσουν και να εξισορροπήσουν το γευστικό προφίλ διαφορετικών στυλ μύρας και παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαύγαση και τη σταθεροποίηση της μύρας. Καθώς η βιομηχανία της βιοτεχνίας μύρας συνεχίζει να καινοτομεί και να πειραματίζεται, μπορούμε να περιμένουμε να δούμε πιο δημιουργικές χρήσεις τανινών και άλλων φυσικών ενώσεων για την αναζήτηση της τέλει μύρας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Τα τελευταία χρόνια μελετούνται συχνά τρόποι ελαχιστοποίησης των υποπροϊόντων και παραπροϊόντων βιομηχανίες με σκοπό στην οικονομία πόρων αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος. Το καλαμπόκι αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες καλλιέργειες. Επομένως θα ήταν χρήσιμη η μελέτη του για το πώς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί καλύτερα. Επιπλέον, το DMS αποτελεί μια ουσία η οποία σύμφωνα με βιβλιογραφίες απαντάται στο καλαμπόκι αν και είναι ανεπιθύμητη η παρουσία του στις μύρες. Αυτός ο συνδυασμός δεδομένων έδωσε την ιδέα έρευνας για πιθανούς τρόπους συνδυασμού των δύο παραπάνω. Αποκτώντας έτσι καλύτερη κατανόηση των υλικών, διαδικασιών αλλά και μελετώντας πιθανούς τρόπους αφαίρεσης του DMS εκτός του διαδεδομένου, ο οποίος κάνει χρήση διοχέτευσης θερμού αέρα στο ζυθογλεύκος καθώς το DMS είναι πτητική ουσία.

Το πειραματικό κομμάτι είχε ως στόχο την μελέτη της αλληλεπίδρασης του DMS με τα διάφορα μέσα που χρησιμοποιούνται για την διαύγαση της μύρας. Μέχρι πρότινος δεν είχε γίνει μελέτη συσχέτισης των δύο. Έτσι επιλέχθηκε μια σειρά από υλικά. Αυτά ήταν ο μπεντονίτης, το Silica gel, ο ενεργός άνθρακας και τέλος, κάτι πρωτότυπο, τμήματα σπάδικα καλαμποκιού. Η επιλογή τους έγινε για την ευρέως διαδεδομένη χρήση τους και την ικανότητά τους να προσροφούν πτητικές ουσίες. Τα τμήματα και ρινίσματα καλαμποκιού, επιλέχθηκαν καθώς εκτός του ότι ταιριάζουν με το θέμα της εργασίας, αποτελούν υλικό το οποίο έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται εδώ και μερικά χρόνια για την ικανότητα του να συγκρατεί πτητικές ουσίες και έχει δείξει ιδιαίτερη αποτελεσματικότητα αν και η εφαρμογή του γίνεται κυρίως ως στρωμή ζώων.

Εφόσον μελετάμε το DMS, παράχθηκε μύρα στο σπίτι, στην οποία εφαρμόστηκαν όλες οι τεχνικές οι οποίες νωρίτερα έχει αναφερθεί ότι πρέπει να αποφεύγονται προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η παραγωγή του DMS. Δηλαδή κατά την διάρκεια της πολτοποίησης αλλά και του βρασμού, το καπάκι του σκεύους που χρησιμοποιήθηκε χρησιμοποιήθηκε ώστε να μην υπάρχει απομάκρυνση μέσω εξάτμισης και ο χρόνος βρασμού εκτός από σύντομος δεν ήταν ούτε έντονος. Διήρκεσε 20 λεπτά αλλά και διατηρήθηκε στους 100 βαθμούς όπου αναφέρεται και ως θερμοκρασία κοχλάσματος. Στο τέλος του βρασμού επίσης, δεν χρησιμοποιήθηκε καμία τεχνική ψύξης αλλά το ζυθογλεύκος αφέθηκε να κρυώσει φυσικά εντός του κλειστού σκεύους. Έπειτα έγινε μεταφορά του στα μπουκάλια όπου θα γινόταν η ζύμωση τα οποία είχαν αποστειρωθεί. Χρησιμοποιήθηκε ζύμη τύπου Ale (συγκεκριμένα την Fermentis Safale S-04) καθώς αυτός ο τύπος, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία δεν μεταβολίζει ιδιαίτερα το DMS. Κατά

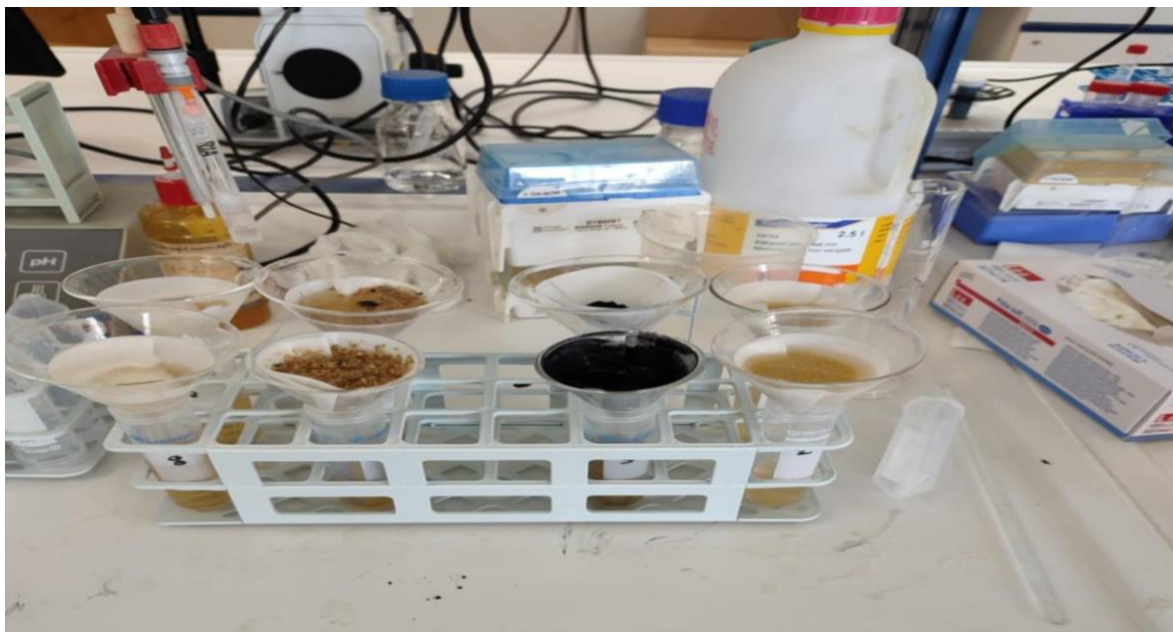
την μεταφορά έγινε φιλτράρισμα με τον μπεντονίτη καθώς η χρήση του σε αργότερο στάδιο θα είχε ως επίπτωση την απελευθέρωση επιβλαβών ουσιών λόγω διαφορετικής οξύτητας. Τα υλικά χρησιμοποιήθηκαν σε 2 συγκεντρώσεις πριν ή κατά την διάρκεια την ζύμωσης αλλά και μετά. 250ml απο το κάθε δείγμα κρίθηκε αρκετό. Η συνταγή που δημιουργήθηκε περιείχε αρκετή ποσότητα καλαμποκιού και είχε ως εξής :

- 550 γραμμάρια βύνη Πίλσνερ (66.6%)
- 275 γραμμάρια σπασμένοι κόκκοι καλαμποκιού (33,3%)
- 4 λίτρα νερό
- Ζύμη Ale (Fermentis Safale S-04)

Δεν χρησιμοποιήθηκε λυκίσκος διότι τείνει να δημιουργεί παρεμβολές με τις μετρήσεις (Grigsby 1976). Η αρχική πυκνότητα ήταν 1.050 και η τελική 1,010 , καταλήγοντας σε ένα ποσοστό περιεκτικότητας αλκοόλ της τάξης του 5,4%. Πριν τη ζύμωση έγινε φιλτράρισμα με μπεντονίτη σε ποσοότητες 3.3 και 6,6%, και κατά την διάρκεια της ζύμωσης έγινε χρήση food grade ενεργού άνθρακα σε συγκεντρώσεις 1 και 2%, silica gel σε συγκεντρώσεις 3,3 και 6,6% και κομματιών σπάδικα καλαμποκιού όπου είχε πρότινος υποστεί διαδικασία αποξήρανσης στον φούρνο στους 120 βαθμούς Κελσίου για μια ώρα και τριάντα λεπτά με στόχο την αποξήρανση αλλά και απομάκρυνση τυχόν DMS δεσμευμένου σε αυτό. Ενώ επίσης υπήρχαν και δείγματα τα οποία δεν υπέστησαν καμία διεργασία σε αυτό το στάδιο ώστε να έχουμε και για τις μετέπειτα κατεργασίες αργότερα αλλά και για μάρτυρα. Η ζύμωση διήρκεσε περίπου 14 ημέρες και έπειτα πέρασε ένας μήνας έως ότου να γίνουν περαιτέρω κατεργασίες ώστε να γίνει καθίζηση και διαύγαση της μπύρας. Την ημέρα των μετρήσεων, τα δείγματα τα οποία είχαν μείνει χωρίς επεξεργασία διηθήθηκαν με διηθητικό χαρτί και τα υλικά. Συγκεκριμένα, έγινε διήθηση με 1,5 και 3 γραμμάρια ενεργού άνθρακα, με 5 και 10 γραμμάρια silica gel και με ρινίσματα καλαμποκιού σε ποσοότητες 2,5 και 5 γραμμάρια. Η μέθοδος ανάλυσης που εφαρμόστηκε ήταν χρωματομετρική και είχε βάση την μέθοδο των J. H. Grigsby and S. R. Palamand.

