



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

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην
Επιστήμη Οίνου και Ζύθου
Κατεύθυνση: Ζύθος

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Η Επίδραση του Roasted Malt στο Αρωματικό
Προφίλ του Whiskey

Του
Αθανασίου Καπάκογλου

Παρουσιάστηκε για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων για την απονομή του Μεταπτυχιακού Τίτλου Σπουδών στο Τμήμα Επιστημών Οίνου, Αμπέλου & Ποτών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

Επιβλέπουσα: Δέσποινα Κεχαγιά



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF FOOD SCIENCES
DEPARTMENT OF WINE, VINE & BEVERAGE SCIENCES**

**Master of Science in
Wine and Beer Science
Option: Beer**

Master Thesis

The Effect of Roasted Malt on the Aromatic Profile of Whiskey

By

Athanasios Kapakoglou

Presented for the partial fulfillment of the obligations for the award of the
Master's Degree in the Department of Wine, Vine and Beverage Sciences
of the University of West Attica

Supervisor: Despoina Kechagia

Διασαφήσεις

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (master thesis) με τίτλο «Μελέτη της επίδρασης του Roasted malt στο αρωματικό προφίλ του Whiskey» που παρουσιάστηκε από τον **ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΚΑΠΑΚΟΓΛΟΥ** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

The signatories declare that we have examined the postgraduate diploma thesis titled “**Study of the Effect of Roasted Malt on the Aromatic Profile of Whiskey**” presented by **ATHANASIOS KAPAKOGLU** and we affirm that it is accepted.

Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή 1ου Μέλους Επιτροπής
(Name and Signature of 1st Commission Member):

Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή 2^{ου} Μέλους Επιτροπής
(Name and Signature of 2nd Commission Member):

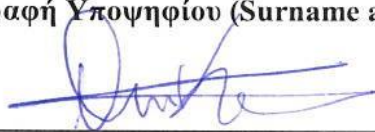
Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή 3^{ου} Μέλους Επιτροπής
(Name and Signature of 3rd Commission Member):

Με την υποβολή αυτής της διατριβής, δηλώνω ότι το σύνολο των εργασιών που περιέχονται σε αυτή είναι το δικό μου, πρωτότυπο έργο, ότι εγώ είμαι ο μοναδικός δημιουργός τους (εκτός αν αναφέρεται διαφορετικά), ότι η αναπαραγωγή και η δημοσίευσή της από το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής δεν θα παραβιάζει οποιαδήποτε δικαιώματα τρίτων και ότι δεν έχω υποβάλει στο παρελθόν το σύνολο ή μέρος αυτής για την απόκτηση οποιουδήποτε τίτλου.

By submitting this thesis, I declare that the entirety of the work contained therein is my own, original work, that I am the sole author thereof (save to the extent explicitly otherwise stated), that reproduction and publication thereof by University of West Attica will not infringe any third party rights and that I have not previously in its entirety or in part submitted it for obtaining any qualification.

Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή Υποψηφίου (Surname and first name of the candidate):

Αθανάσιος Καπάκογλου



Πνευματική ιδιοκτησία © 2024 Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Όλα τα δικαιώματα διατηρούνται

Copyright © 2024 University of West Attica
All rights reserved

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Η Επίδραση του Roasted Malt στο Αρωματικό Προφίλ του Whiskey» έχει σκοπό να μελετήσει την ενδεχόμενη επίδραση της χρήσης καβουρδισμένης βύνης (roasted malt) στο αρωματικό προφίλ ενός σκωτσέζικου ουίσκι. Καθώς δεν υπάρχουν αρκετές έρευνες που να αποδεικνύουν την επίδραση της χρήσης μιας τέτοιας βύνης, η παρούσα μελέτη στοχεύει να μειώσει αυτό το κενό στην βιβλιογραφία. Αρχικά, παρουσιάζεται μια ιστορική επισκόπηση του σκωτσέζικου ουίσκι, καθώς και τα χαρακτηριστικά του. Στη συνέχεια, περιγράφεται η διαδικασία παραγωγής, ο εξοπλισμός και οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή. Για την παραγωγή του γλεύκους, χρησιμοποιήθηκε 10% roasted malt και 90% distilling malt, αναμένοντας αυτό το χαμηλό ποσοστό χρήσης του roasted malt να ασκήσει την επιθυμητή επιρροή στο τελικό αποτέλεσμα. Μετά την ολοκλήρωση της παραγωγής, διεξήχθη γευσιγνωσία με τη μέθοδο triangle test, κατά την οποία οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να διακρίνουν μεταξύ του αποστάγματος και ενός σκωτσέζικου ουίσκι χωρίς τη χρήση roasted malt. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε χημική ανάλυση του δείγματος μέσω του αέριου χρωματογράφου GC-MS με σκοπό να ερευνηθεί αν αρωματικά στοιχεία από το roasted malt έχουν επηρεάσει το τελικό απόσταγμα. Τέλος, έγινε στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της γευσιγνωσίας και σύγκριση των αποτελεσμάτων της χημικής ανάλυσης με ευρήματα άλλων επιστημονικών ερευνών. Τα αποτελέσματα της γευσιγνωσίας έδειξαν ότι οι συμμετέχοντες μπορούσαν να διακρίνουν ποιο από τα δείγματα ήταν το απόσταγμα στο οποίο είχε γίνει χρήση roasted malt. Τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης έδειξαν ότι το roasted malt επηρέασε το αρωματικό προφίλ του τελικού αποστάγματος. Μεθοδολογικά ελαττώματα που ενδέχεται να έχουν επηρεάσει τα αποτελέσματα αναλύονται στο τελευταίο μέρος της εργασίας.

Λέξεις κλειδιά: roasted malt, whiskey, βύνη, απόσταγμα

ABSTRACT

“The Effect of Roasted Malt on the Aromatic Profile of Whiskey”

The present thesis titled “The Effect of Roasted Malt on the Aromatic Profile of Whiskey” aims at studying the potential impact of the use of roasted malt on the aromatic profile of a scotch whiskey. Since there are not enough studies proving the effect of such a malt, the present study aims at decreasing this gap in literature. To begin with, a historical overview of scotch whiskey is presented, together with its characteristics. Then, the production process, equipment and raw materials used in production are described. For the production of the wort 10% roasted malt and 90% distilling malt was used, expecting that this low percentage of usage would have the desired effect on the final result. After the production was completed, a sensory analysis with the triangle test method took place, during which the participants were asked to discriminate between the distillate and a scotch whiskey without the use of roasted malt. Afterwards, a chemical analysis of the sample with the use of gas chromatography GC-MS was performed, to investigate whether aromatic volatiles of the roasted malt have affected the final distillate. Finally, a statistical analysis of the sensory analysis’ results took place, and the results of the chemical analysis were compared with findings of other scientific studies. The sensory analysis’ results showed that the participants could discriminate which was the distillate for which roasted malt was used. The chemical analysis’ results showed that the roasted malt had an effect on the aromatic profile of the final distillate. Methodological shortcomings that might have affected the results are analyzed in the final part of the thesis.

Keywords: roasted malt, whiskey, malt, distillate

Βιβλιογραφικό CV

Αθανάσιος Καπάκογλου

Μεταπτυχιακός Τίτλος Σπουδών

«Επιστήμη Οίνου και Ζύθου», κατεύθυνση: Ζύθος

Τίτλος: Μεταπτυχιακός Φοιτητής, Ζυθοποιός

Επιστημονικό Πεδίο: Ζυθοποίηση

Βιογραφικά Στοιχεία: Ζυθοποιός στην Jopen Brewery, Haarlem, the Netherlands, 2023- σήμερα

Βοηθός Ζυθοποιού στην Μύρα Χίου, Χίος, Ελλάδα, 2022-2023

Προσωπικά Στοιχεία: thanasiskapa23@hotmail.com

+306987927695,

Hagestraat 1D, Haarlem, Netherlands

Εκπαίδευση: Πτυχίο Οικονομικών Επιστημών, Αριστοτέλειο

Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2021

Εκπλήρωσε τις απαιτήσεις για το Μεταπτυχιακό Τίτλο Σπουδών Επιστήμη Οίνου & Ζύθου με κατεύθυνση: Ζύθος στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Τμήμα Επιστημών Οίνου, Αμπέλου & Ποτών, τον ΙΟΥΛΙΟ, 2024.

ΕΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑΣ: Δέσποινα Κεχαγιά

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	7
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΟ CV	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	11
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	12
ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ, ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ, ΣΥΜΒΟΛΑ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	13
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	1
1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	2
1.1 Ιστορική ανασκόπηση	2
1.2 Πρώτες ύλες και παραγωγή	3
1.2.1 Νερό	3
1.2.2 Μαγιά	6
1.2.3 Βύνη:	7
1.2.3.1 Παραγωγή καβουρδισμένης βύνης (roasted malt)	8
1.2.3.2 Αρωματικές ενώσεις roasted malt	12
1.2.3.3 Στάδια παραγωγής whiskey	14
1.2.3.4 Αποστακτήρες	24
1.2.3.5 Χαρακτηριστικά whiskey	30
1.2.3.6 Οργανοληπτικοί έλεγχοι στο whiskey	32
2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	33
2.1 Πρώτες ύλες	33
2.1.1 Βύνη	33
2.1.2 Μαγιά	35
2.1.3 Νερό	35
2.1.4 Oak chips	35
2.2 Παραγωγή	35
2.2.1 Πολτοποίηση και πρόγραμμα πολτοποίησης	36
2.2.2 Ψύξη	36
2.2.3 Ζύμωση	37
2.2.4 Απόσταξη	39
2.3 Γευσιγνωσία	42
2.4 Χημική ανάλυση	43
3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ	44

3.1	Αποτελέσματα γευσιγνωσίας	44
3.2	Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης	44
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	51
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	54

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διαγραμμα 1: Ζύμωση

Διάγραμμα 2: Ομαδες αρωματικών στο δείγμα

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Στάδια χρήσης νερού στην παραγωγή	5
Εικόνα 2: Διαγραμμα αλκοολικής ζύμωσης	7
Εικόνα 3: Σάκχαρα γλεύκους (Ταταρίδης, 2014).....	9
Εικόνα 4: Αρώματα roasted malt.....	14
Εικόνα 5: Διήθηση πολτού και έκπλυση (εκχύλιση) βυνοϋπολειμμάτων	17
Εικόνα 6: Σχηματισμός της στοιβάδας διήθησης κατά τη διαύγαση με καθίζηση (Δοχείο Läuter).....	17
Εικόνα 7: Στάδια παραγωγής.	20
Εικόνα 8: Heads concentrations during run	22
Εικόνα 9: Pot still	25
Εικόνα 10: Πηνίο ατμού	26
Εικόνα 11: 6 διαφορετικοί Pot	26
Εικόνα 12: 5 διαφορετικοί τύποι λαιμού.	27
Εικόνα 13: Διαφορετικοί τύποι swan neck και η επίδραση του καθενός στο προϊόν.....	29
Εικόνα 14: Whiskey flavor wheel	31
Εικόνα 15: Χαρακτηριστικά της βύνης που χρησιμοποιήθηκε.....	33
Εικόνα 16: Βύνη απόσταξης	34
Εικόνα 17: Roasted Malt.....	34
Εικόνα 18:Γλεύκος.....	37
Εικόνα 19: 2η ημέρα ζύμωσης.....	38
Εικόνα 20:Andom-Paar DMA 35 portable density meter.....	40
Εικόνα 21: Αποστακτήρας Grainfather	42

Συντμήσεις, ακρωνύμια, σύμβολα και ορισμοί

PH	Potential of Hydrogen
EBC	European Brewing Convention
ABV	Alcohol by volume
°C	Βαθμοί κελσίου
°P	Βαθμοί Plato
GC-MS	Gas chromatography-mass spectrometry (αέριος χρωματογράφος)

Εισαγωγή και Σκοπός της Εργασίας

Τα scotch malt whiskey παράγονται κατά κύριο λόγο χρησιμοποιώντας αποκλειστικά βυνοποιημένο κριθάρι, το οποίο προσδίδει στο τελικό προϊόν σχετικά ελαφρύ και αρκετά ουδέτερο άρωμα. Τα τελευταία χρόνια φαίνεται να υπάρχει ένα ενδιαφέρον για τα αποτελέσματα που μπορεί να προσφέρει στο αρωματικό και γευστικό προφίλ των whiskey η χρήση καβουρδισμένης βύνης (roasted malt). Αν και η χρήση roasted malt στην ζυθοποίηση είναι διαδεδομένη και πολλές φορές απαραίτητη για την παραγωγή συγκεκριμένων στυλ ζύθου - καθώς το roasted malt είναι αποκλειστικά υπεύθυνο για την παραγωγή σκούρου χρώματος και καβουρδισμένου αρώματος - στη παραγωγή των whiskey δεν μπορούμε να πούμε ούτε ότι έχει καθιερωθεί η χρήση της, αλλά ούτε και ότι έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες επί του θέματος. Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την μελέτη των αποτελεσμάτων που μπορεί να έχει στο αρωματικό προφίλ των whiskey η χρήση roasted malt. Βασικοί δείκτες της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας, όπως η ζυμωσιμότητα του γλεύκους ή η απόδοση της αλκοόλης, μειώνονται όσο αυξάνεται το ποσοστό χρήσης roasted malt και αυτό συμβαίνει εξαιτίας της χαμηλής διαστατικής δύναμης της συγκεκριμένη βύνης. Με ποσοστό χρήσης περίπου 10% της βύνης αυτής θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα αποτελέσματα στους βασικούς δείκτες είναι συγκρίσιμα με αυτά από την χρήση μόνο βυνοποιημένου κριθαριού. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας θα μελετηθεί απόσταγμα - για την παραγωγή του οποίου έγινε χρήση ποσοστού 10% roasted malt - στο στάδιο πριν την προσθήκη του σε ξύλινα βαρέλια, μέσω της χρήσης GC-MS. Η χρήση roasted malt θα μπορούσε να δώσει αρωματικά χαρακτηριστικά στο τελικό προϊόν τα οποία δεν βρίσκονται στο απλό βυνοποιημένο κριθάρι αλλά ούτε και στα απλά δημητριακά που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή των whiskey.

1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

1.1 Ιστορική ανασκόπηση

Η ιστορία του whiskey είναι η ιστορία ενός λαού που θεωρούσε ότι έχει το αναφαίρετο δικαίωμα στη γενναιοδωρία της φύσης. Η απόσταξη ήταν τόσο συνδεδεμένη με τη ζωή των Σκωτσέζων, όσο και η συγκομιδή των καρπών, η φροντίδα των ζώων στους λόφους και το ψάρεμα του σολωμού στα ποτάμια. Για πολλούς αιώνες κράτησαν το whiskey για τους ίδιους, αποστάζοντας κυρίως για δική τους χρήση, μετατρέποντας το κριθάρι από τη συγκομιδή τους, τον φυτάνθρακα από τους λόφους και τα καθαρά νερά από τα ρυάκια σε "νερό της ζωής" (Miller, 2019).

Το whiskey χρησιμοποιήθηκε αρχικά ως φάρμακο, τόσο ως αναισθητικό όσο και ως αντιβιοτικό. Οι τεχνικές απόσταξης μεταφέρθηκαν στην Ιρλανδία και τη Σκωτία κάποια στιγμή μεταξύ 1100 και 1300 από μοναχούς. Δεδομένου ότι το κρασί δεν μπορούσε να παραχθεί εύκολα στις χώρες αυτές, με τη χρήση των "νέων" τεχνικών απέσταξαν τη μύρα σε ποτό που έγινε whiskey.

Η πρώτη γραπτή αναφορά στο whiskey έλαβε χώρα το 1405, όπου στα ιρλανδικά χρονικά του μοναστηριού του Clonmacnoise γράφεται ότι ένας άστεγος πέθανε από υπερβολική κατανάλωση Uisge beatha τα Χριστούγεννα. Η λέξη "whiskey" είναι παραφθορά του "uisge beatha" που στην γλώσσα των Gaelic σημαίνει "νερό της ζωής", όπου τα ισοδύναμα που ξεφυτρώνουν στις άλλες γλώσσες, συμπεριλαμβανομένου και του λατινικού "aqua vitae", του γαλλικού "eau de vie", μπορεί να είναι συναφή. Σταδιακά η λέξη "uisge" παραφράσθηκε σε "usky", οπότε εν τέλει κατέληξε στην λέξη whiskey. Η παλαιότερη γραπτή αναφορά χρονολογείται στο τέλος του Μεσαίωνα. Στις αρχές του 15ου αιώνα, φαίνεται ότι το whiskey είχε γίνει ποτό ισάξιο ενός βασιλιά, και από έκτοτε μέχρι και σήμερα απολαμβάνει την βασιλική προστασία. Η πρώτη επίσημη καταγραφή σε βασιλικά έγγραφα ανάγεται στο 1494, όταν ο βασιλιάς James IV ζητάει «οκτώ δοχεία βύνης για την παρασκευή uisge beatha».(Miller, 2019)

Λίγο αργότερα και συγκεκριμένα το 1608, στη Βόρεια Ιρλανδία δίνεται η πρώτη επίσημη άδεια για να ανοίξει αποστακτήριο. Το όνομά του ήταν "The Old Bushmills Distillery" και παραμένει μέχρι και σήμερα το παλαιότερο αποστακτήριο στον κόσμο. Έναν αιώνα αργότερα δημιουργείται η Μεγάλη Βρετανία με την ένωση των Βασιλείων

της Αγγλίας και της Σκωτίας. Αυτό όμως είχε σαν αποτέλεσμα τη ραγδαία αύξηση των φόρων, συμπεριλαμβανομένου και του φόρου στο whiskey. Τότε πραγματικά άρχισε η μεγάλη εποχή της παράνομης απόσταξης και λαθρεμπορίας whiskey. Το παράνομο whiskey ήταν ανώτερης ποιότητας από το νόμιμο, καθώς οι νόμιμοι παραγωγοί, για να κρατήσουν τον φόρο χαμηλό, χρησιμοποιούσαν μεγάλες ποσότητες φρέσκου κριθαριού. Και επειδή ακριβώς τα Highlands ήταν απροσπέλαστα, έγιναν το κέντρο παραγωγής του παράνομου whiskey. Ο λεγόμενος English Malt Tax του 1725, ανάγκασε πολλούς από τους ιδιοκτήτες αποστακτηρίων να λειτουργούν τη νύχτα με αποτέλεσμα να αποκαλούν συνθηματικά το whiskey “σεληνόφως”. Έτσι απέκτησε και η λέξη “moonshine” τη σημασία του λαθραίου ποτού. Κατά τη διάρκεια του αμερικανικού πολέμου το 1775-1783, το whiskey χρησιμοποιήθηκε εκτενώς και σαν συνάλλαγμα, ενώ όταν ο πόλεμος τελείωσε άφησε πίσω του ένα τεράστιο χρέος. Το 1791 τέθηκε σε εφαρμογή ο φόρος για το whiskey από τη νέα εθνική κυβέρνηση του George Washington, κάτι που απογοήτευσε πολλούς από τους βετεράνους του εμφυλίου και τους αγρότες σιτηρών. Οι αντιδράσεις γίνονταν όλο και πιο έντονες και τελικά ξεκίνησε η «επανάσταση του whiskey», όταν οι αγρότες ξεσηκώθηκαν, αρνούμενοι να πληρώσουν τον φόρο. Οι συγκρούσεις ήταν αρκετές με αποκορύφωμα τον Ιούλιο του 1794, όταν υπήρξαν ένοπλες συγκρούσεις μεταξύ πολιτών και στρατού. Μέχρι το 1801 ο φόρος συνέχισε να υπάρχει, ενώ η εφαρμογή του σταμάτησε όταν κέρδισε τις εκλογές ο Thomas Jefferson, ο οποίος τον κατήργησε, όπως είχε υποσχεθεί. (Kevin R. Kosar, 2010)

1.2 Πρώτες ύλες και παραγωγή

Τα τρία βασικά συστατικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της πλειοψηφίας των scotch whiskey είναι το **νερό**, η **βύνη** και η **μαγιά**.