Ακολουθεί η πρώτη δοκιμή εφαρμογής του πειράματος.

Έγινε κατεργασία φιλτραρίσματος - διήθησης 50 ml μπύρας στα αντίστοιχα δείγματα με τα εκάστοτε υλικά στο κάθε ένα.



Εικόνα 12 Φιλτράρισμα

Μετά 15 ml από τα δείγματα μεταφέρθηκαν για φυγοκέντριση σε 3500 στροφές το λεπτό για 30 λεπτά. Ακολούθησε μεταφορά 9 ml από το κάθε ένα, προσεκτικά ώστε να μην γίνει μεταφορά ιζήματος, σε διαφορετικό falcon και προσθήκη 1 ml 0.33% Sodium nitroprusside και 1 ml 10% NaOH σε κάθε δείγμα. Σύμφωνα με τις οδηγίες τα δείγματα έμειναν να αντιδράσουν για 30 λεπτά. Ακολούθησε όξυνση με προσθήκη 0,6 ml 6N HCl. Η ίδια διαδικασία έγινε και για τα στάνταρ με συγκεντρώσεις DMS στα 0mg/L, 20mg/L, 42.5mg/L, 85mg/L και 170mg/L. Έπειτα έγιναν οι μετρήσεις στο φασματοφωτόμετρο σε μήκη κύματος 460nm, 520nm και 700nm. Στο πείραμα δεν λήφθηκε υπόψιν ο χρόνος επαφής των υλικών με τη μύρα. Ακολούθησαν τα εξής αποτελέσματα.

Πίνακας 2 Μετρήσεις απορρόφησης των στάνταρ

standard	520nm
0mg/L	0
0,85mg/L	0,025
1,7mg/L	0,054
3,4mg/L	0,115
8,5mg/L	0,276

Πίνακας 3 Μετρήσεις απορρόφησης των δειγμάτων

Δείγματα	700nm	520nm	460nm
μάρτυρας	0,379±0.009	0,389±0.003	0,419±0.006
φίλτρο με C 1%	0,405±0.007	0,392±0.004	0,411±0.005
φίλτρο με C 2%	0,123±0.006	0,353±0.004	0,376±0.005
φίλτρο με σιλικά 3.3	0,437±0.007	0,348±0.003	0,41±0.003
ζύμωση με C 1%	0,623±0.009	0,382±0.005	0,413±0.004
ζύμωση με C 2%	0,729±0.007	0,428±0.005	0,458±0.004
ζύμωση με καλαμπόκι 3,3%	0,546±0.008	0,464±0.007	0,62±0.005
ζύμωση με καλαμπόκι 6,6%	0,422±0.008	0,36±0.007	0,491±0.005
φίλτρο με καλαμπόκι 1,6%	0,271±0.009	0,307±0.006	0,353±0.006
φίλτρο με καλαμπόκι 3,2%	0,33±0.009	0,317±0.006	0,381±0.006
φίλτρο με μπετονίτη 3,3	0,149±0.007	0,29±0.003	0,344±0.003
φίλτρο με μπετονίτη 6,6%	1,116±0.008	0,385±0.003	0,4±0.003
φίλτρο με σίλικα 6,6%	0,905±0.007	0,554±0.003	0,642±0.003

Τα παραπάνω αποτελέσματα ωστόσο, σύμφωνα με τις μετρήσεις στα 700nm υποδηλώνουν ότι υπήρχε πρόβλημα θολερότητας και επομένως οι μετρήσεις δεν μπορούν να ληφθούν υπόψιν.

9.1 ΥΛΙΚΑ

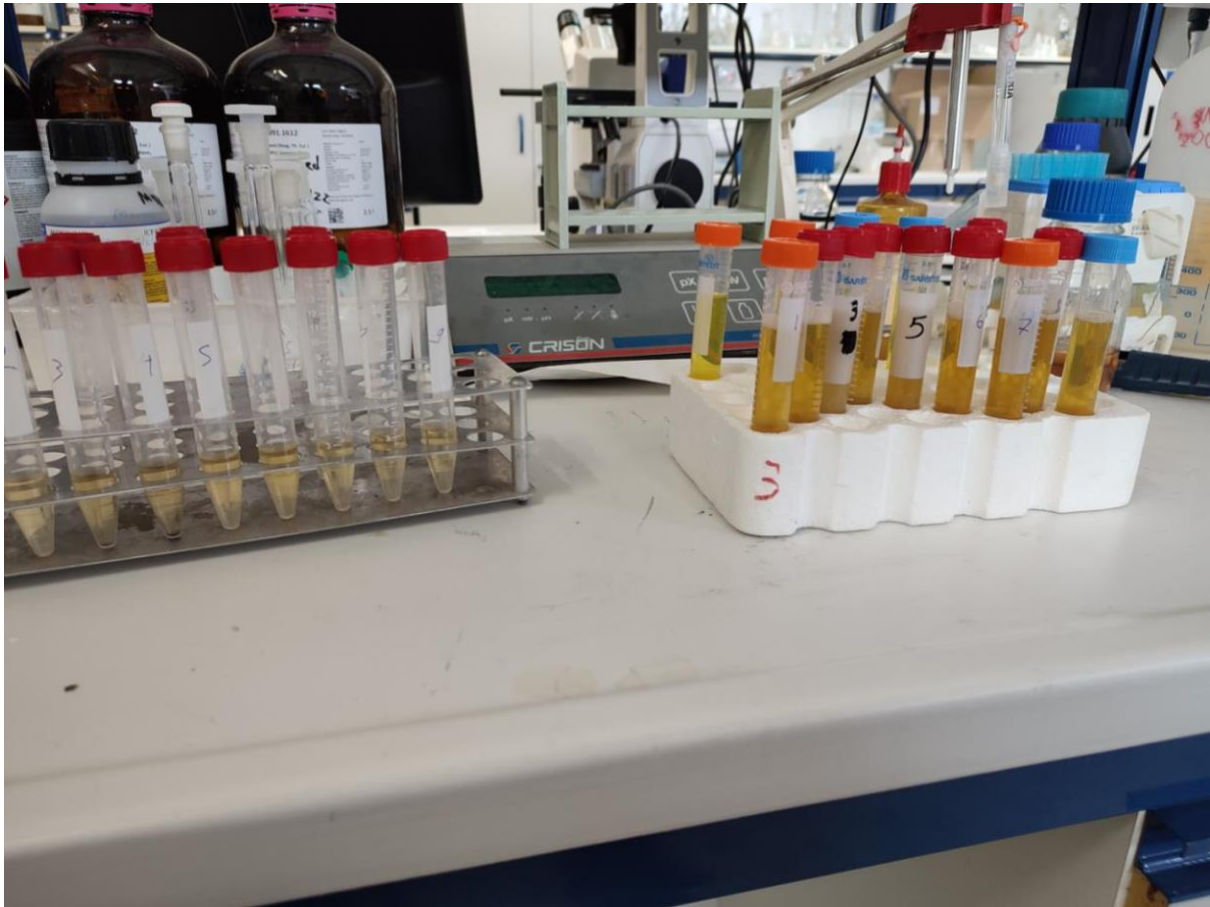
- 550 γραμμάρια βύνη Πίλσνερ
- 275 γραμμάρια σπασμένοι κόκκοι καλαμποκιού
- 4 λίτρα νερό
- Ζύμη Ale
- Food grade ενεργός άνθρακας
- Silica gel
- Μπεντονίτης
- Κοτσάνι καλαμποκιού
- Διηθητικό χαρτί
- Sodium nitroprusside, $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Carbon tetrachloride, ACS grade
- Dimethyl sulfide (highest purity)
- Υδροξείδιο του νατρίου
- Υδροχλωρικό οξύ
- 1 λίτρο μύρα εμπορίου

9.2 ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η επόμενη επανάληψη του πειράματος έγινε σε μύρα εμπορίου προκειμένου να ελαχιστοποιήσουμε τα προβλήματα θολερότητας και επαναλήφθηκε τρεις φορές. Η πρώτη διαδικασία που εφαρμόστηκε ήταν η απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα με ανάδευση της για 30 λεπτά σε μεγάλα δοχεία. Έπειτα έγινε και χρήση Sonicator για 15 λεπτά για καλύτερα αποτελέσματα στο φασματοφωτόμετρο. Ακολούθησε μια διαδικασία εμβολιασμού με 100mg/l DMS και κατεργασία φιλτραρίσματος 50 ml μύρας με μπεντονίτη, ενεργό άνθρακα και SiO_2 σε δυο διαφορετικές συγκεντρώσεις.

15 ml από τα δείγματα μεταφέρθηκαν για φυγοκέντριση σε 3500 στροφές το λεπτό για 30 λεπτά. Ακολούθησε μεταφορά 9 ml από το κάθε ένα, προσεκτικά ώστε να μην γίνει μεταφορά ιζήματος, σε διαφορετικό falcon και προσθήκη 1 ml 0.33% Sodium nitroprusside και 1 ml

10% NaOH σε κάθε δείγμα.