1.2.1 Νερό

Ο ρόλος του νερού στην απόσταξη του whiskey είναι καθοριστικός σε όλα τα στάδια, από την πολτοποίηση και τη ζύμωση έως την αραίωση πριν από την εμφιάλωση. Συγκεκριμένα:

Πολτοποίηση:

Κατά τη διάρκεια της πολτοποίησης, το ζεστό νερό (γνωστό ως ποτό με όρους απόσταξης) αναμιγνύεται με αλεσμένους κόκκους για να δημιουργηθεί ένας πολτός. Το μαλακό νερό, το οποίο είναι χαμηλό σε βαριά μέταλλα, προτιμάται συνήθως για πολτοποίηση επειδή διευκολύνει καλύτερα τη μετατροπή των αμύλων σε σάκχαρα.

Ζύμωση:

Το νερό προσθέτει όγκο στον πολτό, επηρεάζοντας τη συγκέντρωση των σακχάρων και επηρεάζοντας τη διαδικασία ζύμωσης. Η μαγιά προστίθεται στο ζαχαρούχο υγρό (που τώρα ονομάζεται "wash") για να ξεκινήσει η ζύμωση. Η περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία στο νερό μπορεί να επηρεάσει την υγεία και τη δραστηριότητα της ζύμης, η οποία με τη σειρά της επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της ζύμωσης και το γευστικό προφίλ.

Απόσταξη:

Ενώ το νερό δεν παίζει άμεσο ρόλο στη διαδικασία απόσταξης, οι αρχικές του ιδιότητες επηρεάζουν τον συνολικό χαρακτήρα του αποστάγματος. Η διαδικασία απόσταξης επικεντρώνεται στον διαχωρισμό της αλκοόλης από το νερό και άλλα συστατικά με βάση τα σημεία βρασμού τους.

Συμπύκνωση:

Μετά την απόσταξη, ο ατμός ψύχεται και συμπυκνώνεται ξανά σε υγρή μορφή. Εδώ, η καθαριότητα και ο έλεγχος θερμοκρασίας του συστήματος συμπύκνωσης, το οποίο χρησιμοποιεί νερό, είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της καθαρότητας και της γεύσης του αποστάγματος.

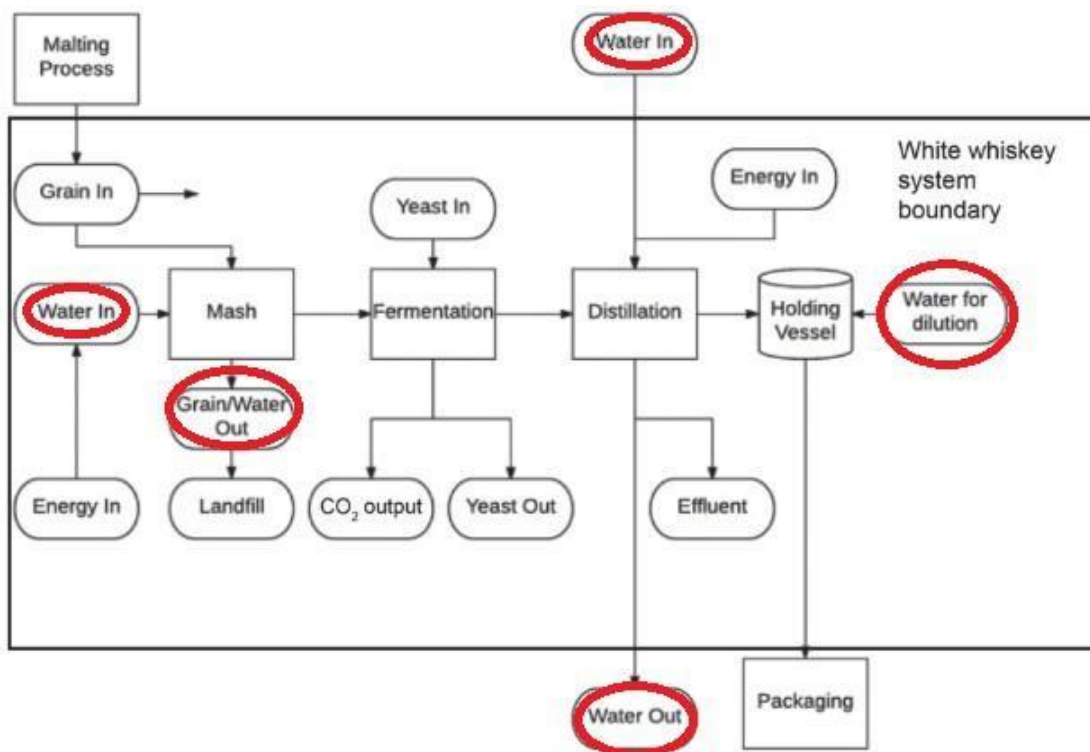
Αραίωση:

Μετά την απόσταξη, το whiskey συχνά υποβάλλεται σε αραίωση για να ρυθμίσει την περιεκτικότητα σε αλκοόλ πριν παλαιώσει και τελικά εμφιαλωθεί. Το νερό που χρησιμοποιείται για την αραίωση είναι κρίσιμο καθώς επηρεάζει άμεσα τη γεύση και την ποιότητα του whiskey. Τα αποστακτήρια χρησιμοποιούν συχνά την ίδια πηγή νερού σε όλη τη διαδικασία για να διατηρήσουν τη συνοχή της γεύσης.

Ωρίμανση:

Η περιεκτικότητα σε νερό στο whiskey μπορεί επίσης να επηρεάσει τη διαδικασία ωρίμανσης του. Η αλληλεπίδραση μεταξύ του whiskey και των δρύινων βαρελιών κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στη συγκέντρωση του οιοπνεύματος λόγω της εξάτμισης του νερού και του αλκοόλ. Αυτό το τμήμα της εξάτμισης είναι γνωστό ως «το μερίδιο του αγγέλου».

Η πηγή του νερού είναι επίσης σημαντική καθώς μπορεί να συνεισφέρει διάφορες γευστικές νότες στο whiskey. Για παράδειγμα το τυρφικό νερό, το οποίο είναι κοινό σε περιοχές όπως η Σκωτία, συμβάλει στην καπνιστή γεύση. Το σκληρό νερό είναι πλούσιο σε μέταλλα και μπορεί να προσθέσει μια συγκεκριμένη τραγανότητα ή οξύτητα στη γεύση, ενώ το μαλακό νερό οδηγεί σε ένα πιο απαλό, πιο ήπιο whiskey. Η επιλογή της πηγής νερού, η επεξεργασία και η διαχείρισή του θεωρούνται κρίσιμες πτυχές της διαδικασίας παραγωγής whiskey, με κάθε αποστακτήριο συχνά να υπερηφανεύεται για τη μοναδικότητα της πηγής νερού του. Το κάθε αποστακτήριο έχει το δικό του νερό - συνήθως από κάποιο κοντινό ποταμό -, το οποίο ευθύνεται κατά ένα σημαντικό ποσοστό για την διαφοροποίηση του τελικού προϊόντος μεταξύ των Σκωτσέζικων αποστακτηρίων (Vashishtha et al., 2024; Risner et al., 2018; Nose et al., 2005)

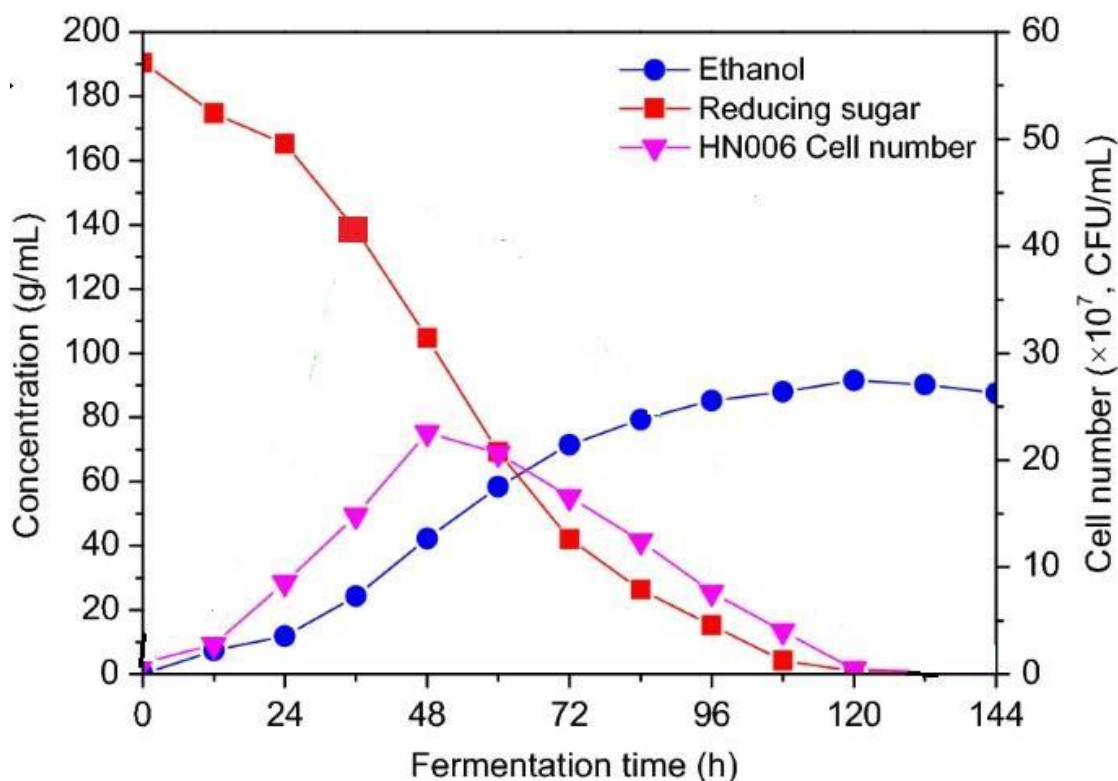


Εικόνα 1: Στάδια χρήσης νερού στην παραγωγή

1.2.2 Μαγιά

Η πλειοψηφία των αποσταγματοποιών σκωτσέζικου whiskey χρησιμοποιούν μια εμπορική μαγιά που προέρχεται από το στέλεχος *saccharomyces cerevisiae* (Udo, 2006). Αυτό το στέλεχος μαγιάς συμβάλλει στην ταχεία ζύμωση με high-attenuation, ενώ έχει επίσης την ικανότητα να μεταβολίζει δεξτρίνες μικρού μοριακού βάρους. Επιπλέον, αυτό το στέλεχος μαγιάς είναι γνωστό για τις ανθεκτικές ικανότητες ζύμωσης του και τη συνεισφορά του στα επιθυμητά αρωματικά συστατικά στο whiskey, συμπεριλαμβανομένων των υψηλότερων αλκοόλ και εστέρων που παρέχουν κατά κύριο λόγο αρώματα φρούτων.

Όσον αφορά τη διαδικασία της ζύμωσης, ο κύκλος ζωής μιας ζύμωσης αποτελείται από τρία στάδια: τη lag phase, την exponential growth phase (εκθετική φάση ανάπτυξης) και την stable phase (στατική φάση). Η lag phase χαρακτηρίζεται από αερόβια δραστηριότητα, συγκεκριμένα από τη σύνθεση στερολών και ακόρεστων λιπαρών οξέων, κατά την οποία ο πληθυσμός των κυττάρων της μαγιάς παραμένει σταθερός. Ακολουθεί η exponential growth phase (φάση της εκθετικής ανάπτυξης), κατά την οποία ο πληθυσμός αυξάνεται με εκθετικό τρόπο. Η φάση ανάπτυξης συνδέεται με την παραγωγή πολυάριθμων ομογενών παραγόντων συμπεριλαμβανομένων των αμυλο αλκοολών. Στη stable phase (στατική φάση) ο πληθυσμός των κυττάρων της μαγιάς είναι περίπου σταθερός (Gregory H. Miller, 2019)



Εικόνα 2: Διαγραμμα αλκοολικής ζύμωσης

Οι βέλτιστες θερμοκρασίες ζύμωσης κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 20°C έως 34°C. Η διατήρηση αυτού του εύρους είναι κρίσιμη καθώς επηρεάζει το ρυθμό ζύμωσης και το φάσμα των αρωματικών συστατικών που παράγονται. Πολλά αποστακτήρια στη Σκωτία δεν επαναχρησιμοποιούν τη μαγιά τους, εξασφαλίζοντας ένα συνεπές και καθαρό προφίλ ζύμωσης. Η περίοδος ζύμωσης μπορεί να διαρκέσει από 48 έως 96 ώρες. Η διάρκεια της ζύμωσης επηρεάζει το τελικό ποσοστό αλκοόλης και την πολυπλοκότητα του αρωματικού προφίλ. Στην παραγωγή scotch whiskey, ο τυπικός αριθμός προσθήκης κυττάρων μαγιάς μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 1 έως 2 εκατομμυρίων κυττάρων ανά ml του γλεύκους. Αυτή η ποσότητα υπολογίζεται με βάση την αναμενόμενη παραγόμενη ποσότητα αλκοόλης, το περιεχόμενο θρεπτικών συστατικών του γλεύκους, και τον επιθυμητό χρόνο ζύμωσης (Walker, et al., 2012; Waymark, et al., 2021; Walker et al., 2016).

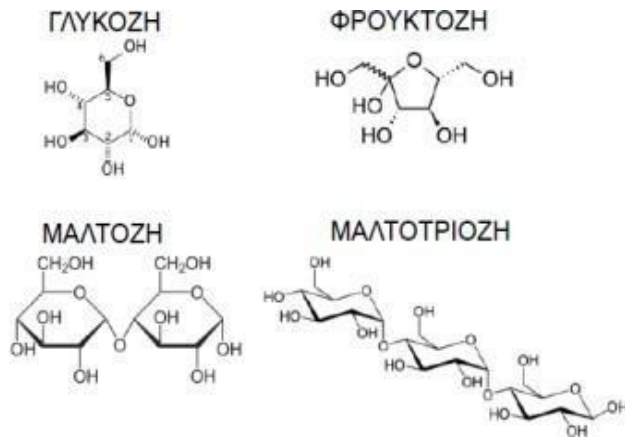
1.2.3 Βύνη:

Η βύνη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή, είναι συνήθως ελαφρώς ψημένη βύνη απόσταξης με υψηλή διαστατική δύναμη προερχόμενη από δίστιχο κριθάρι. Η πράσινη βύνη σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται χωρίς να υποστεί επεξεργασία,

αλλά το ψήσιμο είναι απαραίτητη διαδικασία για να μπορέσουν να παραχθούν τα περισσότερα είδη βύνης και να μειωθεί η υγρασία περίπου στο 4% μεταξύ άλλων και για λόγους συντήρησης. Το ψήσιμο της βύνης για απόσταξη γίνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες (65–70°C) για να μπορέσουν να διατηρηθούν τα διαστατικά ένζυμα και η ζυμωσιμότητα. Το ψήσιμο σε αυτές τις θερμοκρασίες συμβάλει επίσης στην απόδοση αιθανόλης και περιορίζει την παραγωγή αρωματικών οφειλόμενων στις αντιδράσεις Maillard (Kunze, 2004). Επομένως η βύνη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή whiskey μπορεί να προσφέρει κάποια αρωματικά στοιχεία, αλλά αυτά είναι πολύ λιγότερα σε σχέση με αυτά που προκύπτουν από την διαδικασία της ζύμωσης, απόσταξης και ωρίμανσης. Στην παραγωγή ζύθου η χρήση roasted malt είναι διαδεδομένη καθώς προσφέρει το χρώμα και συμβάλει στο αρωματικό και γευστικό προφίλ αλλά και στην αίσθηση στο στόμα του τελικού προϊόντος. Η χρήση αυτού του είδους βύνης στην παραγωγή whiskey είναι αρκετά σπάνια μέχρι σήμερα.

1.2.3.1 Παραγωγή καβουρδισμένης βύνης (roasted malt)

Οι ειδικές βύνες (όπως η roasted malt) χρησιμοποιούνται στη ζυθοποιία σε χαμηλά ποσοστά για να συνεισφέρουν επιθυμητά αποτελέσματα στη γεύση της μπίρας, στο χρώμα της, και στην αίσθηση που δημιουργεί στο στόμα. Το φάσμα των γεύσεων που είναι διαθέσιμο από ψημένα προϊόντα προκύπτει από μια σειρά παραγόντων. Τα στάδια θερμικής επεξεργασίας έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση στις τελικές γευστικές ιδιότητες του προϊόντος roasted malt. Προέρχονται από την απλή βύνη που απλά ψήνεται σε υψηλή θερμοκρασία (90–230 °C) με σκοπό την παραγωγή χρώματος, αρώματος και γεύσης. Η ανάπτυξη χρώματος, αρώματος και γεύσης προέρχεται από αντιδράσεις όπως τις αντιδράσεις Maillard, καραμελοποίηση και πυρόλυση. Η παραγωγή αυτών των αντιδράσεων προέρχεται εξαιτίας πολλών παραμέτρων, όπως ο χρόνος και η θερμοκρασία ψήσιματος, το ποσοστό υγρασίας και το PH (Kunze, 2004).



Εικόνα 3: Σάκχαρα γλεύκους (Ταταρίδης, 2014)

Η διαδικασία του καβουρδίσματος της βύνης λαμβάνει χώρα σε κλίβανο. Αρχικά η βύνη υγραίνεται ομοιόμορφα στους 70-80 °C για 1.5 με 2 ώρες ψεκάζοντας νερό μέχρι και το στάδιο του καβουρδίσματος. Έπειτα θερμαίνεται για 1 με 1.5 ώρες σε θερμοκρασία ανάμεσα στους 180-220°C. Στο στάδιο αυτό συμβαίνουν η καραμελοποίηση και οι αντιδράσεις καβουρδίσματος. Ακολουθεί γρήγορη και ομοιόμορφη ψύξη. Με αυξανόμενη την θερμοκρασία δημιουργείται η γεύση και τα αρώματα καμένου, τα οποία συνήθως είναι ανεπιθύμητα (εξαιρούνται ορισμένες περιπτώσεις όπως οι μπύρες stout). Για να ελαχιστοποιηθεί αυτή η γεύση και το άρωμα του καμένου, πραγματοποιείται ψεκασμός νερού κατά την διάρκεια του καβουρδίσματος. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται εξάτμιση, εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας, η οποία παρασέρνει και διώχνει πτητικά τα οποία έχουν το άρωμα και γεύση καμένου. Για προϊόν το οποίο θέλουμε να έχει πιο απαλά στοιχεία από το roasted malt, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αποφλοιωμένη βύνη ως πρώτη ύλη για την διαδικασία του καβουρδίσματος. Με αυτό τον τρόπο τα τανικά και πικρικά στοιχεία του φλοιού της βύνης δεν μπορούν να επηρεάσουν το άρωμα και την γεύση του τελικού προϊόντος. Τα roasted malt είναι ανάμεσα στα 800-1600 EBC, ενώ οι λίγο πιο ανοιχτόχρωμες βύνες από 400 μέχρι 600 EBC (Kunze, 2004; Rūtelė Marčiulionytė et al., 2022; Tao Yang, 2014).

Αφού επιτευχθεί η απαιτούμενη περιεκτικότητα σε ένζυμα και ο βαθμός τροποποίησης (κατά τη διαδικασία της βυνοποίησης), η πράσινη βύνη ή το

βυνοποιημένο κριθάρι ψήνεται για να δώσει ένα προϊόν με ελάχιστη υγρασία (μικρότερη του 9%) έτσι ώστε να μπορεί να αποθηκευτεί χωρίς προβλήματα και για να σταματήσει η περαιτέρω ανάπτυξη οποιωνδήποτε βιολογικών δραστηριοτήτων. Το ψήσιμο της βύνης είναι ένα από τα στάδια ανάπτυξης αρωματικών στοιχείων. Κατά την διάρκεια παραμονής της βύνης στον κλίβανο σχηματίζονται πολλές καινούργιες ενώσεις καθώς και αφαιρούνται άλλες που υπάρχουν στην πράσινη βύνη. Αυτές οι χημικές αλλαγές επηρεάζουν το αρωματικό καθώς και το γευστικό προφίλ του αποστάγματος. Η χημεία του σχηματισμού αρωματικών ενώσεων κατά τη διάρκεια του κλιβάνου είναι αρκετά πολύπλοκη, και τα επίπεδα τέτοιων ενώσεων γίνονται υψηλότερα με την αύξηση της θερμοκρασίας του κλιβάνου. Ο σχηματισμός αυτών των αρωματικών συστατικών στη βύνη μπορεί να πραγματοποιηθεί από:

1. Ενζυματική και χημική οξείδωση
2. Αντιδράσεις Maillard:

Μια σειρά από σημαντικές αρωματικές ενώσεις (μαγειρεμένα δημητριακά, άρωμα καλαμποκιού, άρωμα ψωμιού, κ.α.) σχηματίζονται από τις αντιδράσεις Maillard, στην οποία τα ελεύθερα αμινοξέα και τα σάκχαρα συνδυάζονται και υφίστανται χημικό μετασχηματισμό, ο οποίος οδηγεί στην παραγωγή ακόρεστων αλδεϋδων, φουρανίων, πυρρολών κ.λπ.

3. Καραμελοποίηση
4. Τύρφη

Αυτά τα αρώματα που σχηματίστηκαν στην βύνη για απόσταξη κατά τη διάρκεια της παραμονής της βύνης στον κλίβανο, δεν είναι τόσο σημαντικά όπως για παράδειγμα στην βύνη για ζυθοποίηση, λόγω του ότι η βύνη απόσταξης ψήνεται ελαφριά και σε χαμηλή θερμοκρασία σε σύγκριση με την βύνη pale ή pilsner για την παραγωγή μπίρας. Αυτό βοηθάει να διασφαλιστεί ότι η ενζυματική δραστηριότητα της βύνης είναι όσο το δυνατόν υψηλότερη (διαστατική δύναμη) κατά το στάδιο της πολτοποίησης και της ζύμωσης. Υπάρχουν αποστακτήρια που για να μεγιστοποιήσουν την ενζυματική δραστηριότητα χρησιμοποιούν ένα ποσοστό πράσινης βύνης η οποία περιέχει υψηλότερα επίπεδα διαστατικής δύναμης σε σχέση με την βύνη απόσταξης.

Ο βασικός λόγος για τον οποίο μπορεί να γίνει χρήση roasted malt στην παραγωγή whisky οφείλεται στη δυνατότητα αυτής της βύνης να προσδίδει αρώματα και γεύσεις στο απόσταγμα που μπορεί να είναι δύσκολο ή και αδύνατο να επιτευχθούν χρησιμοποιώντας ένα τυπικά ελαφρώς ψημένο βυνοποιημένο κριθάρι. Η χρήση και μόνο χαμηλών αναλογιών (<10%) roasted malt μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το πτητικό προφίλ του αποστάγματος, ενώ ελαχιστοποιεί τις αρνητικές επιπτώσεις που σχετίζονται με τις ψημένες βύνες. Επίσης ο αντίκτυπος στην απόδοση λόγω της χαμηλής ενζυματικής δραστηριότητας του roasted malt αποδεικνύεται ανεκτός εντός των προδιαγραφών χαμηλής αναλογίας χρήσης

1.2.3.2 Αρωματικές ενώσεις roasted malt

Παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικές αρωματικές ενώσεις που ανιχνεύονται στο roasted malt:

Φουράνια:

- 2-Furfural: το 2-furfural προκύπτει από την αφυδάτωση των ζάχαρων κατά τη διαδικασία του ψησίματος. Έχει ένα γλυκό, άρωμα αμυγδάλου και θεωρείται ότι συνεισφέρει και σε άρωμα καραμέλες και τις καβουρδισμένες νότες.
- 2-ακετυλο-5-μεθυλοφουράνιο: Χαρακτηρίζεται από το άρωμα μούχλας, καρυδιού, άχυρα και άρωμα καραμέλας. Είναι μια ετεροκυκλική ένωση που περιέχει οξυγόνο και γνωστή ότι σχηματίζεται κατά την αντίδραση Maillard. Η ένωση σχηματίζεται σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις σε roasted malt σε υψηλές θερμοκρασίες ψησίματος. (Parra, Bolat, & Cook, 2020)

Πυραζίνες:

Εκτός από τις εγγενείς πυραζίνες στα δημητριακά, η πιο σημαντική πηγή πυραζινών στα προϊόντα δημητριακών είναι η αντίδραση Maillard, ειδικά στην θερμική επεξεργασία. Η αμμωνία που απελευθερώνεται από την αποαμίνωση της πρωτεΐνης των δημητριακών επίσης προάγει τη δημιουργία πυραζινών (Eon Lee et al. 2012).

Τόσο τα φουράνια όσο και οι πυραζίνες είναι κρίσιμες για τις ξηρές και καβουρδισμένες γεύσεις που βρίσκονται στον κριθάρι και κατ' επέκταση στο whiskey. Δημιουργούνται μέσω των αντιδράσεων Maillard όταν τα αμινοξέα αντιδρούν με αναγωγικά ζάχαρα κάτω από υψηλή θερμοκρασία. Η συμβολή τους στο προφίλ γεύσης περιλαμβάνει, καβουρδισμένες και ξηρές γεύσεις, οι οποίες είναι ιδιαίτερα επιθυμητές στα whiskey με βάση το roasted malt. Χαρακτηρίζεται από το πικάντικο καβουρδισμένο φουντούκι, καβουρδισμένου αρώματος κριθαριού και γλυκού καλαμποκιού. Βρίσκεται σε προϊόντα τα οποία έχουν υποστεί επεξεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες (μεγαλύτερες 180 °C). Οι πυραζίνες σχηματίζονται σε υψηλότερη συγκέντρωση όταν το ψήσιμο γίνεται υπό υψηλές θερμοκρασίες για μικρό χρονικό

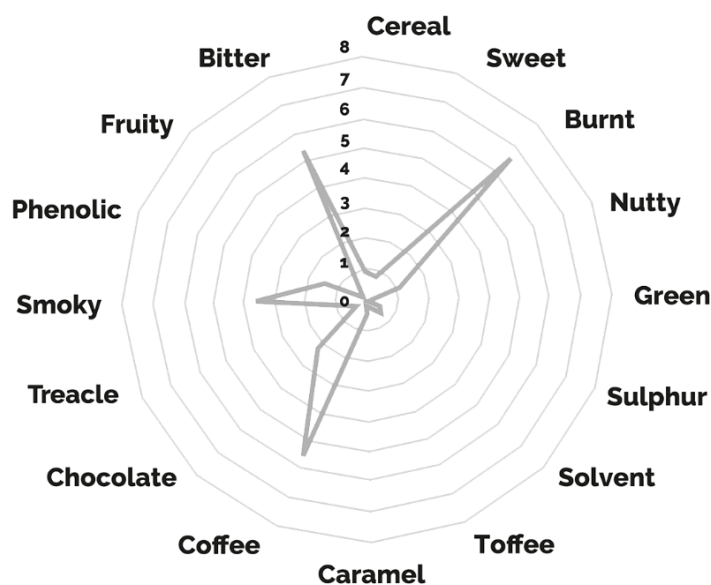
διάστημα (300 °C για 7 λεπτά) σε αντίθεση με τις χαμηλές θερμοκρασίες όπου χρειάζεται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ψησίματος (120 °C για 4 ώρες) (Chao Zhao et al. 2019).

Φαινόλες:

- Guaiacol: Προερχόμενο από την αποσύνθεση της λιγνίνης, η guaiacol συνεισφέρει ένα καπνιστό, πικάντικο άρωμα. Η παρουσία του σημειώνεται ιδιαίτερα σε whiskey που χρησιμοποιείται καβουρδισμένο ή peated κριθάρι, προσθέτοντας στην χαρακτηριστική "peaty" γεύση.
- 4-Ethylguaiacol: Παρόμοιο με το guaiacol αλλά με μια πρόσθετη αιθυλική ομάδα, συνεισφέροντας μια ελαφρώς γλυκιά, καπνιστή και πικάντικη νότα. Είναι λιγότερο κοινό από το guaiacol αλλά παίζει ρόλο στην προσθήκη πολυπλοκότητας στο γευστικό προφίλ.

Αλδεΐδες και Κετόνες:

- Hexanal: Μια αλδεΐδη με άρωμα γρασιδιού, η Hexanal συνδέεται συχνά με φρέσκα πράσινα φυτικά αρώματα. Στο whiskey, μπορεί να συμβάλει σε μια φρέσκια, και ελαφρώς φρουτώδη νότα, προσθέτοντας στην αίσθηση της "φρεσκάδας" στο τελικό προϊόν.
- Διακετύλιο: Γνωστό για το βουτηρότυρο ή καραμελένιο άρωμά του, το διακετύλιο είναι ένα κετόνιο που δημιουργείται κατά τη διάρκεια της ζύμωσης και μπορεί να συγκεντρωθεί κατά το ψήσιμο του κριθαριού. Στο whiskey, παρέχει μια πλούσια, κρεμώδη και βουτυράτη γεύση που συμπληρώνει το συνολικό προφίλ του αποστάγματος.



Εικόνα 4: Αρώματα roasted malt

1.2.3.3 Στάδια παραγωγής whiskey

Άλεσμα βύνης:

Η άλεση γίνεται σε μύλους άλεσης δημητριακών. Η τεχνική που θα χρησιμοποιηθεί στην πολτοποίηση θα καθορίσει τον τύπο του μύλου που θα χρησιμοποιηθεί και την διάμετρο των σωματιδίων. Η καταστροφή της δομής των κόκκων διευκολύνει την υδρόλυση του αμύλου. Ανεπαρκείς άλεση μπορεί να προκαλέσει χαμηλές αποδόσεις. Η βύνη κριθαριού που χρησιμοποιείται στην παραγωγή του whiskey είναι σχετικά χοντροαλεσμένη συνήθως σε μύλο κυλίνδρων, ανάλογα τον τύπο του lauter που διαθέτει το κάθε αποστακτήριο, εκτός αν διαθέτουν φιλτρόπρεσσα όπου εκεί πραγματοποιείται πολύ λεπτή άλεση (σχεδόν σαν αλεύρι), οπότε σε αυτή την περίπτωση θα χρησιμοποιηθεί μύλος σφυριών(Hammer mill). Ένα πολύ λεπτό άλεσμα στην περίπτωση που το αποστακτήριο διαθέτει lauter, μπορεί να οδηγήσει σε ένα πολύ σφιχτό στρώμα που επικάθεται στο κάτω μέρος του lauter tun και να εμποδίσει την αποστράγγιση του υγρού (Simpson, 1968).

Ανάμιξη βύνης με νερό(mashing) :

Η αλεσμένη βύνη μεταφέρεται σε δοχείο πολτοποίησης όπου και αναμειγνύεται με ζεστό νερό. Η ανάμιξη αυτή της βύνης με το νερό επιτρέπει την αποικοδόμηση του αμύλου. Ανεξάρτητα από το αν περιέχονται δημητριακά εκτός από βυνοποιημένο

κριθάρι, οι κύριες βιοχημικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της πολτοποίησης είναι κατά κύριο λόγο η υδρόλυση αμύλου και πρωτεΐνης. Για να πραγματοποιηθεί ολοκληρωμένη εκχύλιση πρέπει να ληφθεί υπόψη η τιμή του PH του νερού, τα άλατα που περιέχονται σε αυτό, αλλά το πιο σημαντικό είναι η θερμοκρασίες του νερού και κατ' επέκταση του πολτού. (Taylor & Francis Group, 2006) Τα κύρια ένζυμα αποικοδόμησης αμύλου είναι α- και β-αμυλάσες. Το lauter tun είναι συνήθως προθερμασμένο με νερό και έναν διάτρητο πάτο. Η βύνη αναμειγνύεται με ζεστό νερό στους 65°C σε αναλογία περίπου ενός μέρους βύνης και σε τέσσερα μέρη νερό, το μείγμα ομογενοποιείται με τη δράση περιστρεφόμενων rakes. Η διαδικασία διαρκεί περίπου μια ώρα, μετά την οποία το γλεύκος στραγγίζεται από κάτω από τον διάτρητο πάτο. Αυτό το υγρό εκχύλισμα, το οποίο έχει ειδικό βάρος 16-17°P συλλέγεται σε ένα ενδιάμεσο δοχείο γνωστό ως «underback». Αφού κρυώσει σε γύρω στις 25-35°C σε έναν εναλλάκτη θερμότητας, το γλεύκος οδηγείται στο δοχείο της ζύμωσης. Τα βυνουπολείματα ξεπλένονται με νερό 75 °C και συλλέγεται μια δεύτερη ποσότητα γλεύκος με ειδικό βάρος περίπου 7 °P. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως η πρώτη μετάβαση και επαναλαμβάνεται άλλες δύο φορές. Αυτό το μέρος οδηγείται στο δοχείο όπου θα χρησιμοποιηθεί για την επόμενη πολτοποίηση. Το αραιωμένο γλεύκος έχει τιμή pH περίπου 5,5, ειδικό βάρος 5-7 °P, και η περιεκτικότητα σε αμινο άζωτο περίπου 150-180 mg/ L. Το υπόλειμμα των χρησιμοποιημένων βυνών αφαιρείται από το lauter tun και πωλείται ως ζωοτροφή.

Ζελατινοποίηση αμύλου:

Μία από τις κυριότερες ιδιότητες του αμύλου είναι η ζελατινοποίηση, όπου ένα αιώρημα αμύλου όταν θερμανθεί σε νερό ορισμένης θερμοκρασίας το νερό εισδύει στα μόρια της αμυλόζης και της αμυλοπηκτίνης με αποτέλεσμα την απότομη αύξηση του ιξώδους και τη μετατροπή του αιωρήματος σε γέλη (gel).

Ενζυματική υδρόλυση αμύλου:

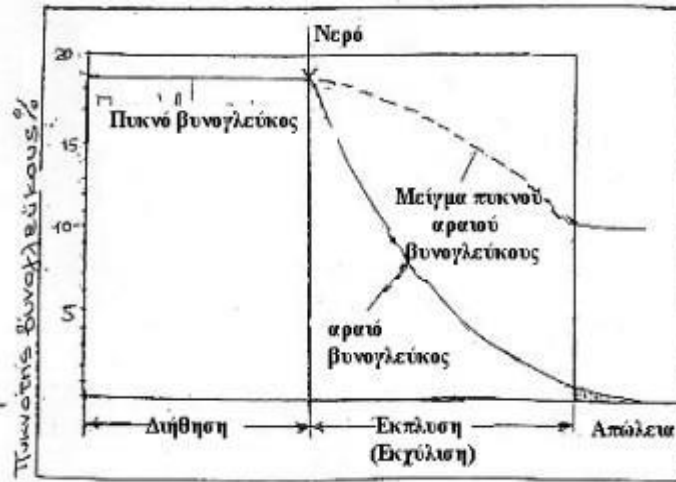
Η μαγιά αδυνατεί να πραγματοποιήσει μεταβολισμό του αμύλου , αλλά μπορεί να καταναλώσει γλυκόζη, μαλτόζη, δεξτρίνες. Ένζυμα που χρησιμοποιούνται για την αποικοδόμηση του αμύλου κατά την διαδικασία της πολτοποίησης είναι η α-αμυλάση, β-αμυλάση, αμυλογλυκοζιδάση, α-1,6 γλυζιδάση.