Εικόνα 13 Μετάγγιση δειγμάτων σε καινούρια φάλκον

Σύμφωνα με τις οδηγίες τα δείγματα έμειναν να αντιδράσουν για 30 λεπτά. Ακολούθησε όξυνση με προσθήκη 0,6 ml 6N HCl. Η ίδια διαδικασία έγινε και για τα σάνταρ με συγκεντρώσεις DMS στα 0mg/L, 20mg/L, 42.5mg/L, 85mg/L και 170mg/L. Έπειτα έγιναν οι μετρήσεις στο φασματοφωτόμετρο σε μήκη κύματος 460nm, 520nm και 700nm. Οι μετρήσεις στα 700nm βρέθηκε ότι ήταν σε επιτρεπτά επίπεδα (έως 0.01). Στο πείραμα δεν λήφθηκε υπόψιν ο χρόνος επαφής των υλικών με τη μύρα. Ακολούθησαν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 4 Καινούριες μετρήσεις απορρόφησης σάνταρ

St DMS mg/ L	ADMS 460nm	ADMS 520nm
0	0	0
20		0,059
42,5	0,032	0,147
85		0,298
170		0,48

Πίνακας 5: Νέες απορροφήσεις δειγμάτων

Δείγματα	ADMS 460nm	ADMS 520nm
5% w/v μεντονίτης	0,26±0.0026	0,26±0.0026
10% w/v μεντονίτης	0,286±0.0017	0,268±0.0026
1% w/v ενεργός άνθρακας	0,311±0.0017	0,269±0.0026
2% w/v ενεργός άνθρακας	0,286±0.0026	0,259±0.004
5% w/v Silica gel	0,336±0.0036	0,279±0.0038
10% w/v Silica gel	0,342±0.0026	0,286±0.008
Μάρτυρας	0,293±0.0036	0,29±0.0026

Προκειμένου να γίνει παράληψη της διαδικασίας purging με N₂ για να αφαιρεθεί το κίτρινο χρώμα, έγιναν μετρήσεις στα δείγματα και στο στάδιο πριν την όξυνση, σε μήκη κύματος 460 και 520nm. Από τις μετρήσεις της παραπάνω μεθόδου βγαίνει το corrected A520 DMS με βάση τον τύπο $ADMS=A520- R1*A460 + R1*R2*ADMS$.

Πίνακας 6 Απορροφήσεις στάνταρ προ όξυνσης

St DMS mg/ L	ADMS 460nm*	ADMS 520nm*
0	0	0
20	0,012	0,059
42,5	0,032	0,147
85	0,065	0,298
170	0,1	0,48

Πίνακας 7: Απορροφήσεις δειγμάτων προ όξυνσης

Οι

Δείγματα	ADMS 460nm*	ADMS 520nm*
5% w/v μεντονίτης	0,22±0,0026	0,084±0,002
10% w/v μπεντονίτης	0,25±0,0017	0,12±0,0032
1% w/v ενεργός άνθρακας	0,3±0,0017	0,14±0,0026
2% w/v ενεργός άνθρακας	0,32±0,0026	0,25±0,0026
5% w/v Silica gel	0,3±0,0036	0,08±0,0036
10% w/v Silica gel	0,33±0,0026	0,12±0,0042
Μάρτυρας	0,3±0,0036	0,025±0,0003

παράγοντες R βγαίνουν παρακάτω:

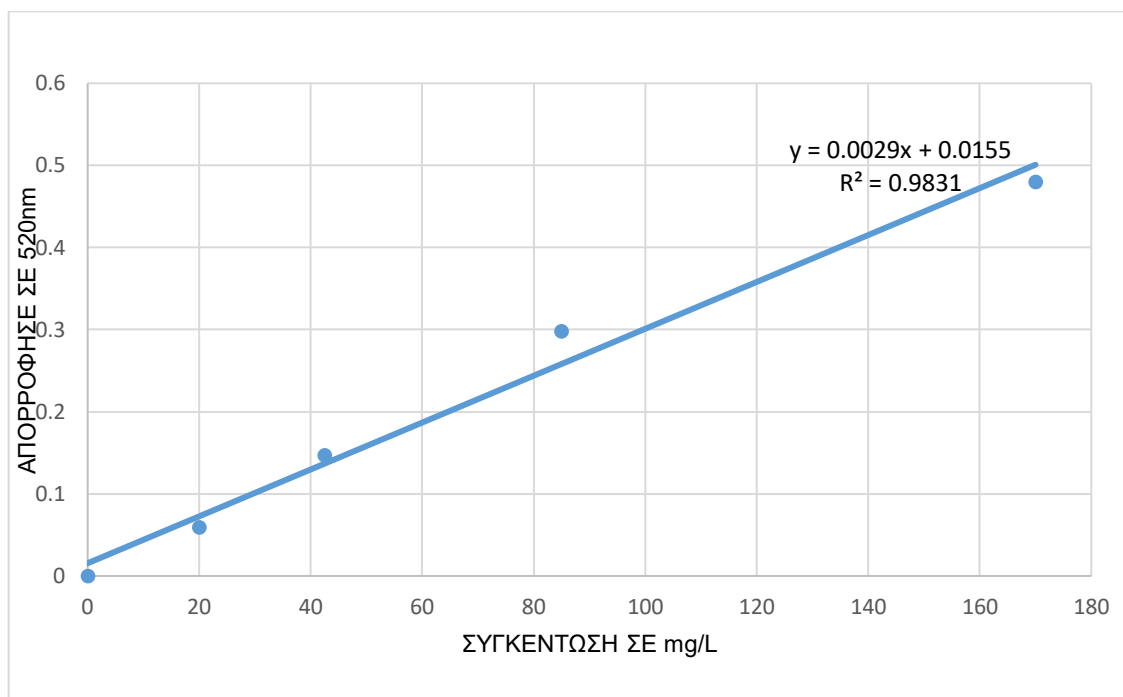
Πίνακας 8 Παράγοντες R

R1 5% μεντονίτης	ADMS 520*nm/ ADMS 460*nm	0,3818±0,0136
R1 10% μπεντονίτης	ADMS 520*nm/ ADMS 460*nm	0,4800±0.0128
R1 1% ενεργός άνθρακας	ADMS 520*nm/ ADMS 460*nm	0,4667±0.007
R1 2% ενεργός άνθρακας	ADMS 520*nm/ ADMS 460*nm	0,7813±0.0031
R1 5% Silica gel	ADMS 520*nm/ ADMS 460*nm	0,2667±0.001
R1 10% Silica gel	ADMS 520*nm/ ADMS 460*nm	0,3636±0.0122
Μάρτυρας	ADMS 520*nm/ ADMS 460*nm	0,0833±0.0003
R2	A460nmDMS/A520 nm DMS	0,22

Πίνακας 9: Διορθωμένες μετρήσεις δειγμάτων

Δείγματα	Corrected ADMS 520nm
5% w/v μπεντονίτης	0,1825±0.0036
10% w/v μπεντονίτης	0,1590±0.0017
1% w/v ενεργός άνθρακας	0,1514±0.001
2% w/v ενεργός άνθρακας	0,08±0.0031
5% w/v Silica gel	0,2057±0.0023
10% w/v Silica gel	0,1845±0.0128
Μάρτυρας	0,2709±0.0023

Παρακάτω βλέπουμε το διάγραμμα των Standard από το οποίο βγαίνει και η εξίσωση της απορρόφησης y .



Διάγραμμα 1 Calibration curve

Τα ποσοστά προσρόφησης προκύπτουν από την εξίσωση του y σε σχέση με την διορθωμένη απορρόφηση A520 DMS και μπορούν να βρεθούν παρακάτω.

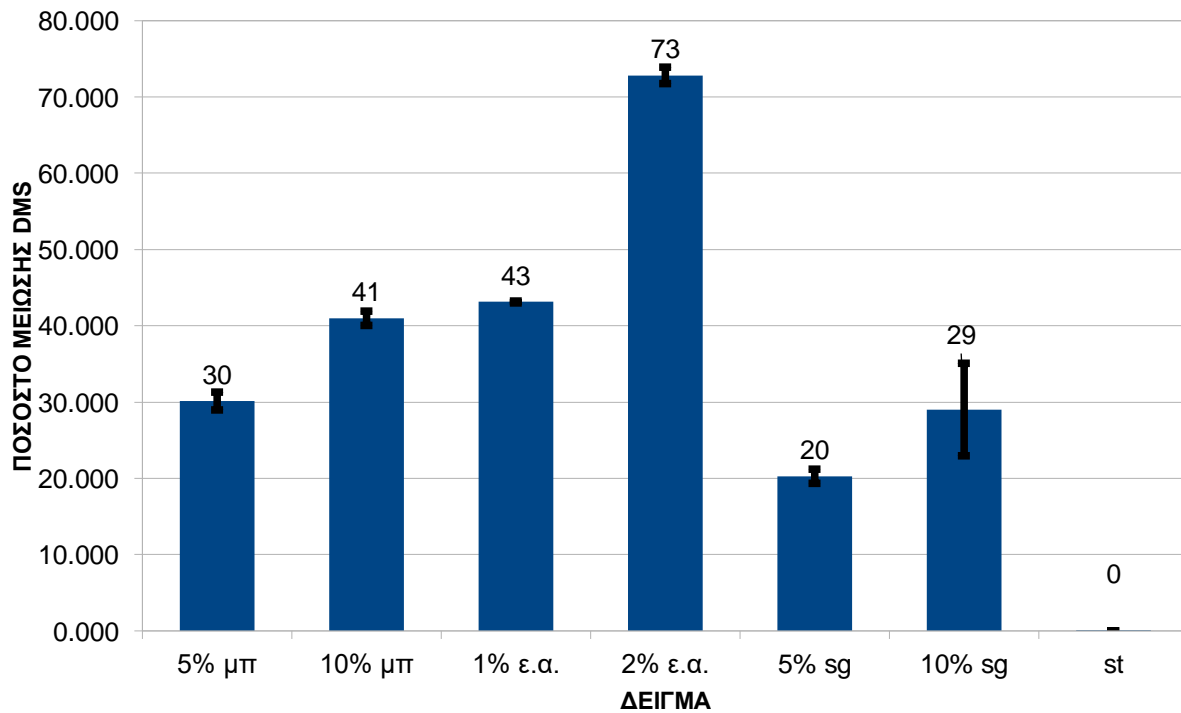
Πίνακας 10 Τελική συγκέντρωση DMS

Δείγματα	Συγκέντρωση DMS σε mg/L
5% w/v μεντονίτης	57,61±1.25
10% w/v μπεντονίτης	48.65±0.57