1. α-αμυλάση: Δεν υπάρχει στο κριθάρι. Η κύρια ποσότητα σχηματίζεται κατά την δεύτερη έως τέταρτη μέρα βλάστησης. Υδρολύει τους α-1,4 γλυκοζιτικούς δεσμούς στο εσωτερικό του πολυμερούς της αμυλόζης και της αμυλοπηκτίνης (ενδοαμυλάση) και έτσι δημιουργούνται κυρίως δεξτρίνες και μικρές ποσότητες ολιγοζακχαριτών (μαλτοτριόζη, γλυκόζη).
2. β-αμυλάση: Ευρίσκεται ήδη στο κριθάρι (ενδοσπέρμιο). Ο σχηματισμός της β-αμυλάσης είναι στενά συνδεδεμένος με έναν καλό αερισμό, στην πρώτη φάση της βλάστησης. Υδρολύει τους α-1,4 γλυκοζιτικούς δεσμούς από το μη ανάγον άκρο της αμυλόζης και της αμυλοπηκτίνης (εξωαμυλάση) και έτσι δημιουργούνται μαλτόζη και μικρές ποσότητες μαλτοτριόζης, γλυκόζης.
3. Αμυλογλυκοζιδάση (α-1,4 γλυκοζιδάση): Υδρολύει τους α-1,4 γλυκοζιτικούς δεσμούς από το μη ανάγον άκρο της αμυλόζης και της αμυλοπηκτίνης (εξωαμυλάση) και έτσι δημιουργούνται μόρια γλυκόζης. Υδρολύει και τους α-1,6 δεσμούς στις διακλαδώσεις του πολυμερούς της αμυλοπηκτίνης αλλά με πολύ μικρή ταχύτητα.
4. α-1,6 γλυκοζιδάση (πουλουλανάση): Υδρολύει τους α-1,6 δεσμούς του πολυμερούς της αμυλοπηκτίνης και των δεξτρινών (Kunze, 2004)

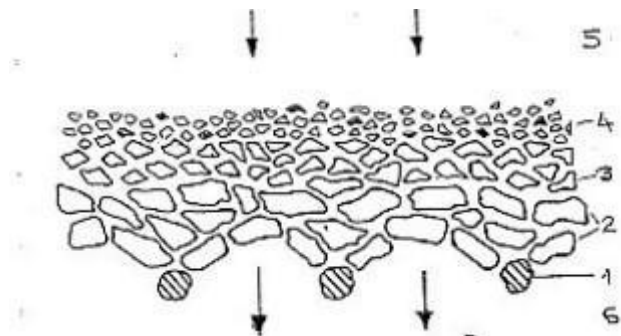
Lautering:

Είναι ο διαχωρισμός των στερεών υπολειμμάτων βύνης από το ζυμώσιμο εκχύλισμα (γλεύκος). Η διαδικασία αυτή χωρίζεται σε δύο μέρη, την ανακυκλοφορία και την διαβροχή (sparging). Με τον όρο ανακυκλοφορία εννοούμε η διαδικασία κατά την οποία μέρος πολτού από τον πυθμένα της δεξαμενής (lauter) αφαιρείται και μεταφέρεται ξανά μέσω αντλίας στο πάνω μέρος. Με αυτό τον τρόπο μέσω της ύπαρξης ενός ψευδοπάτου στον πυθμένα της δεξαμενής επιτυγχάνεται η διαύγαση του γλεύκους (διαδικασία Vorlauf). Αυτό το βήμα παρακολουθείται με τη χρήση ενός θολόμετρου για τη μέτρηση στερεών στο υγρό γλεύκος με βάση την αδιαφάνειά τους. Το δεύτερο μέρος της διαδικασίας του Lautering είναι η διαβροχή. Μέσω της διαβροχής μπορούμε να πάρουμε την μέγιστη ποσότητα ζαχάρων από την βύνη. Μετά το τέλος της πολτοποιήσης και του διαχωρισμού του ζυμώσιμου εκχυλίσματος από τα υπολείμματα βύνης, ένα μεγάλο ποσοστό ζαχάρων υπάρχει στα βυνοϋπολείμματα το οποίο μπορούμε να τα πάρουμε μέσω της διαβροχής από το πάνω μέρος της στοιβάδας διήθησης που έχει δημιουργηθεί. Με φυσική καθίζηση των σωματιδίων των βυνοϋπολειμμάτων πάνω στην επιφάνεια του πυθμένα, σχηματίζεται η βοηθητική στοιβάδα διήθησης, η οποία

πρέπει να είναι πορώδης και όχι συμπαγής. Καθώς διαβρέχουμε από πάνω την στοιβάδα αυτή με νερό έκπλυσης 65-70 °C, το οποίο περνάει μέσα από τα ρυάκια που σχηματίζονται στην στοιβάδα αυτή, μπορούμε να συλλέξουμε την ποσότητα εκχυλίσματος που κρατείται μέσα στα υπολείμματα βύνης. Η ποσότητα νερού διαβροχής πρέπει να είναι πλήρως ελεγχόμενη καθώς μπορούν να εκχυλιστούν διάφορες αρνητικές ουσίες, κυρίως φαινολικές, από τις βύνες. (Kunze, 2004)



Εικόνα 5: Διήθηση πολτού και έκπλυση (εκχύλιση) βυνοϋπολειμμάτων



Εικόνα 6: Σχηματισμός της στοιβάδας διήθησης κατά τη διάγαση με καθίζηση (Δοχείο Läuter)

1. Οπές πυθμένα δοχείου διάγασης (Läuter)
2. Κάτω στοιβάδα, μεγάλα σωματίδια βυνοϋπολειμμάτων. Περιέχουν ίσως και ίχνη αμύλου.

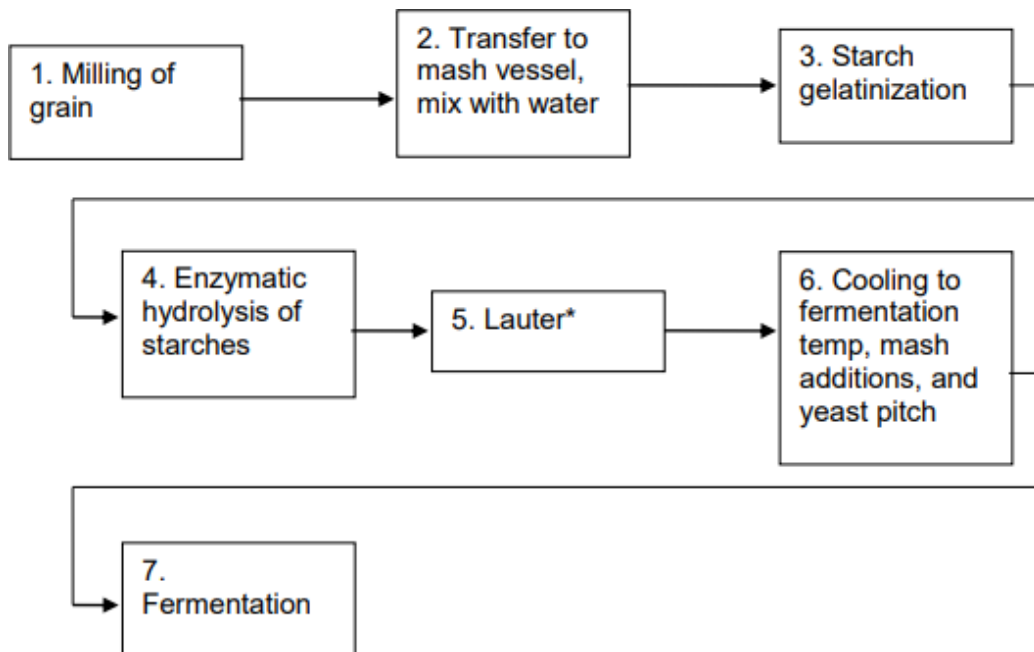
3. Μεσαία στοιβάδα με το μεγαλύτερο πάχος, περιέχει κυρίως λέπυρα.
4. Άνω στοιβάδα ελαφρά σωματίδια κυρίως πρωτεΐνες και μικρά σωματίδια λεπύρων.
5. Πολτός.
6. Διαυγές βυνογλεύκος.

Ψύξη σε θερμοκρασία ζύμωσης:

Μέσω της πολτοποίησης η βύνη μας δίνει όσα θρεπτικά στοιχεία χρειάζεται η μαγιά για να μπορέσει να πραγματοποιήσει μια καλή ζύμωση. Στην βιομηχανία όμως για να πετύχουν υψηλότερες αποδόσεις χρησιμοποιούν ορισμένα άλατα, ιχνοστοιχεία καθώς και ελεύθερο άζωτο, τα οποία μπορούν να προσφέρουν στην μαγιά ένα ιδανικό περιβάλλον για να μπορέσει να αναπτυχθεί και να πραγματοποιηθεί η ζύμωση. Η πολτοποίηση πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες που δεν μπορεί να επιβιώσουν τα κύτταρα της μαγιάς, για αυτό τον λόγο σε αυτό το στάδιο πρέπει να κρυσώσουμε το γλεύκος πριν προστεθεί η μαγιά. Αυτή η διαδικασία της ψύξης γίνεται συνήθως σε εναλλάκτες θερμότητας με την χρήση κάποιου ψυκτικού υγρού, είτε κρύου νερού είτε γλυκόλης. Μετά την ψύξη γίνεται η προσθήκη της μαγιάς στις δεξαμενές ζύμωσης, όπου η μαγιά συνήθως είναι σε αφυδατωμένη μορφή και πριν την προσθήκη γίνεται η ενυδάτωση της είτε με ζεστό νερό είτε με γλεύκος από την πολτοποίηση. Επειδή η επιλογή της μαγιάς μπορεί να έχει ισχυρό αντίκτυπο στο τελικό προϊόν, κάποια αποστακτήρια έχουν τα δικά τους στελέχη μαγιάς και τα διατηρούν για αποκλειστική χρήση.

Ζύμωση:

Κατά την διαδικασία της ζύμωσης η μαγιά μετατρέπει τα ζυμώσιμα σάκχαρα του γλεύκους σε αλκοόλ, σε διοξείδιο του άνθρακα, δημιουργώντας έτσι ένα αλκοολούχο υγρό που ονομάζεται wash. Παραδοσιακά ζύμες ζυθοποίησης χρησιμοποιούνταν για την παραγωγή malt whisky, πλέον υπάρχουν αποστακτήρια στη Σκωτία που χρησιμοποιούν ζύμες ζυθοποίησης ταυτόχρονα με ζύμες απόσταξης. Η μαγιά ζυθοποίησης, γνωστή ως ‘good starter’, με την χρήση κάποιου συμπληρώματος θα μπορούσε να αυξήσει την απόδοση της αιθανόλης σε πάνω από 5%. Αυτή η διαδικασία θεωρείται ότι καταστέλλει την βακτηριακή ανάπτυξη. Η μαγιά για απόσταξη ζυμώνει ιδανικά στους 34°C (γνωστή ως peak temperature) και το υγρό που παράγει είναι περίπου στους 7-8 αλκοολικούς βαθμούς. Η ζύμωση διαρκεί από 48 μέχρι 168 ώρες. Σε αυτή την διάρκεια η αιθυλική αλκοόλη καθώς και οι ανώτερες αλκοόλες, αλδεΐδες, εστέρες και οξέα που αποτελούν το προφίλ του ‘raw whisky’ είναι προϊόντα ζύμωσης. (John D. E. Jeffery, 2012)



Εικόνα 7: Στάδια παραγωγής.

Απόσταξη:

Παραδοσιακά το whiskey προέρχεται από διπλή ή τριπλή απόσταξη, από αποστακτήρες γνωστοί ως Alembic (στα αγγλικά) ή Alambic (στα Γαλλικά). Οι πρώτοι αποστακτήρες μπορούν να εντοπιστούν περίπου τον 12^ο αιώνα όπου βότανα υπόκειντο στην διαδικασία της απόσταξης με σκοπό την φαρμακευτική χρήση, σε αποστακτήρες Alembic. Τα εκχυλίσματα βοτάνων αποστάχθηκαν από μοναχούς σε διάφορα μοναστήρια τους οποίους τους θεωρούμε ως τους ιδρυτές των πρώιμων ιατρικών επιστημών καθώς και της επιστήμης της ζυθοποίησης και της απόσταξης. Οι σύγχρονοι Alembic χάλκινοι αποστακτήρες έχουν πολλά παρόμοια χαρακτηριστικά, κυρίως στην χρήση, με τους πρώτους Alembic (John D. E. Jeffery, 2012). Απόσταξη ονομάζεται η φυσική διαδικασία κατά την οποία υπάρχει διαχωρισμός των συστατικών ενός μείγματος εξαιτίας των διαφορετικών σημείων βρασμού που έχει το κάθε ένα από αυτά. Δύο ουσίες με ίδια σημεία βρασμού δεν μπορούν να διαχωριστούν μέσω την απόσταξης. Ο διαχωρισμός στην απόσταξη συμβαίνει όταν ένα μείγμα ενώσεων, μέσα

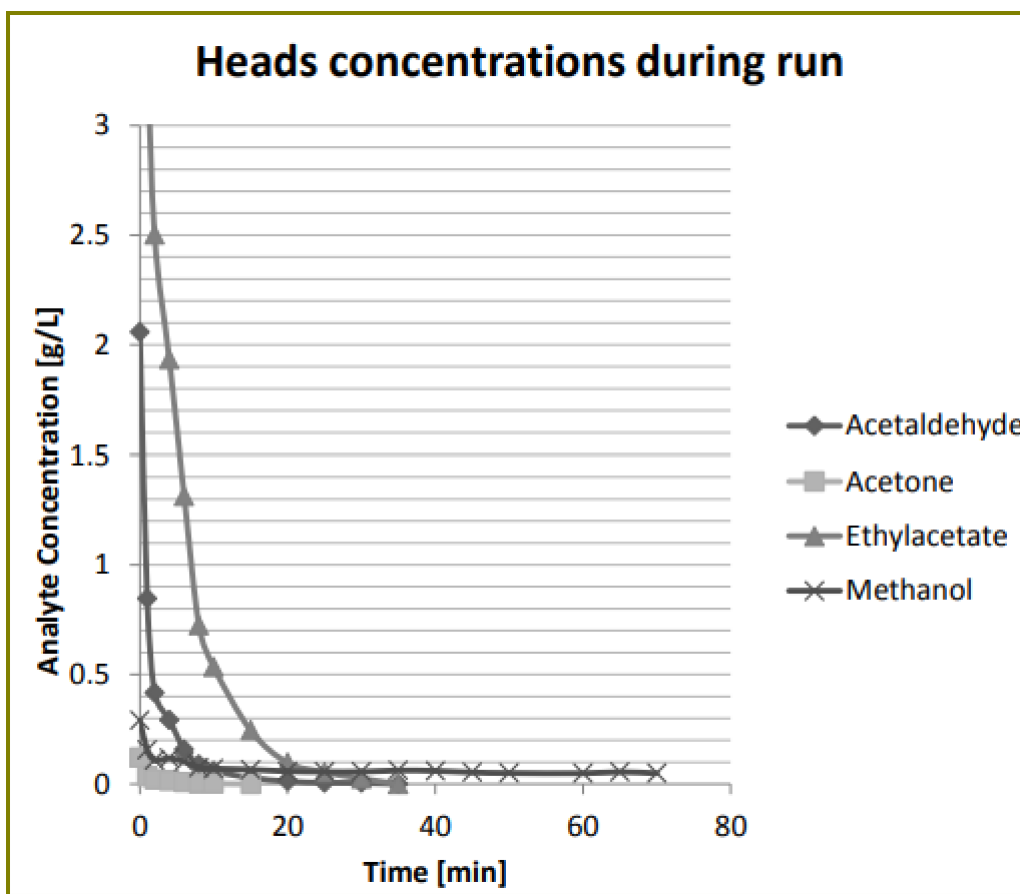
στον αποστακτήρα, έρθει σε βρασμό. Ενώσεις με χαμηλότερα σημεία βρασμού εξατμίζονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από ενώσεις με υψηλότερα σημεία βρασμού. Αυτό σημαίνει ότι ο ατμός που προέρχεται από το μείγμα βρασμού, είναι πλούσιος σε συστατικά των ενώσεων με χαμηλά σημεία βρασμού από ότι σε συστατικά των ενώσεων με υψηλότερα σημεία βρασμού. Στη συνέχεια ο ατμός αυτός συλλέγεται και συμπυκνώνεται για να έρθει ξανά σε υγρή μορφή. Το υγρό που προκύπτει ονομάζεται απόσταγμα, το οποίο περιέχει σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση σε συστατικά των ενώσεων με χαμηλά σημεία βρασμού από ότι αυτά των υψηλότερων. (Bill Owens et al. 2009)

‘Κοφίματα’ απόσταξης: Η απόσταξη χωρίζεται σε 3 τμήματα

1. Foreshots (Κεφάλι)
2. Middle cut (Καρδιά)
3. Feints (Ουρά)

Τα Foreshots είναι το πρώτο μέρος της απόσταξης και στις περισσότερες περιπτώσεις θεωρούνται μη άξια συλλογής ως πόσιμο αλκοόλ περιέχοντας υψηλή περιεκτικότητα εξαιρετικά πτητικών και αρωματικών ενώσεων όπως οξικό αιθυλεστέρα. Ο χρόνος συλλογής του Foreshot είναι περίπου στα 15 με 30 λεπτά, μέχρι το σημείο όπου το απόσταγμα που θα βγαίνει θα είναι περίπου 75% ABV.

Τα Foreshots αποτελούνται από αλκοόλες, αλδεΐδες και εστέρες των οποίων το σημείο βρασμού είναι χαμηλότερο από αυτό της αιθανόλης (78,6°C) και υπάρχουν στο πρώτο μέρος της απόσταξης. Περιλαμβάνουν: ακεταλδεΐδη, ακετόνη, οξικό αιθυλεστέρα και μεθανόλη κυρίως. Κατά τη διάρκεια της κοπής των κεφαλιών, ένα μεγάλο κλάσμα αυτών των ενώσεων αφαιρείται, αλλά ορισμένες συγκεντρώσεις διατηρούνται στις καρδιές όπου συμβάλλουν στις τελικές αισθητηριακές ιδιότητες του αποστάγματος. Όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα, το αρχικό τμήμα της χαρακτηρίζεται από εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις αυτών των ενώσεων οι οποίες μειώνονται γρήγορα. Σε αυτό το σχήμα το τμήμα της καρδιάς ξεκινά περίπου στο 15ο λεπτό. (John D. E. Jeffery, 2012)



Εικόνα 8: Heads concentrations during run

Η συλλογή του αποστάγματος για τις επόμενες 2.5 με 3 ώρες είναι το μέρος Middle cut και είναι αυτό το οποίο θεωρείται πόσιμο. Η συλλογή αυτού του τμήματος ξεκινάει όταν το απόσταγμα βρίσκεται σε ποσοστό 72% ABV μέχρι περίπου τα 60% ABV και αυτό καθορίζεται από το σημείο όπου θα υπάρξει το κόψιμο και από Middle cut θα γίνει Feints (ουρά).

Η θερμότητα που εφαρμόζεται στον αποστακτήρα κατά τη διάρκεια της απόσταξης του κεφαλιού και της καρδιάς, θα επηρεάσει την ποιότητα του αποστάγματος. Απότομη και υψηλή θερμότητα θα οδηγήσουν σε έναν πύρινο/άγριο χαρακτήρα αποστάγματος καθώς δεν θα μπορέσει να λάβει τα ωφέλιμα στοιχεία της αναρροής από το swan neck. Για να αποφευχθούν αυτά τα ανεπιθύμητα αρωματικά στοιχεία τα μέρη κεφάλι και καρδιά θα πρέπει να θερμανθούν με ήπια εφαρμογή της θερμότητας.