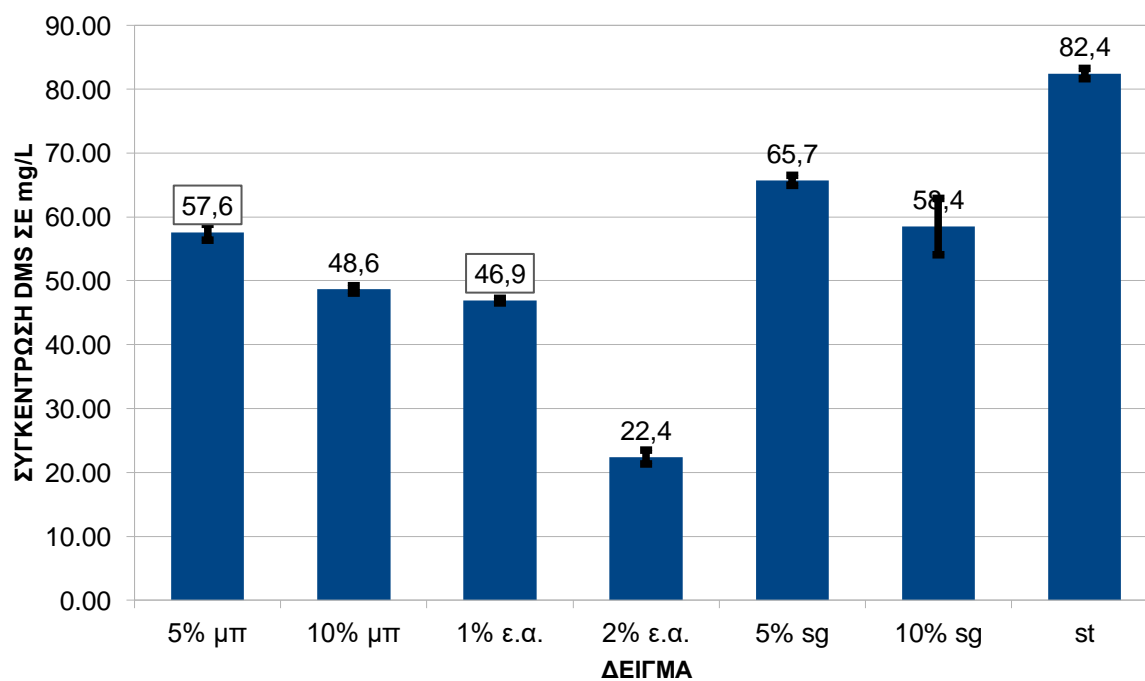
1% w/v ενεργός άνθρακας	46,89±0.36
2% w/v ενεργός άνθρακας	22,4±1.08
5% w/v Silica gel	65,7.±0.78
10% w/v Silica gel	58,49±4.41
Μάρτυρας	82.45±0.8

Πίνακας 11: Ποσοστιαία μείωση DMS

Δείγματα	% μείωση
5% w/v μεντονίτης	30,141±1.16
10% w/v μεντονίτης	40,989±0.93
1% w/v ενεργός άνθρακας	43,127±0.12
2% w/v ενεργός άνθρακας	72,836±1.07
5% w/v Silica gel	20,278±0.92
10% w/v Silica gel	29,027±6.06
Μάρτυρας	0,004±0.002



Διάγραμμα 2 Ποσοστό προσρόφησης του DMS.



Διάγραμμα 3 Συγκέντρωση DMS

Από τα παραπάνω μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι υπάρχει ιδιαίτερη μείωση της συγκέντρωσης του DMS στο δείγμα που έγινε χρήση ενός γραμμαρίου ενεργού άνθρακα.

9.3 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Η μύρα καλαμποκιού είναι ένα παραδοσιακό αλκοολούχο ποτό που καταναλώνεται ευρέως σε πολλά μέρη του κόσμου, ιδιαίτερα στη Λατινική Αμερική και την Αφρική. Παρασκευάζεται με ζύμωση καλαμποκιού και η παραγωγή του χρονολογείται από την προκολομβιανή εποχή, έχει ξεχωριστή γεύση και άρωμα, τα οποία επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες, όπως η ποικιλία του καλαμποκιού που χρησιμοποιείται, η διαδικασία ζύμωσης και η παρουσία διαφόρων αρωματικών ενώσεων. Το διμεθυλοσουλφίδιο (DMS) είναι μια ένωση που περιέχει θείο που υπάρχει φυσικά σε πολλούς κόκκους, συμπεριλαμβανομένου του καλαμποκιού. Το DMS έχει ένα χαρακτηριστικό άρωμα που έχει περιγραφεί ως θειούχο, σαν λάχανο ή σαν μαγειρεμένο καλαμπόκι. Στη βιομηχανία ζυθοποιίας, το DMS θεωρείται ένωση αλλοίωσης επειδή μπορεί να προκαλέσει δυσάρεστες γεύσεις και αρώματα στην μύρα. Ωστόσο, πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι το DMS μπορεί επίσης να συμβάλει στο επιθυμητό άρωμα και γεύση της μύρας όταν υπάρχει σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Επιπλέον, η ανάλυση της χημικής σύστασης δειγμάτων μύρας αποκάλυψε ότι το DMS είχε θετική επίδραση στην παραγωγή ορισμένων αρωματικών ενώσεων, όπως το διακετύλιο και η 2,3-βουτανοδιόνη, που είναι γνωστό ότι συμβάλλουν στις βουτυρώδεις και ξηρούς καρπούς. Υπάρχει μια σημαντική ποσότητα βιβλιογραφίας διαθέσιμη για το θέμα του DMS και της μύρας καλαμποκιού. Ενώ οι πηγές παρουσιάζουν διαφορετικές προοπτικές, γενικά συμφωνούν ότι το DMS είναι ουσιαστικός παράγοντας στη γεύση και το άρωμα της μύρας καλαμποκιού και ότι ο έλεγχος των επιπέδων του κατά τη διαδικασία παρασκευής είναι κρίσιμος για τη διασφάλιση ενός προϊόντος υψηλής ποιότητας. Ενώ η βιβλιογραφία παρουσιάζει διαφορετικές προοπτικές σχετικά με τον ρόλο του DMS στην μύρα, είναι σαφές ότι οι ζυθοποιοί θα πρέπει να εξετάσουν μια σειρά παραγόντων για να καθορίσουν την καλύτερη προσέγγιση για το συγκεκριμένο σενάριο ζυθοποιίας τους.

Σύμφωνα με το πείραμα, γίνεται αντιληπτό ότι είναι εφικτό να απομακρύνουμε το DMS με προσρόφηση κατά το φιλτράρισμα της μύρας (στην πιθανότητα όπου δεν είναι εφικτή η απομάκρυνση του με άλλες μεθόδους). Ο ενεργός άνθρακας σε ποσοστό 2% w/v δείχνει τα πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα, με ποσοστό μείωσης του DMS κατά 72,83% στις συνθήκες του πειράματος.

Επομένως η μείωση του DMS μπορεί να γίνει και μέσω της διαδικασίας διήθησης - φιλτραρίσματος εκτός από την χρήση συστήματος διοχέτευσης θερμού αέρα ή τροποποίησης των χρόνων βρασμού της διαδικασίας παραγωγής. Θα πρέπει όμως να γίνουν επιπλέον πειράματα σε γκάμα συγκεντρώσεων που είναι πιο κοντά σε αυτές των ζύθων, καθώς επίσης να γίνουν και επιπλέον μετρήσεις των χαρακτηριστικών των ζύθων (π.χ. οργανοληπτικός έλεγχος, πτητικές ουσίες, χρώμα,

θολερότητα, pH, οξύτητα, αλκοόλη, κ.α.) πριν και μετά την επεξεργασία για να διαπιστωθεί η επίδραση των υλικών κατεργασίας στην σύσταση και την ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Απαιτείται περαιτέρω έρευνα για τη βελτιστοποίηση της συγκέντρωσης DMS και των συνθηκών ζύμωσης, προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό προφίλ γεύσης, αποφεύγοντας παράλληλα τις δυσάρεστες γεύσεις και άλλες αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα της μπύρας. Επιπλέον, θα ήταν ενδιαφέρον να διερευνηθούν τα πιθανά οφέλη για την υγεία του DMS στην μπύρα, καθώς ορισμένες μελέτες έχουν προτείνει ότι οι ενώσεις που περιέχουν θείο μπορεί να έχουν αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες. Αυτό θα μπορούσε να είναι ένας πολύτιμος τομέας έρευνας τόσο για τη βιομηχανία ζυθοποιίας όσο και για την επιστημονική κοινότητα.

Μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να εξετάσουν τον αντίκτυπο του DMS σε άλλους τύπους μπύρας, όπως η μπύρα ρυζιού ή η μπύρα σίτου. Επιπλέον, θα μπορούσαν να διεξαχθούν μελέτες για την αξιολόγηση της αισθητηριακής επίδρασης του DMS στους καταναλωτές και πώς επηρεάζει την αντίληψή τους για τη συνολική ποιότητα της μπύρας. Επιπλέον, μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να διερευνήσουν τον αντίκτυπο διαφορετικών συνθηκών ζυθοποιίας στην παραγωγή DMS, όπως η χρήση διαφορετικών στελεχών ζύμης ή η προσθήκη ορισμένων ποικιλιών λυκίσκου. Τέλος, η έρευνα θα μπορούσε να διερευνήσει πώς η διαδικασία παρασκευής μπορεί να τροποποιηθεί για να παραχθεί μπύρα με σταθερά επίπεδα DMS και πώς το DMS θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στρατηγικά από τους ζυθοποιούς για να δημιουργήσουν μοναδικά προφίλ γεύσης στην μπύρα τους. η χρήση του DMS στην παραγωγή μπύρας καλαμποκιού θα μπορούσε να είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για τη βελτίωση της αισθητηριακής ποιότητας και της εμπορικής του αξίας.

Σε ό,τι έχει να κάνει με τις μεθόδους βελτιστοποίησης της διαχείρισης μιας καλλιέργειας καλαμποκιού στη ζυθοποιία αλλά και όχι μόνο θα μπορούσε να μας βοηθήσει ο παρακάτω πίνακας ο οποίος αναφέρεται στις οποιεσδήποτε πιθανές διαδικασίες μετά τη συλλογή των καλαμποκιών και του διαχωρισμού των σπόρων από το κοτσάνι.

Πίνακας 12 Τρόποι διαχείρισης

Σπόροι	Κοτσάνια
Βυνοπίηση και να χρήση τους στη παραγωγή αλκοολούχων ποτών	Παραγωγή φουρφουράλης για παραγωγή νάιλον, πλαστικών κ.α.
Διαχωρισμός του εμβρύου για παραγωγή λαδιού	Μετατροπή κυτταρινών και αμύλου από την παραγωγή φουρφουράλης με χρήση θειικού οξέος σε σε σάκχαρα
Παραγωγή ζωοτροφών	Χρήση τους για ζύμωση και παραγωγή αλκοόλης προς απόσταξη
Παραγωγή νιφάδων καλαμποκιού	Παραγωγή βιοκαυσίμων
	Παραγωγή στρωμνής ζώων
	Παραγωγή πέλετ για καύση

Έτσι γίνεται αισθητό το εύρος χρήσεως του καλαμποκιού και η σημασία του για τον τομέα της παραγωγής καθώς εκτός από την παραγωγή τροφίμων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την παραγωγή δομικών υλικών, καυσίμων αλλά και ως στρωμνή ζώων πολύ καλή στην απορρόφηση οσμών. Είναι σημαντικό να χρησιμοποιούμε πλήρως όλα όσα παράγουμε στο μέγιστο και να μειώνουμε τα απόβλητα για το καλό του πλανήτη.

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το DMS είναι ένας σημαντικός παράγοντας στο άρωμα και τη γεύση της μύρας καλαμποκιού. Τα επίπεδα DMS στην μύρα καλαμποκιού επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες, όπως ο τύπος του καλαμποκιού που χρησιμοποιείται, η διαδικασία παρασκευής και οι συνθήκες ζύμωσης. Ωστόσο, τα υψηλά επίπεδα DMS μπορεί να είναι επιζήμια για τη συνολική ποιότητα της μύρας καλαμποκιού και ότι οι ζυθοποιοί πρέπει να το προσέχουν κατά τη διαδικασία παρασκευής. Ο έλεγχος των επιπέδων DMS στην μύρα καλαμποκιού είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση ενός προϊόντος υψηλής ποιότητας. Ως εκ τούτου, οι ζυθοποιοί θα πρέπει να λαμβάνουν μέτρα για τη μείωση της παραγωγής DMS κατά τη διαδικασία παρασκευής, όπως η χρήση φρέσκου καλαμποκιού, η προσαρμογή της θερμοκρασίας και του pH παρασκευής και η παράταση του χρόνου βρασμού. Επιπλέον, η μελέτη υπογραμμίζει την ανάγκη για περισσότερη έρευνα σχετικά με τον αντίκτυπο του DMS σε άλλους τύπους μύρας και πώς μπορεί να τροποποιηθεί η διαδικασία παρασκευής για να παραχθεί μύρα με σταθερά επίπεδα DMS.

Μέσω του πειράματος γίνεται αντιληπτό ότι είναι εφικτό να απομακρύνουμε το DMS με προσρόφηση κατά το φιλτράρισμα της μύρας. Αξίζει βέβαια να σημειωθεί ότι δεν μελετήθηκε ο χρόνος επαφής μεταξύ των υλικών. Παρά το γεγονός αυτό, ο ενεργός άνθρακας, στις συνθήκες διεξαγωγής του πειράματος, σε ποσοστό 2%w/v δείχνει τα πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα, με ποσοστό μείωσης 72,83%. Ενώ, σε συγκέντρωσή του 1% w/v παρουσιάζει μείωση 43,12%. καταλαμβάνει έτσι τις δύο πρώτες θέσεις ως προς την ικανότητα προσρόφησης του DMS. Κατά επέκταση η χρήση του, έστω και τουλάχιστον σε ένα μικρότερο ποσοστό μαζί με τα άλλα υλικά για το φιλτράρισμα της μύρας θα μπορούσε να ελαττώσει το DMS σε μη αισθητά επίπεδα. Βελτιώνοντας έτσι τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της μύρας, με κίνδυνο όμως να μειώσει τα υπόλοιπα αρωματικά συστατικά της μύρας και το χρώμα. Μία επιπλέον παρατήρηση που αξίζει να σημειωθεί, είναι ότι τα δείγματα που επεξεργάστηκαν με ενεργό άνθρακα είχαν οπτικά πιο ανοιχτό χρώμα σε σχέση με τα υπόλοιπα. Δεύτερος σε απόδοση ήταν ο μπεντονίτης σε συγκεντρώσεις 5% w/v και 2,5%w/v με μειώσεις DMS κατά 40,98% και 30,14% αντίστοιχα. Τρίτο σε απόδοση ήταν το Silica gel, όπου σε συγκεντρώσεις 5% w/v και 2,5%w/v έδωσε μείωση 29% και 20,27% αντίστοιχα.

Επομένως η μείωση του DMS μπορεί να γίνει και μέσω της διαδικασίας διήθησης - φιλτραρίσματος χρησιμοποιώντας έστω και σε ένα μικρό ποσοστό ενεργό άνθρακα εκτός από την χρήση συστήματος διοχέτευσης θερμού αέρα ή τροποποίησης των χρόνων βρασμού της διαδικασίας παραγωγής. Η μέθοδος αυτή μπορεί να γλιτώσει το κόστος της διαδικασίας αυτής αλλά και να μειώσει τον χρόνο παραγωγής. Κατά επέκταση προσφέροντας την δυνατότητα και πιθανότητα αύξησης των κερδών

μιας επιχείρησης. Απαιτούνται όμως επιπλέον δοκιμές για τη διαπίστωση της συνολικής επίδρασης στη σύσταση και τα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος.

Βιβλιογραφία

Anda RF, Whitfield CL, Felitti VJ, Chapman D, Edwards VJ, Dube SR, Williamson DF, 2002, Adverse childhood experiences, alcoholic parents, and later risk of alcoholism and depression. *Psychiatr Serv.*

Anness, B.J., 1980. The reduction of dimethyl sulphoxide to dimethyl sulphide during fermentation. *J. Inst. Brew.* 86, 134–137.

Anness, B.J., Bamforth, C.W., 1982. DIMETHYL SULPHIDE-A REVIEW. *J. Inst. Brew.* 88, 244–252. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1982.tb04101.x>

Anness, B.J., Bamforth, C.W., Wainwright, T., 1979. The measurement of dimethyl sulphoxide in barley and malt and its reduction to dimethyl sulphide by yeast. *J. Inst. Brew.* 85, 346–349.

Baldus, M., 2019. The redox behavior of dimethyl sulfide and dimethyl sulfoxide in malting and brewing.

Baldus, M., Klie, R., Biermann, M., Kreuschner, P., Hutzler, M., Methner, F.J., 2018. On the behaviour of dimethyl sulfoxide in the brewing process and its role as dimethyl sulfide precursor in beer. *BrewingScience* 71, 1–11.

Baldus, M., Kunz, T., Methner, F.-J., 2013. The analysis of dimethyl sulfoxide in malt, wort and beer using headspace gas chromatography combined with pulsed flame photometric detection (HS-GC-PFPD) - Methodology and applications. *BrewingScience* 66, 154–161.