Ωρίμανση:

Στην παραγωγή Σκωτσέζικου whiskey πολλοί συντελεστές είναι γνωστοί για την επιρροή τους στα τελικά χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένων του νερού, της βύνης,

του βαθμού καπνίσματος, των προϊόντων της ζύμωσης, του τύπου του αποστακτήρα καθώς και των συνθηκών απόσταξης. Ένας από τους πιο βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν τον χαρακτήρα του τελικού προϊόντος είναι αδιαμφισβήτητα το δοχείο/βαρέλι από δρυ/βελανιδιά στο οποίο και λαμβάνει χώρα η διαδικασία της ωρίμανσης. Κατά τη διάρκεια παραμονής του αποστάγματος στο βαρέλι, πολύ μεγάλες αλλαγές εμφανίζονται στον αισθητηριακό χαρακτήρα. Πικάντικα αρώματα του νέου αποστάγματος μεταμορφώνονται στα τυπικά απαλά χαρακτηριστικά ενός ώριμου whiskey. Το χρώμα του αποστάγματος αλλάζει επίσης, από σχεδόν διαυγές σε χρυσοκαφέ. Ιστορικά, η προέλευση της ωρίμανσης είναι ασαφής. Είναι πιθανό ότι η πλειονότητα του whiskey που αποστάχθηκε τον 18ο και 19ο αιώνα καταναλωνόταν χωρίς να ωριμάσει. (Jonathan R. Mosedale, 1994)

Ωστόσο, η παρασκευή του whiskey ήταν παραδοσιακά μια εποχιακή διαδικασία και επομένως περιελάμβανε μια περίοδο αποθήκευσης. Αυτή η αποθήκευση θα περιλάμβανε αναπόφευκτα τη χρήση ξύλινων βαρελιών, η φύση των οποίων εξαρτιόταν από τη διαθεσιμότητα της κατάλληλης ξυλείας. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, με τα μεγάλα αποθέματα λευκής βελανιδιάς, η αποθήκευση σε νέα βαρέλια ήταν φυσιολογική. Στη Σκωτία, οι κατάλληλες προμήθειες ήταν περιορισμένες και χρησιμοποιήθηκαν μεταχειρισμένα δοχεία, όπως παλιά βαρέλια από σέρι ή βαρέλια από κονιάκ. Με τον καιρό, τα οφέλη αυτής της αποθήκευσης έγιναν αντιληπτά και έτσι η περίοδος ωρίμανσης έγινε αναπόφευκτο μέρος της παραγωγής whiskey και ενσωματώθηκε στους νομικούς ορισμούς του whiskey σε όλο τον κόσμο. Εξωτερικά, η διαδικασία ωρίμανσης φαίνεται απλή. Τα βαρέλια γεμίζουν με οινόπνευμα και αφήνονται στην άκρη σε μια αποθήκη για να ωριμάσουν. Ωστόσο, ένα ευρύ φάσμα μεταβλητών μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα του ωριμασμένου whiskey. Ο τύπος του βαρελιού που χρησιμοποιείται, η μέθοδος κατασκευής του, ακόμη και οι κλιματικές συνθήκες κατά την αποθήκευση επηρεάζουν τη διαδικασία ωρίμανσης και περιγράφονται λεπτομερώς σε αυτό το κεφάλαιο. Κατά την επιλογή και τον έλεγχο των μεταβλητών ωρίμανσης, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παραδόσεις και οι προσδοκίες προϊόντος για το συγκεκριμένο whiskey. Τα αμερικανικά whiskey bourbon και Tennessee sour mash ωριμάζουν σε νέα απανθρακωμένα δρύινα βαρέλια, ενώ τα whiskey που παράγονται στη Σκωτία, την Ιρλανδία, την Ιαπωνία και τον Καναδά ωριμάζουν σε δρύινα βαρέλια που χρησιμοποιήθηκαν προηγουμένως για την ωρίμανση του μπέρμπον ή για τη ζύμωση και την αποστολή σέρι (Booth et al., 1989). Κατά συνέπεια, ενώ η ωρίμανση ενός σκωτσέζικου whiskey βύνης σε ένα νέο απανθρακωμένο δρύινο βαρέλι μπορεί να

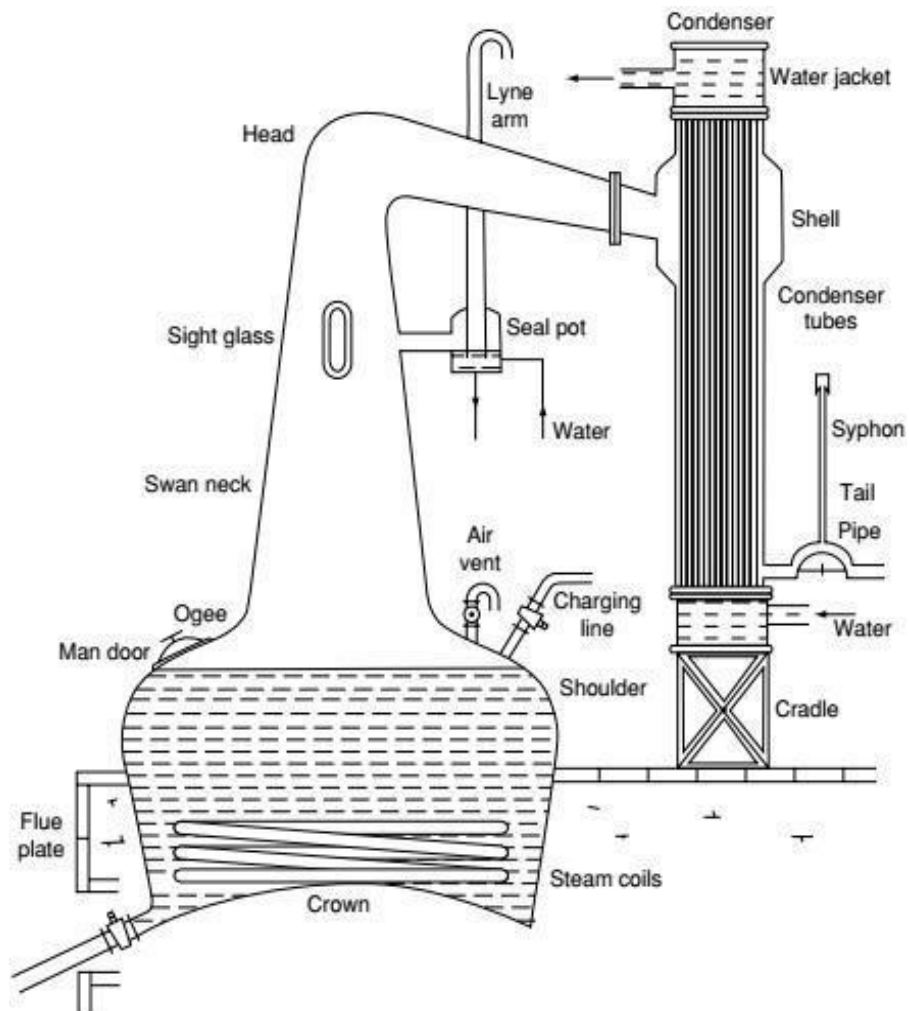
παράγει ένα καλά ώριμο whiskey, μπορεί να μην είναι εύκολα αναγνωρίσιμο ως Scotch (Inge Russell & Graham Stewart, 2014).

1.2.3.4 Αποστακτήρες

Οι αποστακτήρες παραδοσιακά κατασκευάζονται από χαλκό εξαιτίας της ελασιμότητας, ολκιμότητας και της ανώτερης θερμικής αγωγιμότητας αυτού του μετάλλου. Αν και υπάρχουν κάποια ελαττώματα της χρήσης αυτού του μετάλλου, όπως η διάβρωση και η δυσκολία συντήρησης, η χρήση του μετάλλου αυτού είναι κατά κύριο λόγο αποκλειστική για την απόσταξη whiskey. Επίσης ο χαλκός αντιδρά χημικά με το wash αφαιρώντας ανεπιθύμητες χημικές ενώσεις αλλά και τις τοξικές ουσίες από αυτό. Στα περισσότερα αποστακτήρια η χρήση των αποστακτών γίνεται 7 μέρες τη βδομάδα και η ανάγκη για αντικατάσταση έρχεται κάθε 10-20 χρόνια συνεχόμενης λειτουργίας. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα εξαιτίας της μηχανολογικής εξειδίκευση πάνω στην βελτιστοποίηση του σχεδίου των αποστακτών, γεννήθηκαν πολλά και διαφορετικά σχήματα και σχέδια αποστακτών με ποικίλες διαστάσεις. Υπάρχουν όμως αποστακτήρια που στην ανάγκη για αντικατάσταση ή προσθήκη επιπλέον αποστακτών, διατήρησαν ακριβώς τις ίδιες διαστάσεις και το ίδιο σχήμα με τον αρχικό.

Σχεδιασμός αποστακτήρα

- Πηγή θέρμανσης α. άμεση (άνθρακας ή πετρέλαιο) β. έμμεση (πηνία ατμού, βραστήρες)
- Δοχείο προϊόντος απόσταξης- κύριος θάλαμος (pot)
- Λαιμός (swan neck)
- Κεφάλι
- Βραχίονας
- Συμπυκνωτής
- Spirit safe

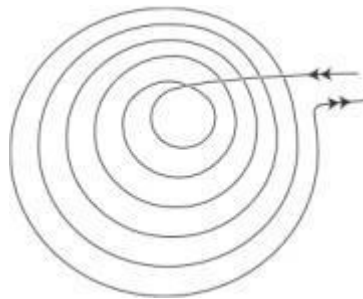


Εικόνα 9: Pot still

Πηγή θέρμανσης:

Όπως αναφέρθηκε υπάρχουν δύο τρόποι θέρμανσης, ο άμεσος και ο έμμεσος. Στην περίπτωση του άμεσου το δοχείο (pot) πρέπει να είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να αντέχει στην απευθείας επαφή με την πηγή καθώς και η κορώνα (η βάση του αποστακτήρα) πρέπει να είναι φτιαγμένες με επαρκή διάμετρο χαλκού ώστε να αντέχει την εντατική τοπική θέρμανση. Στα σημεία τα οποία δεν έρχονται σε άμεση επαφή με την πηγή θέρμανσης, η ποσότητα του χαλκού θα μπορούσε να είναι μικρότερη. Το σχήμα της βάσης του αποστακτήρα (crown) που έρχεται σε άμεση επαφή με την πηγή θέρμανσης πρέπει να είναι κυρτό. Η βάση στην οποία στηρίζεται ο αποστακτήρας πρέπει να είναι κατασκευασμένα από τούβλα επενδύσιμα από κατάλληλα πυρότουβλα για την προστασία της βάσης από τις υψηλές θερμοκρασίες

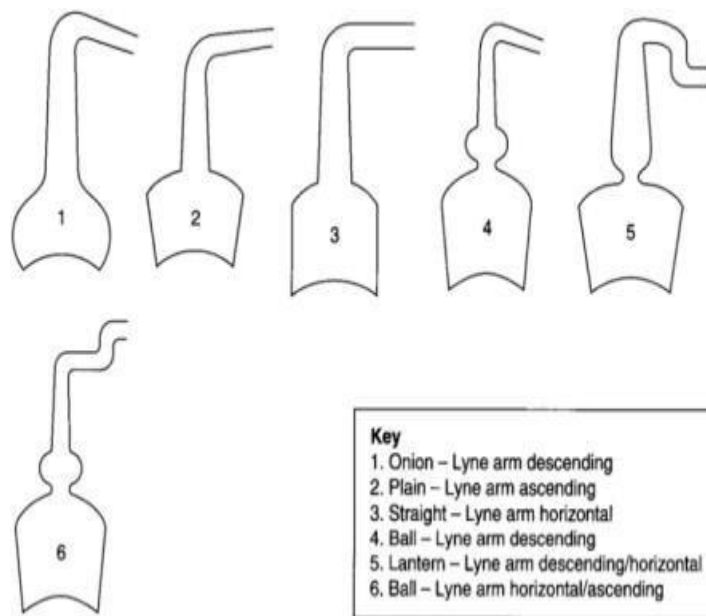
Στην περίπτωση του έμμεσου τρόπου θέρμανσης ο ατμός τροφοδοτείται μέσω ενός μπόιλερ πετρελαίου ή υγραερίου και μεταφέρεται από την κεντρική παροχή ατμού (κέντρο του μπόιλερ) με επιθυμητή πίεση στα εσωτερικά θερμαντικά στοιχεία του δοχείου. (Nicol, D. et al., 1989; Inge Russell, Graham Stewart, 2014)



Εικόνα 10: Πηνίο ατμού

Pot (Κύριος θάλαμος-Δοχείο):

Υπάρχουν διάφορα σχήματα όπως φαίνεται στην παραπάνω Σχήμα.

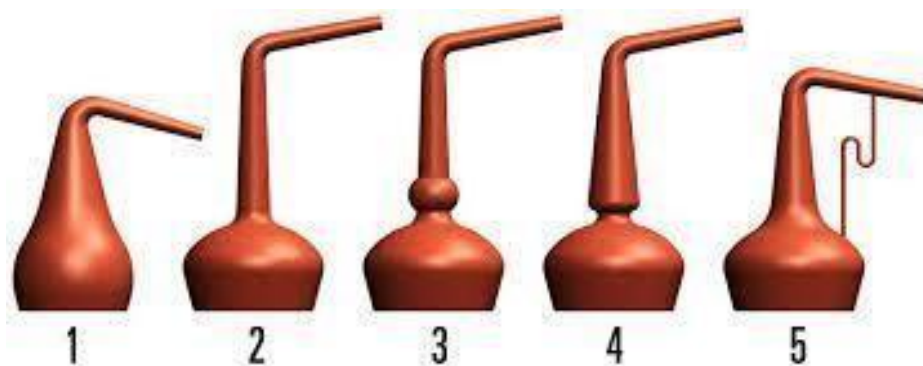


Εικόνα 11: 6 διαφορετικοί Pot

Στα δοχεία τα οποία θερμαίνονται με έμμεσο τρόπο θέρμανσης υπάρχει ένα φανάρια-αισθητήρας ο οποίος μας σιγουρεύει ότι τα πηνία θέρμανσης είναι βυθισμένα και μετά το τέλος της διαδικασίας της απόσταξης, κάτι το οποίο δεν δημιουργεί πρόβλημα στις περιπτώσεις των δοχείων με άμεσο τρόπο θέρμανσης. Το δοχείο είναι εξοπλισμένο με ασφάλειες κλειδώματος αέρα, είσοδος παροχής υγρού, έξοδος για απόσυρση υγρού μετά το τέλος της απόσταξης καθώς και βαλβίδες ασφαλείας. Το δοχείο (pot) συνδέεται (ogee) με τον λαιμό (swan neck). Υπάρχει και μια ορειχάλκινη ανθρωποθυρίδα η οποία κλειδώνει.

Swan neck (λαιμός):

Ο σχεδιασμός του λαιμού μπορεί να διαφέρει από αρκετά κοντός σε αρκετά ψηλός, μπορεί να είναι ελαφρώς κωνικός ή και ίσιος. Στη βάση του λαιμού μπορεί να είναι σχεδιασμένος με την μορφή σφαίρας ή να συνδέεται κατευθείαν με τον κύριο θάλαμο (pot) και να θυμίζει το σχήμα 'κρεμμυδιού'. Ο λαιμός είναι συνήθως εφοδιασμένος με δύο-απέναντι μεταξύ τους sight glasses (οπτικό γυαλί ή μετρητής νερού είναι ένας τύπος αισθητήρα στάθμης, ένας διαφανής σωλήνας μέσω του οποίου ο χειριστής μπορεί να παρατηρήσει τυχόν αφρισμό του αποστακτήρα). Μπορεί επίσης να περιλαμβάνει και ένα cold finger (κομμάτι εργαστηριακού εξοπλισμού που έχει την δυνατότητα να παρέχει κρύο νερό και χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση τυχόν αφρισμού εξαιτίας του βρασμού).



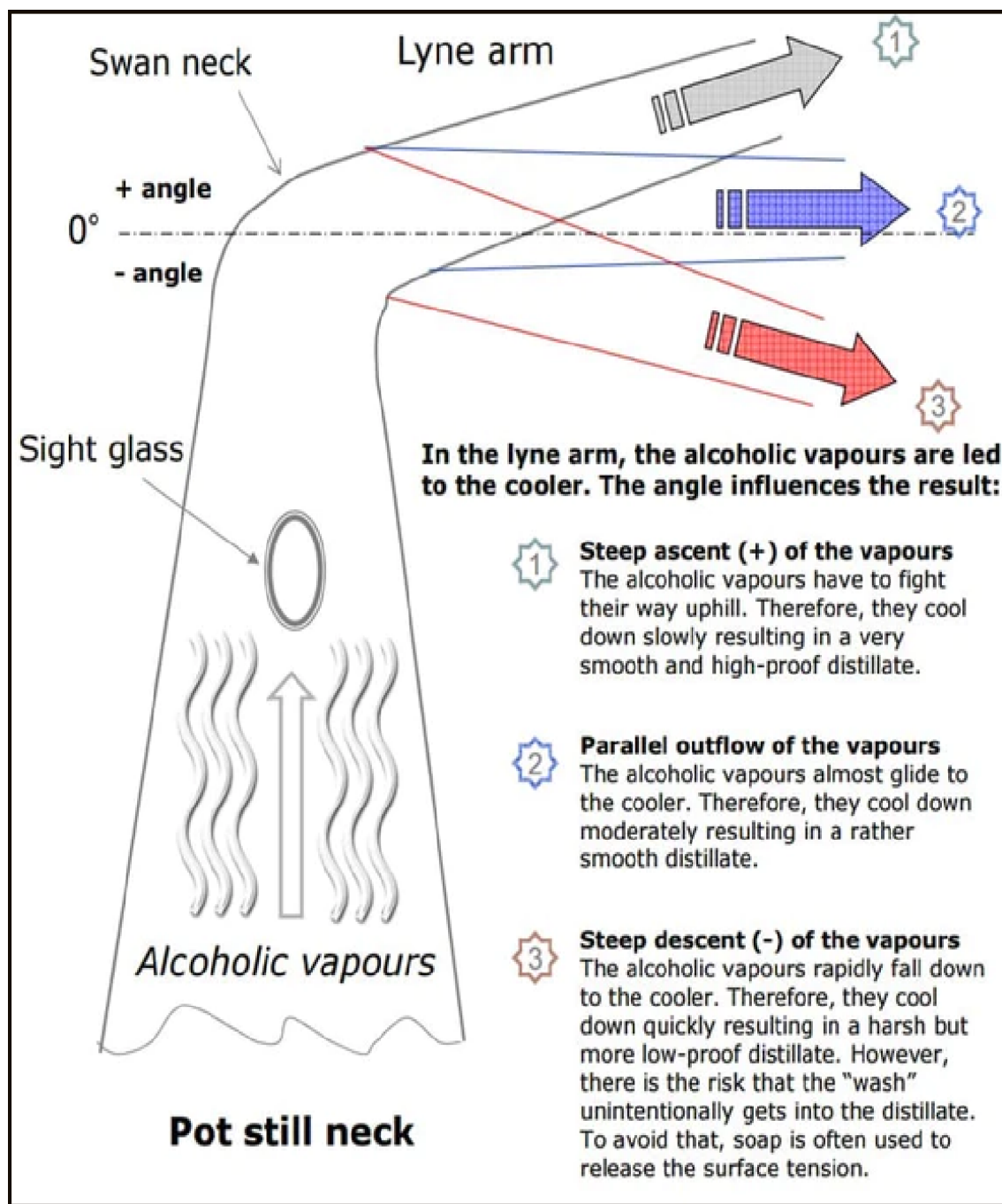
Εικόνα 12: 5 διαφορετικοί τύποι λαιμού.