Bamforth, C.W., 2014. Dimethyl sulfide—significance, origins, and control. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 72, 165–168.

Bamforth, C.W., Anness, B.J., 1981. The Role of Dimethyl Sulphoxide Reductase in the Formation of Dimethyl Sulphide During Fermentations. *J. Inst. Brew.* 87, 30–34. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1981.tb03981.x>

Banerjee, H., Goswami, R., Chakraborty, S., Dutta, S., Majumdar, K., Satyanarayana, T., Jat, M.L., Zingore, S., 2014. Understanding biophysical and socio-economic determinants of maize (*Zea mays* L.) yield variability in eastern India. *NJAS - Wagening. J. Life Sci.* 70–71, 79–93. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2014.08.001>

Bar-Tal, A., Saha, U.K., Raviv, M., Tuller, M., 2019. Inorganic and synthetic organic components of soilless culture and potting mixtures, in: *Soilless Culture*. Elsevier, pp. 259–301.

Beer | Definition, History, Types, Brewing Process, & Facts | Britannica [WWW Document], 2023. URL <https://www.britannica.com/topic/beer> (accessed 4.2.23).

Bierman, P.M., Rosen, C.J., Venterea, R.T., Lamb, J.A., 2012. Survey of nitrogen fertilizer use on corn in Minnesota. *Agric. Syst.* 109, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.02.004>

- Bills, D.D., Keenan, T.W., 1968. Dimethyl sulfide and its precursor in sweet corn. *J. Agric. Food Chem.* 16, 643–645.
- Booer, C.D., Wilson, R.J.H., 1979. Synthesis of dimethyl sulphide during fermentation by a route not involving the heat-labile DMS precursor of malt. *J. Inst. Brew.* 85, 35–37.
- Böttcher, M.E., 2011. Sulfur Cycle, in: Reitner, J., Thiel, V. (Eds.), *Encyclopedia of Geobiology, Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 859–864. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9212-1_200
- Brewing Beer With Corn (Maize) - History and Technique, 2018. . Wine Mak. Beer Brew. Blog - Adventures Homebrewing. URL <https://blog.homebrewing.org/brewing-beer-with-corn-maize/> (accessed 4.2.23).
- Briggs, D.E., Brookes, P.A., Stevens, R., Boulton, C.A., 2004. *Brewing: science and practice*. Woodhead Publishing.
- Buttery, R.G., Ling, L.C., Stern, D.J., 1997. Studies on Popcorn Aroma and Flavor Volatiles. *J. Agric. Food Chem.* 45, 837–843. <https://doi.org/10.1021/jf9604807>
- Campbell Franklin Limda, 2013, "Corn," in Andrew F. Smith (ed.), *The Oxford Encyclopedia of Food and Drink in America*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press,
- Cooper, J. (1992) «Λεξικό συμβόλων», Εκδόσεις Πύρινος Κόσμος, Αθήνα, σελ. 39-41
- Danalatos, N., Archontoulis, S.V., Tsiboukas, K., 2009. comparative analysis of sorghum vs corn growing under optimum and under water/nitrogen limited conditions in central Greece.
- David Collins, 2004. *An Account of the English Colony in New South Wales, Volume 1*, The Project Gutenberg.
- Day, E.A., Lindsay, R.C., Forss, D.A., 1964. Dimethyl Sulfide and the Flavor of Butter. *J. Dairy Sci.* 47, 197–199. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(64\)88619-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(64)88619-7)
- De Rouck, G., Flores-Gonzalez, A., De Clippeleer, J., De Cock, J., De Cooman, L., Aerts, G., 2010. Sufficient formation and removal of dimethyl sulfide (DMS) without classic wort boiling. *BrewingScience* 63, 31–40.
- Deepak, T.S., Jayadeep, P.A., 2022. Prospects of Maize (Corn) Wet Milling By-Products as a Source of Functional Food Ingredients and Nutraceuticals. *Food Technol. Biotechnol.* 60, 109–120. <https://doi.org/10.17113/ftb.60.01.22.7340>
- Department of Agriculture, Grain Inspection, Packers & Stockyards Administration, Commodity Image Gallery: White Dent Corn Archived 2013-12-16 at the Wayback Machine . 2012
- Dickenson, C.J., 1979. Identification of the dimethyl sulphide precursor in malt. *J. Inst. Brew.* 85, 329–333.

Dodd, W.A., Cossins, E.A., 1970. Homocysteine-dependent transmethylases catalyzing the synthesis of methionine in germinating pea seeds. *Biochim. Biophys. Acta BBA-Gen. Subj.* 201, 461–470.

Dufour, J.P., Dejaeger, B., 1987. Role of the Methyltransferase Activity in the Synthesis of 5-methylmethionine (dms Precursor) During Germination and Kilning. *Inst. Brew. J.* 93, 158.

Duvick, D.N., 2005. The Contribution of Breeding to Yield Advances in maize (*Zea mays* L.), in: *Advances in Agronomy*. Academic Press, pp. 83–145. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)86002-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)86002-X)

Elbert C. Lathrop A., Corncoobs Enter Industry ^BOUT 200 000 tons of corncoobs were put to interesting and profitable industrial uses during | Course Hero [WWW Document], n.d, URL <https://www.coursehero.com/file/196639217/PDFpdf/> (accessed 4.4.23).

Erickson, D.R., 1995. Bleaching/adsorption treatment, in: *Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization*. Elsevier, pp. 203–217.

Eumann, M., 2006. Water in brewing, in: *Brewing*. Elsevier, pp. 183–207.

Farrant Theo, 2022, Oktoberfest 2022 in pictures: Germany's booziest folk festival returns. [Euronews.com](https://www.euronews.com)

Furukawa Suárez, A., Kunz, T., Cortés Rodríguez, N., MacKinlay, J., Hughes, P., Methner, F.-J., 2011. Impact of colour adjustment on flavour stability of pale lager beers with a range of distinct colouring agents. *Food Chem.* 125, 850–859. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.070>

García-Lara, S., Serna-Saldivar, S.O., 2019. Chapter 1 - Corn History and Culture, in: Serna-Saldivar, S.O. (Ed.), *Corn (Third Edition)*. AACC International Press, Oxford, pp. 1–18. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00001-2>

Gibson, R.M., Large, P.J., Bamforth, C.W., 1985. The use of radioactive labelling to demonstrate the production of dimethyl sulphide from dimethyl sulphoxide during fermentation of wort. *J. Inst. Brew.* 91, 397–400.

GRIGSBY J.H. and S. R. PALAMAND, A Colorimetric Procedure for the Measurement of Dimethyl Sulfide in Water, Wort, and Beer¹, Technical Center, Anheuser-Busch, Inc., St. Louis, July 24, 1976.

Grumezescu, A., Holban, A.M., 2019. *Bottled and Packaged Water: Volume 4: The Science of Beverages*. Woodhead Publishing.

Hansen, J., 1999. Inactivation of MXR1 abolishes formation of dimethyl sulfide from dimethyl sulfoxide in *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl. Environ. Microbiol.* 65, 3915–3919.

Hawksworth, D.L., 2017. Book News. *IMA Fungus* 8, A29–A34. <https://doi.org/10.1007/BF03449432>

- He, Y., Cao, Y., Chen, S., Ma, C., Zhang, D., Li, H., 2018. Analysis of flavour compounds in beer with extruded corn starch as an adjunct. *J. Inst. Brew.* 124, 9–15. <https://doi.org/10.1002/jib.474>
- Hornsey, I. S. (2003). *A history of beer and brewing* (Vol. 34). Royal Society of Chemistry.
- Hudson, O.P., 1986. Malting technology. *J. Inst. Brew.* 92, 115–122.
- Hyde, W.R., Brookes, P.A., 1978. Malt quality in relation to beer quality. *J. Inst. Brew.* 84, 167–174.
- Hysert, D.W., Weaver, R.L., Morrison, N.M., 1980. The origin and control of dimethyl sulfide and its precursor in malt. *Tech. Q.-Master Brew. Assoc. Am. USA.*
- Iltis, H.H., Doebley, J.F., 1980. Taxonomy of *Zea* (gramineae). Ii. Subspecific Categories in the *Zea Mays* Complex and a Generic Synopsis. *Am. J. Bot.* 67, 994–1004. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1980.tb07731.x>
- Jackson, R.S., 2014. Postfermentation treatments and related topics. *Wine Sci.* 535–676.
- Jørgensen, B.B., Kasten, S., 2006. Sulfur Cycling and Methane Oxidation, in: Schulz, H.D., Zabel, M. (Eds.), *Marine Geochemistry*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 271–309. https://doi.org/10.1007/3-540-32144-6_8
- Jørgensen, B.B., Nelson, D.C., 2004. Sulfide oxidation in marine sediments: Geochemistry meets microbiology, in: Amend, J.P., Edwards, K.J., Lyons, T.W. (Eds.), *Sulfur Biogeochemistry - Past and Present*. Geological Society of America, p. 0. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2379-5.63>
- Khoo He, 1992. [Occurrence, contents, and importance of constituents of fruits and vegetables. 9: Carotenoids of leafy vegetables, cabbages, beans, peas and cucurbits]. [German]. *Ind. Obst Gemueseeverwertung*.
- Kaźmierczak, J., Nowicki, P., Pietrzak, R., 2013. Sorption properties of activated carbons obtained from corn cobs by chemical and physical activation. *Adsorption* 19, 273–281.
- Kerenyi, K. (1984) «Η μυθολογία των Ελλήνων», Βιβλιοπωλείον της Εστίας, 3η έκδοση, Αθήνα
- King, D.J., Searcy, M.T., Yost, C.L., Waller, K., 2017. Corn, Beer, and Marine Resources at Casas Grandes, Mexico: An Analysis of Prehistoric Diets Using Microfossils Recovered from Dental Calculus. *J. Archaeol. Sci. Rep.* 16, 365–379. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.10.013>
- Kishnani, P., 2020. Effect of Floor Germination Temperature on Dimethyl Sulphide Precursors Present in Malt and Sensory Characteristics of Beer.
- Krohn, T.C., Hansen, A.K., 2008. Evaluation of corncob as bedding for rodents. *Scand. J. Lab. Anim. Sci.* 35, 231–236.
- Kunze, W., 2004. *Brewing malting*. Vlb Berl. 18–152.