Head (κεφάλι):

Η κεφαλή είναι μια κυρτή προέκταση του λαιμού που συνδέει τον λαιμό με τον βραχίονα. Η κεφαλή είναι εξοπλισμένη με ένα θερμόμετρο για να υποδεικνύει την θερμοκρασία του επικείμενου συμπυκνώματος. Το μήκος της κεφαλής θα καθορίσει τον βαθμό (Alan J. Buglass 2011)

Βραχίονας (lyne arm):

Ο βραχίονας ή σωλήνας ατμού είναι κυλινδρικής κατασκευής και συνδέει την κεφαλή με τον συμπυκνωτή. Η στάση του βραχίονα έχει σημαντική επίδραση στην ποιότητα του τελικού προϊόντος. Μπορεί να είναι σε οριζόντια θέση ή να έχει ανηφορική ή κατηφορική κλίση και μπορεί να έχει μικρό ή μεγάλο μήκος. Επίσης διακόπτεται από έναν καθαριστή, μια συσκευή εμπλουτισμένη με διαφράγματα και ψύχεται από εξωτερική επένδυση που περνάει νερό ή εσωτερικά από πηνίο. Αυτό χρησιμοποιείται για διευκολύνει τα λιπαρά οξέα να επιστρέψουν στο δοχείο προς απόσταξη. Ο καθαριστής επιστρέφει τα λιπαρά οξέα στο δοχείο μέσω σωλήνα σχήματος U. (Alan J. Buglass 2011)



Εικόνα 13: Διαφορετικοί τύποι swan neck και η επίδραση του καθενός στο προϊόν

Συμπυκνωτής (worm tub):

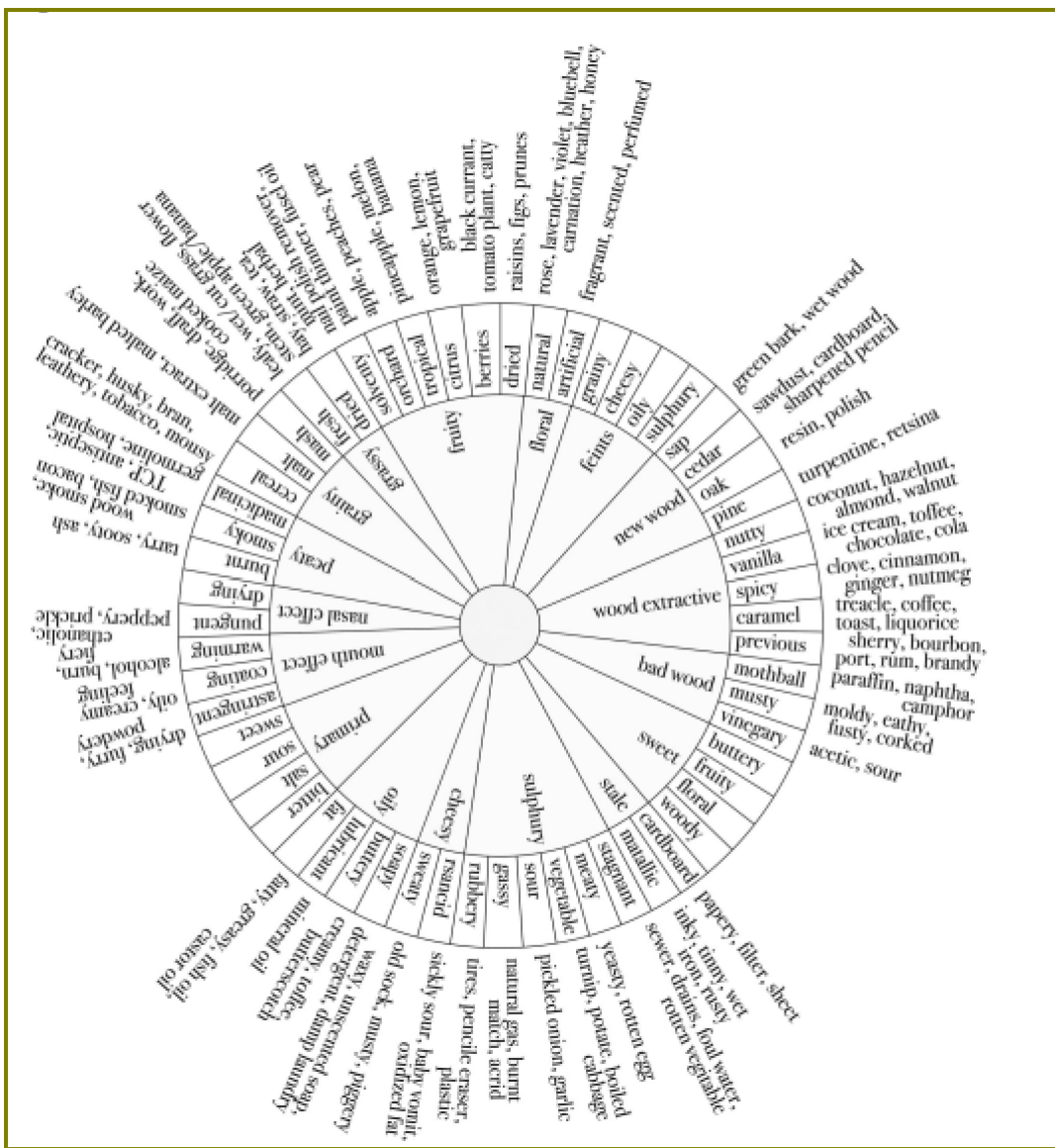
Είναι ένα δοχείο που περιέχει κρύο νερό και μέσα σε αυτό είναι βυθισμένη μια σωλήνα σε μορφή σπείρας. Επειδή τους καλοκαιρινούς μήνες η παροχή κρύου νερού δυσκολεύει λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας, πρέπει να υπάρχει ένας πύργος ψύξης ή ένας εναλλάκτης θερμότητας. Τα παραθαλάσσια αποστακτήρια παραδοσιακά μπορούν να χρησιμοποιούν το νερό της θάλασσας για αυτή την διαδικασία ψύξης-συμπύκνωσης (Alan J. Buglass 2011).

1.2.3.5 Χαρακτηριστικά whiskey

Μετά την εμφιάλωση, οι ομοειδείς ουσίες αποτελούν μόνο το 0,1% περίπου της τελικής σύνθεσης του whiskey (το νερό αποτελεί περίπου το 59,9% και η αιθυλική αλκοόλη το 40%), ωστόσο είναι αυτά τα ομογενή που δίνουν στα whiskey τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά. Η αναλυτική γνώση των whiskey έχει επεκταθεί γρήγορα με την εισαγωγή της αέριας χρωματογραφίας (GC) στη δεκαετία του 1960, της αέριας χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας (GC-MS) και της υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC). Πολλές εκατοντάδες ομοειδείς ουσίες έχουν πλέον εντοπιστεί στα whiskey, συμπεριλαμβανομένων αλκοολών, οξέων, εστέρων, ενώσεων καρβονυλίου, φαινολών, υδρογονανθράκων και ενώσεων που περιέχουν άζωτο και θείο. Επιπλέον, η αέρια χρωματογραφία-οσφρητική μέτρηση (GC-O), μια τεχνική που προτάθηκε για πρώτη φορά το 1964, έχει χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό ενώσεων που συμβάλλουν στο άρωμα του whiskey. Πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν αναλυτικές μέθοδοι για τον εντοπισμό και τον ποσοτικό προσδιορισμό των αρωματικών ενώσεων στο whiskey, συχνά συμβαίνει ότι τα επίπεδα των αρωματικών ενώσεων σε ένα μείγμα όπως το whiskey δεν μπορούν να εντοπιστούν άμεσα με την αισθητηριακή αντίληψη. Για παράδειγμα, συνδυασμοί ορισμένων ενώσεων μπορεί να έχουν συνεργιστικά ή συγκαλυπτικά αποτελέσματα. Επιπλέον, ορισμένες ενώσεις χωρίς δική τους αρωματική δράση μπορούν να ασκήσουν επίδραση στην αντίληψη των άλλων. Αυτό βρέθηκε ότι συμβαίνει με τους αιθυλεστέρες λιπαρών οξέων στο whiskey, όπου αυτές οι ενώσεις παγίδευαν άλλες αρωματοδραστικές ενώσεις στην υγρή φάση του whiskey, εμποδίζοντάς τις να συμβάλουν στο άρωμα (Barry Flaemso, 2007)

Το whiskey παρασκευάζεται από βυνοποιημένο κριθάρι, μαγιά και νερό και περιέχει πτητικές και μη πτητικές αρωματικές ενώσεις που προέρχονται τόσο από τις πρώτες ύλες όσο και από τις διαδικασίες παραγωγής, συμπεριλαμβανομένων

βυνοποίηση, πολτοποίηση, ζύμωση, απόσταξη και ωρίμανση. Η αισθητηριακή ανάλυση μπορεί να σκιαγραφήσει τον χαρακτήρα και την προέλευση των αρωματικών ενώσεων της κάθε διαδικασίας. Οι φαινολικές ενώσεις παράγονται κατά την καύση του βυνοποιημένου κριθαριού. Η ζύμη και τα φυσικά βακτήρια γαλακτικού οξέος επηρεάζουν τον χαρακτήρα κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Η απόσταξη σε χάλκινους αποστακτήρες επηρεάζει τη συμπεριφορά των θειούχων ενώσεων συμπεριλαμβανομένων των πολυσουλφιδίων. Τέλος, ο ρόλος της ωρίμανσης στα δρύινα βαρέλια περιλαμβάνει την εξαγωγή και απορρόφηση διαφόρων ενώσεων. Εξάγονται πτητικά και μη πτητικά, ενώ απορροφώνται δυσάρεστες ενώσεις θείου. (John D. E. Jeffery, 2012; Akira Wanikawa, 2020).



Εικόνα 14: Whiskey flavor wheel

1.2.3.6 Οργανοληπτικοί έλεγχοι στο whiskey

Οργανοληπτικοί έλεγχοι στο whiskey περιλαμβάνουν την αξιολόγηση των αισθητηριακών χαρακτηριστικών του whiskey χρησιμοποιώντας τις ανθρώπινες αισθήσεις, ειδικά τη γεύση, τη μυρωδιά και μερικές φορές την όραση και την αφή.

1. Γεύση: Αυτό περιλαμβάνει την αξιολόγηση του προφίλ γεύσης του whiskey, συμπεριλαμβανομένης της γλυκύτητας, της πικράδας, της οξύτητας και οποιωνδήποτε άλλων γεύσεων. Οι δοκιμαστές ενδέχεται επίσης να αξιολογήσουν την αίσθηση στο στόμα του whiskey.
2. Μυρωδιά (Άρωμα/Οσφρητική): Η μυρωδιά του whiskey είναι ένα κρίσιμο στοιχείο της συνολικής αισθητηριακής εμπειρίας. Οι δοκιμαστές αναλύουν τις διάφορες μυρωδιές παρούσες στο whiskey, όπως φρουτώδεις, λουλουδάτες, πικάντικες, ξυλώδεις ή καπνιστές νότες κ.α.
3. Όραση (Εμφάνιση): Παρόλο που δεν είναι τόσο σημαντική όσο η γεύση και η μυρωδιά για την αξιολόγηση του whiskey, η εμφάνιση μπορεί να παρέχει ενδιαφέρουσες πληροφορίες. Οι δοκιμαστές μπορεί να εξετάσουν το χρώμα, την καθαρότητα, το ιζώδες
4. Αφή (Υφή): Αυτή η πτυχή περιλαμβάνει την αξιολόγηση της φυσικής αίσθησης του whiskey στο στόμα, συμπεριλαμβανομένης της ομαλότητας, της ζεστασιάς και το πόσο παχύρευστο μπορεί να είναι το whiskey.

Οι οργανοληπτικοί έλεγχοι πραγματοποιούνται συνήθως από εκπαιδευμένους αισθητηριακούς δοκιμαστές ή ειδικούς που έχουν εμπειρία στην αξιολόγηση αλκοολούχων ποτών όπως το whiskey. Οι αξιολογήσεις τους παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα, το χαρακτήρα και τυχόν περιοχές βελτίωσης του whiskey. Αυτές οι αξιολογήσεις παίζουν κρίσιμο ρόλο στον έλεγχο ποιότητας, την ανάπτυξη προϊόντων και τη διασφάλιση της συνέπειας στην παραγωγή whiskey.

2 Υλικά και Μέθοδοι

Η παρούσα εργασία έχει σκοπό να ερευνήσει την επιρροή της χρήσης roasted malt στο αρωματικό προφίλ ενός σκωτσέζικου whiskey. Κατά την διαδικασία της πολτοποίησης χρησιμοποιήθηκε ένα μικρό ποσοστό roasted malt της τάξης των 10% και σκοπός είναι να διερευνηθεί αν συγκεκριμένα αρωματικά που περιέχονται στο roasted malt μπορούν να ανιχνευθούν και στο τελικό απόσταγμα. Οι μετρήσεις έγιναν με την χρήση αέριου χρωματογράφου-φασματογράφου μάζας (GC-MS). Τέλος, έλαβε χώρα οργανοληπτική αξιολόγηση των τελικών προϊόντων.

Όλες οι διαδικασίες παραγωγής του αποστάγματος πραγματοποιήθηκαν εξ ολοκλήρου στις εγκαταστάσεις της μικροζυθοποιίας Χίου (Chios Beer), όπως και ο εξοπλισμός για την παραγωγή ανήκει στην Chios Beer.

2.1 Πρώτες ύλες

2.1.1 Βύνη

1. WEYERMANN® DISTILLING malt MALT σε ποσοστό 90%
https://www.weyermann.de/wp-content/uploads/2022/12/Weyermann_Distilling_malt-Malt_Specification.pdf

Parameter:	Minimum:	Maximum:	Unit:
Moisture content		10	%
Extract (dry substance)	77		%
Color (EBC)		5	EBC
Color (Lovibond)		2.3	Lovibond
Protein (dry substance)		12.5	%
Diastatic power	500		WK

Εικόνα 15: Χαρακτηριστικά της βύνης που χρησιμοποιήθηκε

Η επιλογή της βύνης αυτής έγινε εξαιτίας της υψηλής διαστατικής δύναμης και ουδέτερων αρωματικών στοιχείων.



Εικόνα 16: Βήνη απόσταξης

2. WEYERMANN® ROASTED MALT σε ποσοστό 10%.

https://www.weyermann.de/wp-content/uploads/2021/02/Weyermann_Roasted_malt_Specification.pdf

Parameter:	Minimum:	Maximum:	Unit:
Moisture content		3.8	%
Extract (dry substance)	65		%
Color (EBC)	1000	1300	EBC
Color (Lovibond)	377.5	490.6	Lovibond

Η επιλογή του roasted malt είναι το επίκεντρο μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.



Εικόνα 17: Roasted Malt

Η θερμοκρασία που εφαρμόστηκε καθώς και ο χρόνος παραμονής σε αυτή την θερμοκρασία του συγκεκριμένου roasted malt ήταν 210°C για 110 λεπτά αντίστοιχα. (μετά από επικοινωνία με την εταιρεία παραγωγής της συγκεκριμένης βύνης, weyermann)

2.1.2 Μαγιά

Η μαγιά που επιλέχθηκε ήταν της Still Spirits Distiller's Whiskey Yeast του γένους *Saccharomyces Cerevisiae*.

<https://stillspirits.com/products/distillers-yeast-whiskey>

- Alcohol Tolerance: 15 ABV
- Attenuation: 90-100%
- Flocculation rate: Medium

2.1.3 Νερό

Χρησιμοποιήθηκε το νερό του Δήμου Χίου το οποίο έχει περάσει από αντίστροφη ώσμωση και δεν έγινε προσθήκη αλάτων λόγω του ότι η μαγιά δεν χρειάστηκε θρεπτικά για την ζύμωση

2.1.4 Oak chips

Είναι προσαρμοσμένα για μια διάρκεια εκχύλισης μεταξύ 3 εβδομάδων έως 3 μηνών και απευθύνονται σε αποστάγματα όπως του whiskey.

- Μέγεθος: 1 έως 3 cm (+ 0,5 cm)
- Προέλευση: γαλλική δρυς τριών κόκκων, 100% «καρδιάς» ξύλου χωρίς κόμβο από δάση ALLIER, JUPILLES, VOSGES, LIMOUSIN, NEVERS, TRONCAIS
- Κάψιμο: Μέτριο

2.2 Παραγωγή

Για την πραγματοποίηση της συνταγής χρησιμοποιήθηκαν 90% Distilling malt Malt και 10% Roasted malt. Το ποσοστό του Roasted malt που έγινε χρήση είναι το

μέγιστο δυνατό έτσι ώστε να μπορέσει να αποδώσει τα αρώματα χωρίς όμως να επηρεαστεί το ποσοστό εκχύλισης, καθώς τα ζυμώσιμα σάκχαρα που μπορεί να προσφέρει μια τέτοια ειδική βύνη είναι ελάχιστα.

Για την άλεση των δημητριακών έγινε χρήση του μηχανικού μύλου 2 κυλίνδρων. Η άλεση που πραγματοποιήθηκε έγινε με στόχο την επίτευξη του αποτελέσματος: 25% λέπυρα, 10% χοντρόκοκκο, 50% λεπτόκοκκο και 15% αλεύρι. Οποιαδήποτε άλεση με διαφορετικά ποσοστά θα δημιουργούσε πρόβλημα στη πολτοποίηση, με αποτέλεσμα χαμηλό ποσοστό εκχύλισης. Για παράδειγμα αν το ποσοστό από το αλεύρι ήταν πάνω από 20%, τότε κατά τη διαδικασία την διήθησης το στρώμα από τις βύνες θα ήταν πολύ σκληρό με αποτέλεσμα να μη μπορεί να γίνει έκπλυση. Από την άλλη αν το ποσοστό των χοντρών κόκκων ήταν πάνω από 10% τότε δεν θα μπορούσε να αποικοδομηθεί μεγάλο ποσοστό του αμύλου με συνέπεια το χαμηλό ποσοστό εκχύλισης και πάλι.

2.2.1 Πολτοποίηση και πρόγραμμα πολτοποίησης

Για την πραγματοποίηση της πολτοποίησης προστέθηκαν 20L νερού αντίστροφης όσμωσης σε θερμοκρασία 65°C στο δοχείο του GRAINFATHER G30. Η προσθήκη των δημητριακών έγινε τμηματικά για την αποφυγή δημιουργίας συσσωμάτων τα οποία θα δημιουργούσαν πρόβλημα στην εκχύλιση. Με την ολοκλήρωση της προσθήκης των δημητριακών η θερμοκρασία του πολτού έπεσε στους 63 °C όπου και είναι η επιθυμητή θερμοκρασία για να μπορέσει να δράσει η β αμυλαση. Μετά από 60 λεπτά παραμονής σε αυτή τη θερμοκρασία και ταυτόχρονης ανάδευσης, έγινε αύξηση της θερμοκρασίας στους 73°C, όπου είναι η επιθυμητή θερμοκρασία δράσης της α αμυλασης καθώς και παρέμεινε σε αυτή τη θερμοκρασία για 10 λεπτά. Μετα το πέρας του προγράμματος πολτοποίησης πραγματοποιήθηκε ο διαχωρισμός των βυνοϋπολειμμάτων και του καθαρού γλεύκους. Συνολικά μετά τον διαχωρισμό συλλέχθηκαν 17 λίτρα με μετρήσεις 18,8 °P και PH=5,42

2.2.2 Ψύξη

Μετά το πέρας της πολτοποίησης πρέπει να γίνει η ψύξη του γλεύκους σε θερμοκρασία κατάλληλη για την προσθήκη της μαγιάς. Ο κατασκευαστής του ζυμομύκητα δίνει ένα εύρος pitching temperatures από 18-34 °C. Εξαιτίας της έλλειψης κατάλληλου εξοπλισμού ζύμωσης με ελεγχόμενη την θερμοκρασία, και εξαιτίας της

χειμερινής περιόδου η ζύμωση έγινε στο χαμηλότερο όριο θερμοκρασίας, επομένως η ψύξη πραγματοποιήθηκε περίπου στους 20 °C. Εφόσον πραγματοποιήθηκε η ψύξη όλου του γλεύκους αφαιρέθηκε ένα δείγμα με σκοπό τον οργανοληπτικό έλεγχο. Το χρώμα ήταν βαθύ μαύρο και η γεύση γλυκόπικρη με αρώματα σοκολάτας και κακάο. Επίσης αισθητή ήταν η παρουσία της υψηλής περιεκτικότητας σακχάρων. Μετά τον οργανοληπτικό έλεγχο ακολούθησε ο εμβολιασμός.



Εικόνα 18:Γλεύκος

2.2.3 Ζύμωση

Ημέρα 1^η

Η ζύμωση πραγματοποιήθηκε μέσα σε πλαστικό κουβά 40 λίτρων. Μετά από 24 ώρες αφαιρέθηκε δείγμα με σκοπό τη μέτρηση της πυκνότητας και του PH καθώς και για να πραγματοποιηθεί οργανοληπτικός έλεγχος. Όπως φαίνεται και στην Σχήμα 19 - η οποία παρουσιάζεται στην συνέχεια - η ζύμωση ήταν πολύ ενεργή, κάτι το οποίο φάνηκε και στις μετρήσεις. Η πυκνότητα μέσα σε 24 ώρες κατέβηκε στους 2.6 °P και το PH στο 4.31. Η θερμοκρασία που είχε το δείγμα όταν μετρήθηκε ήταν στους 14.6 °C. Το άρωμα μπανάνας και σοκολάτας ήταν πολύ έντονο, ενώ η γεύση ήταν αρκετά γλυκιά με έντονη την παρουσία της αλκοόλης.

Ημέρα 2^η

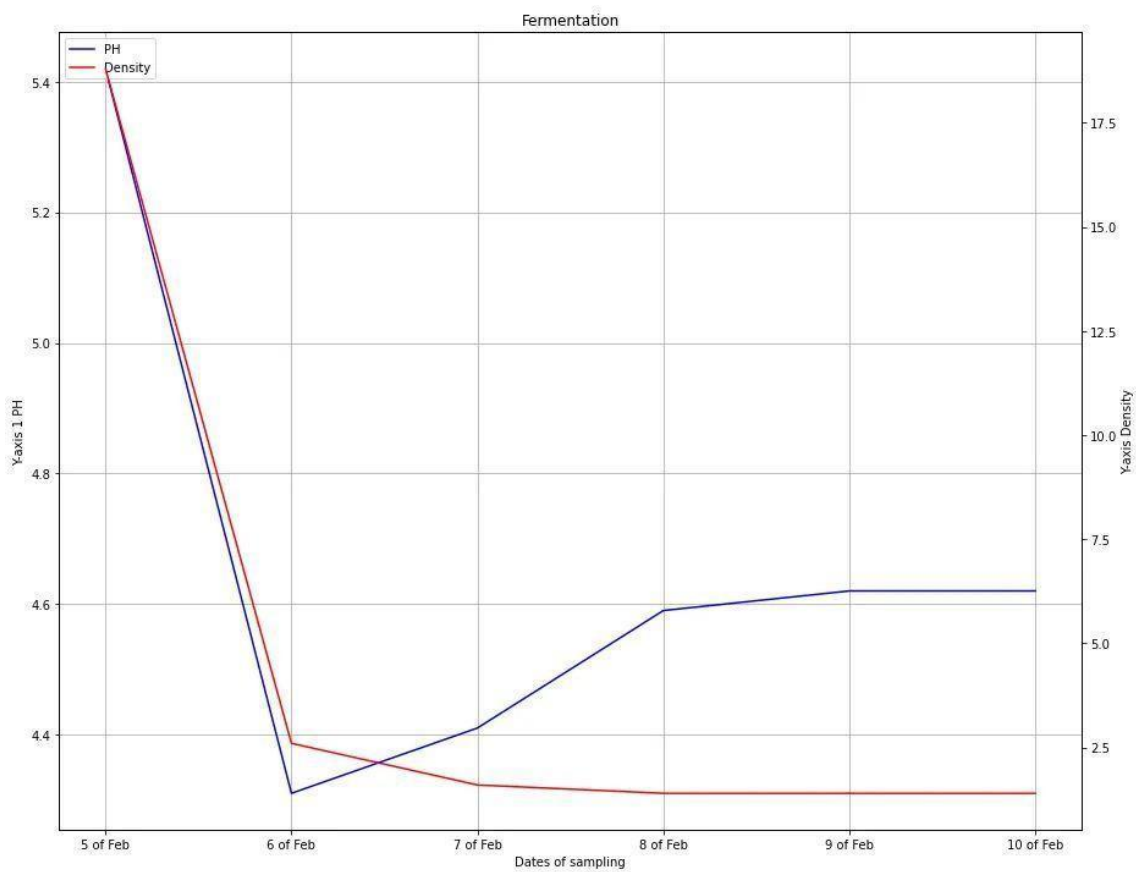
Μετά από δύο 24ωρα η πυκνότητα κατέβηκε στους 1,6 °P και το PH στο 4.41

Ημέρα 3^η έως 5^η:

Από το 3^ο 24ωρο και για τις επόμενες 3 ημέρες η πυκνότητα κατέβηκε στους 1,4^oP και παρέμεινε σταθερή, και το PH είχε τις τιμές 4.59, 4.62, 4.62 αντίστοιχα για τις 3 μέρες. Αυτή η μικρή αύξηση του PH φανερώνει ότι έχει ολοκληρωθεί η ζύμωση και ότι πλέον έχουμε το wash, το οποίο είναι έτοιμο για την πρώτη απόσταξη. Η γεύση και το άρωμα παρέμεινε καθ' όλη τη διάρκεια της ζύμωσης σχεδόν αμετάβλητο (μπανάνα και σοκολάτα) καθώς δεν υπήρξαν καθόλου αρώματα άλλων φρούτων.



Εικόνα 19: 2η ημέρα ζύμωσης



Διαγραμμα 1: Ζύμωση

2.2.4 Απόσταξη

Όλες οι μετρήσεις κατά την διαδικασία της απόσταξης πραγματοποιήθηκαν με την χρήση του Andom-Paar DMA 35 portable density meter (Εικόνα 20). Ο συγκεκριμένος μετρητής παρέχει δυνατότητα μεγάλης ακρίβειας ανά πάσα στιγμή, κάτι το οποίο το καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμο.



Εικόνα 20: Anton-Paar DMA 35 portable density meter

Για την απόσταξη χρησιμοποιήθηκε το πιλοτικό σύστημα του ζυθοποιείου όπου και πραγματοποιούνται πειραματικές παραγωγές μικρών παρτίδων ζύθου, με την προσθήκη όμως του χάλκινου ‘καπέλου’ απόσταξης. Το σύστημα είναι της Grainfather, συγκεκριμένα το GRAINFATHER G30 BREWING SYSTEM 30 λίτρων με την προσθήκη του Alembic Pot Copper Still. Μετά την αφαίρεση της λάσπης από τον κάδο ζύμωσης, έμειναν 15 λίτρα wash, τα οποία μεταφέρθηκαν από τον κάδο ζύμωσης στο δοχείο του Grainfather για να ξεκινήσει η φάση της απόσταξης. Το μέρος που ονομάζεται low wines χρησιμοποιήθηκε ως πρώτη ύλη για τη δεύτερη απόσταξη. Τα low wines είναι αποτέλεσμα της πρώτης απόσταξης και παράγονται από προϊόν που έχει υποστεί ζύμωση και αποστάζεται κατά τη διαδικασία του stripping run. Τα low wines χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για τη δεύτερη απόσταξη για να παράγουν ένα πιο καθαρό απόσταγμα, με υψηλή κατ' όγκο αλκοόλη (ABV). Κατά τη διαδικασία της πρώτης απόσταξης δεν πραγματοποιήθηκαν κοψίματα (foreshots/heads, hearts και tails). Η ποσότητα που συλλέχθηκε ήταν 3.5 λίτρα με 40.7 ABV στους 20 °C. Αυτή η ποσότητα μεταφέρθηκε ξανά στο δοχείο του Grainfather για να λάβει μέρος η δεύτερη απόσταξη. Κατά την φάση της δεύτερης απόσταξης πραγματοποιήθηκαν τρία κοψίματα-cuts, τα heads, hearts και tails. Το μέρος heads αντιστοιχεί γενικά στο μέρος του αποστάγματος που έχει πάνω από 76% ABV (περίπου 40ml στην προκειμένη περίπτωση). Πρόκειται για τις πτητικές αλκοόλες που προκύπτουν στην αρχή της απόσταξης και περιέχουν τις εξής χημικές ουσίες: ακεταλδεΐδη με σημείο βρασμού στους 20.8 °C, ακετόνη με σημείο βρασμού στους 56.2 °C, μεθανόλη με σημείο βρασμού στους 64.7°C. Το μέρος heads που συλλέχθηκε στο παρόν δείγμα είχε περιεκτικότητα αλκοόλης 79%, το οποίο διαχωρίστηκε κατά τη διαδικασία και στη

συνέχεια απορρίφθηκε. Το επόμενο τμήμα της απόσταξης είναι το κύριο μέρος (και ονομάζεται hearts ή καρδιά ή απλά απόσταγμα). Αυτό το μέρος του αποστάγματος διαχωρίζεται και αξιοποιείται πλήρως για το μετέπειτα στάδιο, της ωρίμανσης. Οι ουσίες που απαρτίζουν τα αλλά δύο μέρη της απόσταξης έχουν δυσάρεστες οσμές και περιέχουν κάποιες επιβλαβείς ουσίες για τον ανθρώπινο οργανισμό. Η κύρια ουσία που βρίσκεται στην καρδιά της απόσταξης είναι η αιθανόλη - αν και πολύ μικρές ποσότητες από ενώσεις που περιέχονται στα τμήματα heads και tails μπορεί να βρεθούν και εδώ, ανάλογα την καθαρότητα της απόσταξης. Η αιθανόλη ονομάζεται και αλλιώς αιθυλική αλκοόλη ή καθαρό και πόσιμο αλκοόλ και πρόκειται για ένα πτητικό, εύφλεκτο και άχρωμο υγρό. Εξαιτίας της επίδρασης της στο νευρικό σύστημα του ανθρώπου με αποτέλεσμα αίσθηση ευφορίας, θεωρείται ένα από τα πιο παλιά ψυχαγωγικά ναρκωτικά. Η αιθανόλη έχει σημείο βρασμού στους 78.2°C. Η συλλογή της ξεκινάει όταν το απόσταγμα έχει πέσει κάτω από τους 76 αλκοολικούς βαθμούς και ολοκληρώνεται μόλις πέσει μέχρι και στους 60 αλκοολικούς βαθμούς. Η ποσότητα του τμήματος hearts που συλλέχθηκε στο δείγμα ήταν 2.100ml. Μετά την “καρδιά”, ό,τι απόσταγμα βγαίνει από το συμπυκνωτή είναι βαριές, λιπαρές χημικές ενώσεις με υψηλό σημείο βρασμού, μεγάλο ποσοστό του οποίου είναι αδύναμο αλκοολικά υγρό, το οποίο αντιστοιχεί στο μέρος του αποστάγματος που ονομάζεται tails ή ουρές. Σε αυτό το μέρος του αποστάγματος, βρίσκεται το μεγαλύτερο ποσοστό φαινολών, δηλαδή τυρφοδών/καπνιστών, φαρμακευτικών και κρεάτινων αρωμάτων. Εναπόκειται στη διακριτική ευχέρεια του κάθε αποσταγματοποιού αν και πόσο από αυτό το μέρος θα κρατήσει για να το προσθέσει στο κύριο απόσταγμα. Όλες οι χημικές ενώσεις που περιέχονται στο τμήμα tails έχουν υψηλά σημεία βρασμού. Οι ενώσεις αυτές μπορεί να είναι οι εξής: Προπανόλη, Βουτανόλη, Ισοβουτυλική καρβινόλη, Fusel oils, οξικό οξύ και φουρφουράλη. Σε αυτό το μέρος του αποστάγματος περιμένουμε να βρεθούν οι χημικές ενώσεις οι οποίες προέρχονται από το roasted malt, οπότε συλλέχθηκε και το απόσταγμα που έφτασε μέχρι και τους 40 αλκοολικούς βαθμούς (περίπου 200ml). Η συνολική ποσότητα του αποστάγματος είναι 2.400ml με 62% αλκοολικούς βαθμούς.



Εικόνα 21: Αποστακτήρας Grainfather

2.3 Γευσιγνωσία

Πραγματοποιήθηκε γευσίγνωσία με την μέθοδο triangle test (Bengtsson and Helm, 1946). Η γευσίγνωσία έλαβε χώρα στο ζυθοποιείο Jopen Brewery, στο Haarlem της Ολλανδίας στην οποία συμμετείχαν 30 δοκιμαστές (11 γυναίκες και 19 άνδρες), μεταξύ άλλων και εκπαιδευμένοι εργαζόμενοι της Jopen Brewery και Gospel Spirits, ηλικίας 31 έως 45 χρονών. Το ένα από τα τρία δείγματα ήταν το απόσταγμα με την χρήση roasted malt (10% roasted malt και 90% distilling malt) και τα άλλα δύο ήταν αποστάγματα single malt (100% distilling malt). Χρησιμοποιήθηκε τυχαία αρίθμηση για τα 3 δείγματα και οι συμμετέχοντες δεν γνώριζαν ποιο δείγμα δοκίμαζαν. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν με την σειρά που αναφέρονται παρακατω:

Το δείγμα νο.675 ήταν το δείγμα με την χρήση του roasted malt.

Δείγμα νο.568: 7 Συμμετέχοντες έκριναν ότι αυτό το δείγμα ήταν διαφορετικό σε σχέση με τα άλλα δύο.

Δείγμα νο.340: 3 Συμμετέχοντες έκριναν ότι αυτό το δείγμα ήταν διαφορετικό σε σχέση με τα άλλα δύο.

Δείγμα no.675: 20 Συμμετέχοντες έκριναν ότι αυτό το δείγμα ήταν διαφορετικό σε σχέση με τα άλλα δύο.

2.4 Χημική ανάλυση

Η μέτρηση των συγκεκριμένων κατηγοριών αρωματικών ενώσεων έγινε με τη χρήση αέριου χρωματογράφου GC-MS (Fred McLafferty and Roland Gohlke, 1955-56). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο χημικό εργαστήριο του VLB Berlin, στην περιοχή του Βερολίνου. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν 2 δείγματα του αποστάγματος με την χρήση του roasted malt, των 50ml το καθένα. Ζητήθηκε η μέτρηση των εξής κατηγοριών αρωματικών ενώσεων:

1. Πυραζίνες
2. Φαινόλες
3. Μία σειρά από Volatile Organic Compounds (VOCs) που μπορούν να ανιχνευθούν στο roasted malt. (Cong Wang et al., 2022). Η λίστα αυτών θα παρουσιαστεί αναλυτικά στην ενότητα των αποτελεσμάτων.

Οι συγκεκριμένες κατηγορίες μπόρεσαν να μετρηθούν με την χρήση της συγκεκριμένης στήλης με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Capillary Tubing	Fused Silica
Film Thickness	0.25 μm
Format	7 inch
Inner Diameter (ID)	0.25 m
Length	30 m
Phase	DB-WAX
Polarity	High Polarity
Temperature Range	20 °C-250/260 °C

3 Αποτελέσματα & Συζήτηση

Στο παρόν κεφάλαιο, θα αναλυθούν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν με τη μέθοδο triangle testing, η οποία αναφέρθηκε και ανωτέρω. Ο στόχος είναι να διαπιστώσουμε αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων που εξετάστηκαν.

3.1 Αποτελέσματα γευσίγνωσίας

Η δοκιμή triangle testing περιελάμβανε 30 συμμετέχοντες, οι οποίοι κλήθηκαν να προσδιορίσουν ποιο από τα 3 δείγματα που δοκίμασαν διέφερε από τα άλλα δύο. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν περιλαμβάνουν τις απαντήσεις των συμμετεχόντων.

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση binomial test. Αυτό το είδος τεστ χρησιμοποιείται για να εξεταστεί αν η πιθανότητα οι συμμετέχοντες να κάνουν τη σωστή επιλογή είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετική από την πιθανότητα να κάνουν τη σωστή επιλογή τυχαία. Εν προκειμένω η πιθανότητα οι συμμετέχοντες να κάνουν τη σωστή επιλογή τυχαία είναι $P = \frac{1}{3}$, εφόσον τα δείγματα ήταν τρία και το ένα εκ των τριών ήταν το διαφορετικό. Επομένως η μηδενική υπόθεση ορίζει ότι η πιθανότητα οι συμμετέχοντες να κάνουν τη σωστή επιλογή είναι ίση με την πιθανότητα να κάνουν τη σωστή επιλογή τυχαία ($H_0: p = \frac{1}{3}$). Αντιστοίχως, η εναλλακτική υπόθεση ορίζει ότι η πιθανότητα οι συμμετέχοντες να κάνουν τη σωστή επιλογή είναι μεγαλύτερη από την πιθανότητα να κάνουν τη σωστή επιλογή τυχαία ($H_1: p > \frac{1}{3}$). Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας α ορίστηκε στο 0.05. Από το binomial test προέκυψε ότι το p-value = 0,0002. Επομένως, εφόσον το p-value που βρέθηκε μετά την εφαρμογή του τεστ είναι μικρότερο από το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας, υπάρχουν επαρκή στοιχεία για να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση ($H_0: p = \frac{1}{3}$).