Lafontaine, S., Senn, K., Dennenlöhner, J., Schubert, C., Knoke, L., Maxminer, J., Cantu, A., Rettberg, N., Heymann, H., 2020a. Characterizing volatile and nonvolatile factors influencing flavor and American consumer preference toward nonalcoholic beer. *ACS Omega* 5, 23308–23321.

Lafontaine, S., Senn, K., Knoke, L., Schubert, C., Dennenlöhner, J., Maxminer, J., Cantu, A., Rettberg, N., Heymann, H., 2020b. Evaluating the Chemical Components and Flavor Characteristics Responsible for Triggering the Perception of “Beer Flavor” in Non-Alcoholic Beer. *Foods* 9, 1914.

Leemans, C., Dupire, S., Macron, J.Y., 1993. Relation between wort DMSO and DMS concentration in beer. *Proc Eur Brew Conv Congr Oslo* 709–716.

Liu, K., Rosentrater, K.A. (Eds.), 2011. *Distillers Grains: Production, Properties, and Utilization*. AOCS Publishing, New York. <https://doi.org/10.1201/b11047>

Lindeboom, Nienke & Chang, Peter & Tyler, Robert. (2004). Analytical, Biochemical and Physicochemical Aspects of Starch Granule Size, with Emphasis on Small Granule Starches: A Review. *Starch - Stärke*. 56. 89 - 99. [10.1002/star.200300218](https://doi.org/10.1002/star.200300218).

Luo, L., van der Voet, E., Huppes, G., 2009. An energy analysis of ethanol from cellulosic feedstock–Corn stover. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 13, 2003–2011. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.01.016>

Mahajan, S., 2001. *Encyclopedia of materials: science and technology*. Spoj. Král. Pergamon.

Maizlish, N., Beaumont, J., Singleton, J., 1988. Mortality among California highway workers. *Am. J. Ind. Med.* 13, 363–379. <https://doi.org/10.1002/ajim.4700130306>

Marcinkowska, M.A., Jeleń, H.H., 2022. Role of Sulfur Compounds in Vegetable and Mushroom Aroma. *Molecules* 27, 6116. <https://doi.org/10.3390/molecules27186116>

Masuda, M., NISHIMURA, K.-I.-C., 1982. Changes in volatile sulfur compounds of whisky during aging. *J. Food Sci.* 47, 101–105.

MBAA TQ - Flavor chemistry of beer: part ii: flavour and threshold of 239 aroma volatiles. [WWW Document], n.d. URL <https://www.mbaa.com/publications/tq/tqPastIssues/1975/Abstracts/tq75ab19.htm> (accessed 4.4.23).

McGorin, R.J., 2011. The Significance of Volatile Sulfur Compounds in Food Flavors, in: *Volatile Sulfur Compounds in Food*, ACS Symposium Series. American Chemical Society, pp. 3–31. <https://doi.org/10.1021/bk-2011-1068.ch001>

Mesnage, R., Agapito-Tenfen, S.Z., Vilperte, V., Renney, G., Ward, M., Seralini, G.-E., Nodari, R.O., Antoniou, M.N., 2016. An integrated multi-omics analysis of the NK603 Roundup-tolerant GM maize reveals metabolism disturbances caused by the transformation process. *Sci. Rep.* 6, 37855. <https://doi.org/10.1038/srep37855>

Mierczynska-Vasilev, A., Kulcsar, A., Dabare, P., Vasilev, K., Bekker, M., 2022. Novel surface nanoengineering technology for the removal of sulfur compounds associated with negative attributes in wines.

- Minnis, P.E., Whalen, M.E., 2015. Ecology and food economy. *Anc. Paquimé Casas Gd. World* 41–57.
- Miranda, M.T., Sepúlveda, F.J., Arranz, J.I., Montero, I., Rojas, C.V., 2018. Analysis of pelletizing from corn cob waste. *J. Environ. Manage.* 228, 303–311. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.105>
- Mudd, S.H., Datko, A.H., 1990. The S-methylmethionine cycle in *Lemna paucicostata*. *Plant Physiol.* 93, 623–630.
- Müller, C., Kleinwächter, M., Selmar, D., Methner, F.J., 2014. The influence of elevated germination temperatures on the resulting malt quality and malting losses. *BrewingScience–Monatsschrift Für Brauwiss.* 67, 18–25.
- Narziss, L., Back, W., 2009. *Die Bierbrauerei*. John Wiley & Sons.
- Nevitt, G.A., Veit, R.R., Kareiva, P., 1995. Dimethyl sulphide as a foraging cue for Antarctic Procellariiform seabirds. *Nature* 376, 680–682. <https://doi.org/10.1038/376680a0>
- Nelson Max, Editors Mark Patterson · Nancy Hoalst-Pullen Editors 2014. *The Geography of Beer Regions, Environment, and Societies*, Springer Dordrecht Heidelberg New York London, pp 9-23
- Niefind, H.J., Späth, G., 1975. Some Aspects of the Formation of Dimethyl Sulfide through Brewer's Yeast and Beer Spoilage Microorganisms, in: *Proceedings. Annual Meeting-American Society of Brewing Chemists*. Taylor & Francis, pp. 54–58.
- Ormerod, R.M., 2003. Chapter 12 - Fuels and Fuel Processing, in: Singhal, S.C., Kendall, K. (Eds.), *High Temperature and Solid Oxide Fuel Cells*. Elsevier Science, Amsterdam, pp. 333–361. <https://doi.org/10.1016/B978-185617387-2/50029-5>
- Panesar, P.S., Marwaha, S.S., Chopra, H.K., 2010. *Enzymes in Food Processing: Fundamentals and Potential Applications*. I. K. International Pvt Ltd.
- Panoutsou, C., Namatov, I., Lychnaras, V., Nikolaou, A., 2008. Biodiesel options in Greece. *Biomass Bioenergy* 32, 473–481. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.11.011>
- Papastergiou, A., Papadopoulou-Mourkidou, E., 2001. Occurrence and Spatial and Temporal Distribution of Pesticide Residues in Groundwater of Major Corn-Growing Areas of Greece (1996–1997). *Environ. Sci. Technol.* 35, 63–69. <https://doi.org/10.1021/es991253z>
- Pascoal, A., Oliveira, J.M., Pereira, A.P., Féas, X., Anjos, O., Estevinho, L.M., 2017. Influence of fining agents on the sensorial characteristics and volatile composition of mead. *J. Inst. Brew.* 123, 562–571.
- Pearson, T.W., Dawson, H.J., Lackey, H.B., 1981. Naturally occurring levels of dimethyl sulfoxide in selected fruits, vegetables, grains, and beverages. *J. Agric. Food Chem.* 29, 1089–1091. <https://doi.org/10.1021/jf00107a049>
- Pellegrino, E., Bedini, S., Nuti, M., Ercoli, L., 2018. Impact of genetically engineered maize on agronomic, environmental and toxicological traits: a meta-analysis of 21 years of field data. *Sci. Rep.* 8, 3113. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21284-2>

Pimenta João, M., Kaneta, T., Larondelle, Y., Dohmae, N., Kamiya, Y., 1998. S-Adenosyl-l-methionine: l-methionine S-methyltransferase from germinating barley: purification and localization. *Plant Physiol.* 118, 431–438.

Piñeiro, V., Arias, J., Elverdin, P., Ibáñez, A.M., Morales Opazo, C., Prager, S., Torero, M., 2021. Achieving sustainable agricultural practices: From incentives to adoption and outcomes [WWW Document]. <https://doi.org/10.2499/9780896294042>

Piornos, J.A., Koussissi, E., Balagiannis, D.P., Brouwer, E., Parker, J.K., 2023. Alcohol-free and low-alcohol beers: Aroma chemistry and sensory characteristics. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 22, 233–259.

Prasanna, B.M., Palacios-Rojas, N., Hossain, F., Muthusamy, V., Menkir, A., Dhliwayo, T., Ndhlela, T., San Vicente, F., Nair, S.K., Vivek, B.S., Zhang, X., Olsen, M., Fan, X., 2020. Molecular Breeding for Nutritionally Enriched Maize: Status and Prospects. *Front. Genet.* 10, 1392. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.01392>

Ranocha, P., McNeil, S.D., Ziemak, M.J., Li, C., Tarczynski, M.C., Hanson, A.D., 2001. The S-methylmethionine cycle in angiosperms: ubiquity, antiquity and activity. *Plant J.* 25, 575–584.

Ranum, P., Peña-Rosas, J.P., Garcia-Casal, M.N., 2014. Global maize production, utilization, and consumption. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1312, 105–112. <https://doi.org/10.1111/nyas.12396>

Rettberg, N., Lafontaine, S., Schubert, C., Dennenlöhner, J., Knoke, L., Diniz Fischer, P., Fuchs, J., Thörner, S., 2022. Effect of production technique on Pilsner-style non-alcoholic beer (NAB) chemistry and flavor. *Beverages* 8, 4.

Rodriguez-Reinoso, F., 2001. Activated carbon and adsorption. *Encycl. Mater. Sci. Technol.* 22–34.

Sadava SW. Problem behavior theory and consumption and consequences of alcohol use. *J Stud Alcohol.* 1985 Sep;46(5):392-7. doi: 10.15288/jsa.1985.46.392. PMID: 4068718.

Sami, R., Elhakem, A., Alharbi, M., Almatrafi, M., Benajiba, N., Ahmed Mohamed, T., Fikry, M., Helal, M., 2021. In-Vitro Evaluation of the Antioxidant and Anti-Inflammatory Activity of Volatile Compounds and Minerals in Five Different Onion Varieties. *Separations* 8, 57. <https://doi.org/10.3390/separations8050057>

Scott C. John 2014. Published by American Palate a Division of History Press, Charleston. Advances in pretreatment and clarification technologies.

Staller John, 2009 *Maize Cobs and Cultures: History of Zea mays L*, Springer Berlin, Heidelberg. pp. 114–.

Scheuren, H., Baldus, M., Methner, F.-J., Dillenburger, M., 2016. Evaporation behaviour of DMS in an aqueous solution at infinite dilution – a review. *J. Inst. Brew.* 122, 181–190. <https://doi.org/10.1002/jib.301>

Schuckit Marc A., MD. Alcohol-use disorders. Published: January 26, 2009.
SEMINAR| VOLUME 373, ISSUE 9662, P492-501, FEBRUARY 07, 2009.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60009-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60009-X)

Simó, R., Archer, S.D., Pedrós-Alió, C., Gilpin, L., Stelfox-Widdicombe, C.E., 2002. Coupled dynamics of dimethylsulfoniopropionate and dimethylsulfide cycling and the microbial food web in surface waters of the North Atlantic. *Limnol. Oceanogr.* 47, 53–61.

Simpson, W.J., 2016. Sensory Analysis in the Brewery, in: *Brewing Materials and Processes*. Elsevier, pp. 257–289.

Sinclair, A., Hall, R.D., Burns, D.T., Hayes, W.P., 1970. Determination of dimethyl sulphide in beer and lager. *J. Sci. Food Agric.* 21, 468–470.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.2740210906>

Singh, S.P., Schwan, A.L., 2011. Sulfur Metabolism in Plants and Related Biotechnologies. pp. 257–271. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-088504-9.00268-3>

Skyring, G.W., 1987. Sulfate reduction in coastal ecosystems. *Geomicrobiol. J.* 5, 295–374. <https://doi.org/10.1080/01490458709385974>

Smith, B.D., 1989. Origins of Agriculture in Eastern North America. *Science* 246, 1566–1571. <https://doi.org/10.1126/science.246.4937.1566>

Smith, M.E., Bekker, M.Z., Smith, P.A., Wilkes, E.N., 2015. Sources of volatile sulfur compounds in wine. *Aust. J. Grape Wine Res.* 21, 705–712.

Staller, J., 2010. *Maize Cobs and Cultures: History of Zea mays L.* Springer, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-04506-6>

Staller, J.E., 2010. An Introduction to Maize Cobs and Cultures, in: Staller, J. (Ed.), *Maize Cobs and Cultures: History of Zea Mays L.* Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 1–6.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-04506-6_1

Stan Hieronymus 2010 *Brewing with Wheat: The 'Wit' & 'Weizen' of World Wheat Beer Styles (Brewing Technology): The 'wit' and 'weizen' of World Wheat Beer Styles.* Brewers Publications

Swinnen, J., 2002. *Towards a Sustainable European Agricultural Policy for the 21st Century.* CEPS.

Talou, T., Gaset, A., Delmas, M., Kulifaj, M., Montant, C., 1990. Dimethyl sulphide: the secret for black truffle hunting by animals? *Mycol. Res.* 94, 277–278.
[https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)80630-8](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80630-8)

Todd, J.D., Rogers, R., Li, Y.G., Wexler, M., Bond, P.L., Sun, L., Curson, A.R.J., Malin, G., Steinke, M., Johnston, A.W.B., 2007. Structural and Regulatory Genes Required to Make the Gas Dimethyl Sulfide in Bacteria. *Science* 315, 666–669.
<https://doi.org/10.1126/science.1135370>

Versari, A., 2013. Du toit W.; Parpinello G. *Oenological Tann. Rev. Aust J Grape Wine Res* 19, 1–10.

- Vinton, S.D., Perry, L., Reinhard, K.J., Santoro, C.M., Teixeira-Santos, I., 2009. Impact of Empire Expansion on Household Diet: The Inka in Northern Chile's Atacama Desert. *PLOS ONE* 4, e8069. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008069>
- Viviers, M.Z., Smith, M.E., Wilkes, E., Smith, P., 2013. Effects of five metals on the evolution of hydrogen sulfide, methanethiol, and dimethyl sulfide during anaerobic storage of Chardonnay and Shiraz wines. *J. Agric. Food Chem.* 61, 12385–12396.
- Warner Eric, 1998, *German Wheat Beer (Classic Beer Style)*, Brewers Publications
- What Is a Corn Lager? [WWW Document], 2021. . Low. Brew. URL <https://www.lowercasebrewing.com/beer-blog/what-is-corn-lager> (accessed 4.2.23).
- Why Beer Is the World's Most Beloved Drink [WWW Document], 2018. . Time. URL <https://time.com/5407072/why-beer-is-most-popular-drink-world/> (accessed 4.2.23).
- Why Do Some Brewers Use Rice or Corn in Their Beer? [WWW Document], n.d. . Spruce Eats. URL <https://www.thespruceeats.com/why-do-some-brewers-use-rice-or-corn-in-their-beer-353284> (accessed 4.2.23).
- Wolfgang Kunze, 1996, *Technology brewing and malting*. Published January 1, 1996 by VLB Berlin
- Yang, B., Schwarz, P., Horsley, R., 1998. Factors Involved in the Formation of Two Precursors of Dimethylsulfide During Malting. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 56, 85–92. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-56-0085>
- Ye, D.-Q., Zheng, X.-T., Xu, X.-Q., Wang, Y.-H., Duan, C.-Q., Liu, Y.-L., 2016. Evolutions of volatile sulfur compounds of Cabernet Sauvignon wines during aging in different oak barrels. *Food Chem.* 202, 236–246.
- Zhai, X., Wang, J., Wang, H., Xue, M., Yao, X., Li, M., Yu, J., Zhang, L., Wan, X., 2022. Formation of dimethyl sulfide from the decomposition of S-methylmethionine in tea (*Camellia sinensis*) during manufacturing process and infusion brewing. *Food Res. Int.* 162, 112106. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112106>
- Zhang, R., Ma, S., Li, L., Zhang, M., Tian, S., Wang, D., Liu, K., Liu, H., Zhu, W., Wang, X., 2021. Comprehensive utilization of corn starch processing by-products: A review. *Grain Oil Sci. Technol.* 4, 89–107. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2021.08.003>
- Zhao, F.J., Fortune, S., Barbosa, V.L., McGrath, S.P., Stobart, R., Bilsborrow, P.E., Booth, E.J., Brown, A., Robson, P., 2006. Effects of sulphur on yield and malting quality of barley. *J. Cereal Sci.* 43, 369–377.
- Zhou Yong, 1989, *The Problems of Sulphur: Reviews in Coal Science*, IEA Coal Research, published by Butterworths, London
- Zinder, S.H., Brock, T.D., 1978. Dimethyl sulphoxide reduction by micro-organisms. *Microbiology* 105, 335–342.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΕΙΑ

Βέκιος, Γ., Κούκης, Δ., Τσακίρης, Α. (2002) «Το Βιβλίο του Κρασιού», 2η έκδοση , Εκδόσεις Ψύχαλος, Αθήνα

Παπακώστα-Τασοπούλου Δέσποινα 2012, Σιτηρά & ψυχανθή. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία 2012

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

cellsignal.com/

Department of Agriculture, Grain Inspection, Packers & Stockyards Administration, Commodity Image Gallery: White Dent Corn Archived 2013-12-16 at the Wayback Machine . 2012

Euronews.com

growveg.co.uk/

Magazine, S., n.d. Where Bourbon Really Got Its Name and More Tips on America's Native Spirit [WWW Document]. *Smithson. Mag.* URL <https://www.smithsonianmag.com/arts-culture/where-bourbon-really-got-its-name-and-more-tips-on-americas-native-spirit-145879/> (accessed 4.2.23).

merckmillipore.com

researchgate.net

who.org

“What Is a Corn Lager?” 2021. <https://www.lowercasebrewing.com/beer-blog/what-is-corn-lager>

<https://www.beer.gr/ingredient/corn/>

<https://www.birraperoni.it/en/our-beers/our-ingredients>