3.2 Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης

Οι μετρήσεις με τον αέριο χρωματογράφο έδειξαν τα αρωματικά στοιχεία που εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις:

Αρωματικές Ενώσεις	Μέσος Όρος ± std
Οξικός αιθυλεστερας	245.0 ± 1.91
Μεθανόλη	21.3 ± 0.46
2-Βουτανόλη	3.7 ± 0.13
1-προπανόλη	340.0 ± 1.73
Ισοβουτανόλη	663.0 ± 2.65
Οξικός ισοαμυλεστέρας	64.6 ± 0.66
Αλλυλική αλκοόλη	0.1 ± 0.00
1-βουτανόλη	6.6 ± 0.17
2-μεθυλοβουτανόλη	324.0 ± 1.80
3-μεθυλοβουτανόλη	1520.0 ± 1.73
Εξανοϊκός αιθυλεστέρας	16.6 ± 0.20
1-πεντανόλη	2.0 ± 0.17
Γαλακτικός αιθυλεστέρας	0.1 ± 0.00
1-εξανόλη	3.0 ± 0.14
Οκτανοϊκός αιθυλεστέρας	5.6 ± 0.11
φουρφουράλη	4.4 ± 0.14
βενζαλδεΐδη	0.1 ± 0.00
Δεκανοϊκός αιθυλεστέρας	6.4 ± 0.19
2-φαινυλαιθυλεστέρας	10.9 ± 0.20
Βενζυλαλκοόλη	0.1 ± 0.00
Φαιναιθυλική αλκοόλη	15.3 ± 0.17
Πυραζίνες	nan ± nan
2-μεθυλοπυραζίνη	2248.7 ± 8.08
Sum:2,5-διμεθυλοπυραζίνη, 2,6-διμεθυλοπυραζίνη	405.4 ± 1.25
2,3-διμεθυλοπυραζίνη	238.3 ± 1.42
2,3,5 τριμεθυλοπυραζίνη	96.1 ± 0.51
2-προπυλοπυραζίνη	5.7 ± 3.79
2-ακετυλοπυραζίνη	28.9 ± 18.35
2-αιθύλ-3,6-διμεθυλοπυραζίνη	132.4 ± 2.21
2-αιθύλ-3,5-διμεθυλοπυραζίνη	32.3 ± 0.27
2,3-διμεθύλ-5μεθυλοπυραζίνη	11.6 ± 0.22
Φαινόλες	nan ± nan
Γουαϊακόλη	182.0 ± 1.00
4-αιθυλοφαινόλη	27.2 ± 0.20
4-βινυλοφαινόλη	11.6 ± 7.33
4-αιθύλ γουαϊακόλη	97.4 ± 1.35
4-βινυλγουαϊακόλη	28.9 ± 18.35
Ευγενόλη	11.3 ± 0.19

Πίνακας 1: αποτελέσματα μετρήσεων GC-MS

Τα αποτελέσματα είναι εκφρασμένα σε mg/L, καθώς όλες οι πυραζίνες και φαινόλες είναι εκφρασμένες σε µg/kg. Παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα παρουσιάζουν κυρίως χαμηλές τυπικές αποκλίσεις, υποδεικνύοντας ότι οι μετρήσεις είναι σχετικά συγκεντρωμένες γύρω από τις μέσες τιμές. Εξαιρεση αποτελεί η τιμή "28.9 ± 18.35", όπου η μεγάλη τυπική απόκλιση υποδηλώνει υψηλή διασπορά των δεδομένων, δηλαδή τη διασπορά των αποτελεσμάτων από τις χημικές μετρήσεις. Επίσης, παρατηρούμε αρκετές τιμές με μηδενική ή σχεδόν μηδενική τυπική απόκλιση, γεγονός που δείχνει υψηλή ακρίβεια στις μετρήσεις αυτών των τιμών. Τέλος, η παρουσία ενός ναο (NaN) στα δεδομένα υποδηλώνει έλλειψη επαρκών πληροφοριών για τη συγκεκριμένη μέτρηση, λόγω πιθανής ανεπάρκειας του εργαστηρίου.

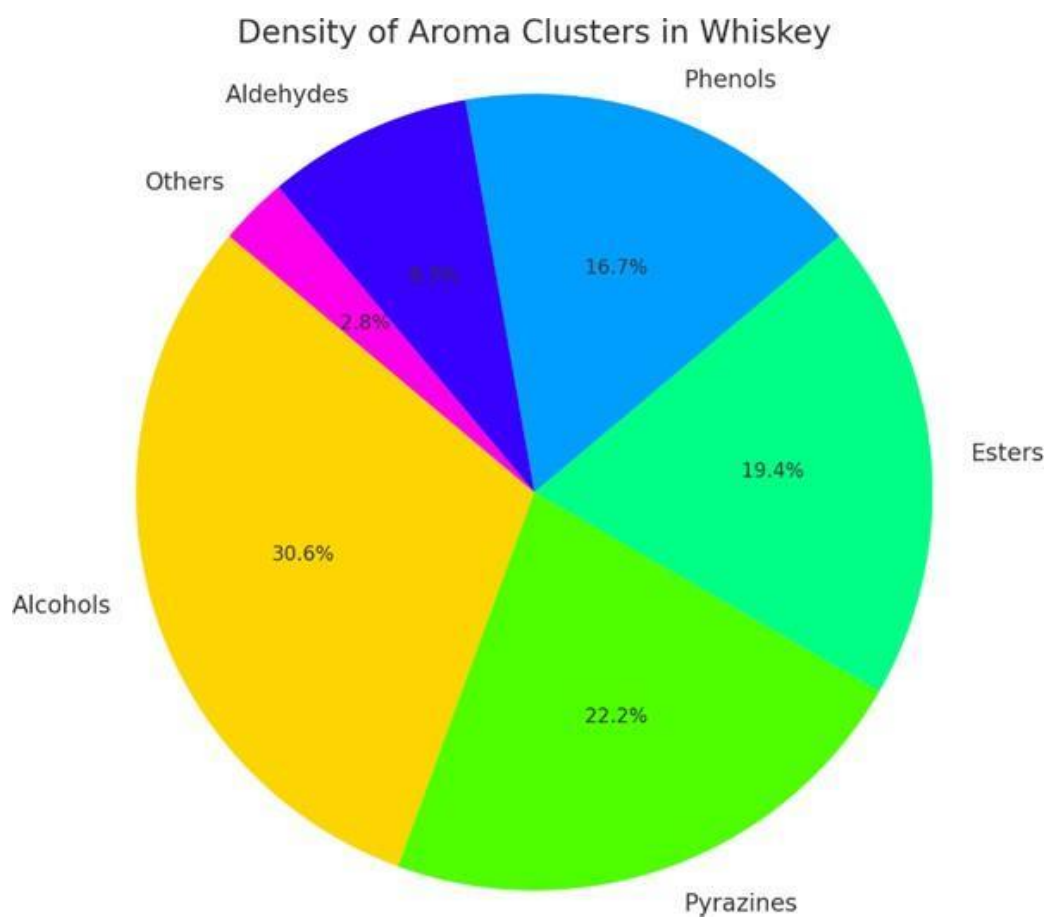
Μεταξύ των αρωματικών που ανιχνεύθηκαν στο δείγμα, βρέθηκαν οι εξής πυραζίνες: 2-Methylpyrazine, 2,5-Dimethylpyrazine, 2,3-Dimethylpyrazine, 2,3,5-Trimethylpyrazine και 2-Acetylpyrazine. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με αντίστοιχα ευρήματα προηγούμενων ερευνών (Rūtelė Marčiulionytė, 2022; Cong Wang, 2022; Hebe Parr, 2020; Edward Collins, 1971; R.J. Harding, 1977) Κοινός παράγοντας μεταξύ των ευρημάτων αυτών είναι η υψηλή θερμοκρασία παραγωγής της βύνης (η ανίχνευση των πυραζινών συνδέεται συγκεκριμένα με βύνη που έχει ψηθεί σε θερμοκρασίες των 115 °C ή υψηλότερες). Έχει υποστηριχθεί ότι οι πυραζίνες είναι αζωτούχα ετεροκυκλικά μόρια που σχηματίζονται από αλληλεπιδράσεις μεταξύ ελεύθερου αμινο-αζώτου (FAN) και αναγωγικών σακχάρων κατά τη διάρκεια της αντίδρασης Maillard. Βρίσκονται συνήθως σε καβουρδισμένα τρόφιμα όπως κριθάρι, κακάο, καφές και ξηροί καρποί. Η παραγωγή των πυραζινών απαιτεί σημαντική θερμική ενέργεια σε σύγκριση με άλλα προϊόντα της αντίδρασης Maillard, όπως τα ετεροκυκλικά που περιέχουν οξυγόνο. (Rūtelė Marčiulionytė, 2022).

Στο δείγμα ανιχνεύθηκε επίσης το αρωματικό στοιχείο furfural το οποίο μπορεί να σχηματιστεί είτε μέσω της καραμελοποίησης είτε μέσω των αντιδράσεων Maillard. Έχει βρεθεί ότι η συγκέντρωση αυτού του στοιχείου αυξάνεται ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά την διαδικασία της βυνοποίησης. Η συγκέντρωση του στοιχείου στο συγκεκριμένο δείγμα είναι 4,36 mg/L. Σύμφωνα με τους Parr (2020) και Hellwig (2020) η συγκέντρωση αυτή μπορεί να προέλθει πολλές φορές από χρήση θερμοκρασίας μεταξύ 135 και 230 °C κατά την διαδικασία της βυνοποίησης. Επομένως

δεν μπορούμε να πούμε με σιγουριά αν το συγκεκριμένο στοιχείο, σε αυτό το δείγμα, έχει προέλθει από την roasted malt ή από την distilling malt.

Σύμφωνα με τους Woffenden (2001), Beal (1994) και Fickert (1999) η 3-methylbutanal μπορεί να φτάσει το μέγιστο επίπεδο της σε γλεύκος το οποίο παρασκευαστηκε με 150 EBC απο την χρήση ειδικών βυνών. Έχει αποδειχθεί ότι η 3-methylbutanal συμβάλλει στον έντονο βυνώδη χαρακτήρα των σκούρων βυνών. Αυτή η αλδεΐδη μπορεί να μετατραπεί σε 3-methylbutanol κατά την διάρκεια της ζύμωσης (Stefan Coghe, 2001). Στις μετρήσεις του δείγματος βρίσκεται το στοιχείο 3-methylbutanol κάτι το οποίο είναι λογικό εφόσον το δείγμα έχει ήδη υποστεί την διαδικασία της ζύμωσης, σε συγκέντρωση 1520mg/L κάτι το οποίο με βαση τα παραπάνω μπορεί να υποστηριχθεί ότι οφείλεται στην χρήση roasted malt.

Σύμφωνα με τον Marčiulionytė (2022) η 4-ethylguaiacol ανιχνεύεται σε δείγματα όπου έγινε χρήση βύνης η οποία έχει υποστεί ψήσιμο σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 220 °C (0.03–0.16mg/LAA). Στο εξεταζόμενο δείγμα η ποσότητα του συγκεκριμένου αρωματικού βρέθηκε να είναι 97,4 μg/L, κάτι το οποίο με βαση την συγκεκριμένη έρευνα, μπορούμε να πούμε ότι έχει προέλθει από την χρήση της roasted malt. Οι Steinke (1964) και Lehtonen (1983) αναφέρουν ότι, μεταξύ άλλων, τα στοιχεία- Guaiacol 4-ethylphenol, 4-vinylphenol, 4-ethyl guaiacol, 4-vinylguaiacol και Eugenol προέρχονται από την χρήση επεξεργασμένων βυνών σε υψηλές θερμοκρασίες, καθώς και απο την χρήση smoked και peated malts. Επομένως, μπορούμε να πούμε ότι στο εξεταζόμενο δείγμα τα συγκεκριμένα αρωματικά (της κατηγορίας των φαινολών) προέρχονται από την χρήση της καβουρδισμένης βύνης. Η συγκεκριμένη κατηγορία αρωματικών χαρακτηρίζονται από το έντονο καπνιστό βυνώδες αρωμα, κάτι το οποίο υπήρξε στα σχόλια των δοκιμαστών κατά την γευσιγνωσία.



Διάγραμμα 2: Ομάδες αρωματικών στο δείγμα 1

Αποτελέσματα	Κατηγορία αρώματος
Ακεταλδεΐδη	Αλδεΐδη
Αιθυλεστέρας	Φρουτώδη
Μεθανόλη	Αλκοολικό
2-2-Βουτανόλη	Αλκοολικό
1-προπανόλη	Αλκοολικό
Ισοβουτανόλη	Αλκοολικό
Ισομυλεστέρρας	Φρουτώδη
Allyl alcohol	Αλκοολικό
1-Βιουτανόλη	Αλκοολικό
2-Μεθύλ-βουτανόλη	Αλκοολικό
3-Μεθύλ βουτανόλη	Αλκοολικό
Εθυλοεξανικός αιθυλεστέρας	Φρουτώδης
1-Πεντανόλη	Αλκοολικό
Αιθυλογαλακτικό	Φρουτώδη
1-Εξανόλη	Αλκοολικό
Αιθυλοοκτανοϊκός αιθυλεστέρας	Φρουτώδη

Φουρφουράλη	Αλδεϋδη
-------------	---------

Βενζαλδεϋδη	Αλδεϋδη
Αιθυλοδεκανοϊκός αιθυλεστέρας	Φρουτώδη
2-φαινυλαιθυλεστέρας	Φρουτώδη
Βενζυλική αλκοόλη	Αλκοολικό
Φαινυλαιθυλική αλκοόλη	Αλκοολικό
2-μεθυλοπυραζίνη	Καρπώδη
Sum: 2,5- διμεθυλοπυραζίνη 2,6- διμεθυλοπυραζίνη	Καρπώδη
2,3-διμεθυλοπυραζίνη	Καρπώδη
2,3,5-τριμεθυλοπυραζίνη	Καρπώδη
2-προπυλοπυραζίνη	Καρπώδη
2-ακετυλοπυραζίνη	Καρπώδη
2-αιθυλο-3,6-διμεθυλοπυραζίνη	Καρπώδη
2,3-διαιθυλο-5-μεθυλοπυραζίνη	Καρπώδη
Γουαϊακόλη	Φαινολικό
4-αιθυλοφαινόλη	Φαινολικό

4-Βινυλοφαινόλη	Φαινολικό
4-Αιθυλογοαΐακόλη	Φαινολικό

4-Βινυλγουαΐακόλη	Φαινολικό
Ευγενόλη	Φαινολικό

Πίνακας 2: αποτελέσματα μετρήσεων GC-MS κατηγοριοποιημένα στο γευστικό προφίλ που ανήκουν.

4 Συμπεράσματα

Ο βασικός λόγος χρήσης του roasted malt κατά την διαδικασία της παραγωγής είναι η επιρροή που ενδέχεται να αποφέρει στο τελικό αρωματικό προφίλ του αποστάγματος, κάτι το οποίο δεν μπορεί να προσφέρει η χρήση μιας ελαφριάς ψημένης βύνης. Με βάση τη συγκεκριμένη έρευνα μπορούμε να πούμε ότι το ποσοστό χρήσης 10% roasted malt μπορεί να ασκήσει επιρροή στο αρωματικό προφίλ του τελικού προϊόντος. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της γευστικής δοκιμής που πραγματοποιήθηκε μέσω του triangle test, επιβεβαιώνει την επιρροή της χρήσης του roasted malt στο δείγμα. Συγκεκριμένα οι περισσότεροι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι το στοιχείο που διέφερε μεταξύ των δειγμάτων ήταν το άρωμα σοκολάτας, ενώ κάποιοι άλλοι ξεχώρισαν το άρωμα καπνού. Στο κομμάτι των χημικών αναλύσεων μπορούμε να πούμε ότι εξαιτίας της παρουσίας κάποιων πυραζινών, και φαινολών, υπήρξε επιρροή του roasted malt στο δείγμα.

Ωστόσο η συγκεκριμένη εργασία έχει κάποιους περιορισμούς. Κατ' αρχάς η μέθοδος της γευσιγνωσίας μέσω triangle test, αν και είναι ευρέως αποδεκτή και χρησιμοποιείται συχνά, μπορεί να μην παρέχει πάντα ασφαλή συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, διάφοροι παράγοντες όπως η κόπωση ή οι προσωπικές προτιμήσεις των συμμετεχόντων ή ακόμα και η διάθεση τους μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια των απαντήσεών τους. Επιπλέον, αν οι διαφορές μεταξύ των δειγμάτων είναι πολύ μικρές, οι συμμετέχοντες ενδέχεται να μην μπορούν να διακρίνουν τις διαφορές ή ακόμα κι αν εντοπίσουν μια διαφορά, ενδέχεται η φύση της διαφοράς να μην είναι σαφής και να είναι δύσκολο να προσδιοριστεί. Οι συμμετέχοντες μπορεί σε αυτή την περίπτωση να προσπαθήσουν να "μαντέψουν" την σωστή απάντηση αντί να βασιστούν μόνο στις αισθήσεις τους, κάτι που μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα. Το περιβάλλον στο οποίο γίνεται η δοκιμή (π.χ., φωτισμός, θερμοκρασία, θόρυβος) μπορεί επίσης να επηρεάσει την αντίληψη των συμμετεχόντων και τα αποτελέσματα της δοκιμής. Τέλος, η μέθοδος triangle test βασίζεται στη στατιστική ανάλυση. Επομένως ακόμη και αν υπάρχει διαφορά μεταξύ των δειγμάτων, αν αυτή η διαφορά είναι μικρή μπορεί να μην είναι επαρκής και τα αποτελέσματα να κριθούν στατιστικά μη σημαντικά. Τη στατιστική σημαντικότητα μπορεί επίσης να έχει επηρεάσει και ο μικρός αριθμός των συμμετεχόντων. Για τους παραπάνω λόγους, το triangle test μπορεί να μην παρέχει πάντα ασφαλή συμπεράσματα και είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι περιορισμοί του και να συμπληρώνεται με άλλες μεθόδους και εργαλεία αξιολόγησης όταν είναι δυνατόν.

Όσον αφορά στη χημική ανάλυση μέσω GC-MS, προκειμένου να προκύπτει με ασφάλεια η συγκεκριμένη επιρροή του roasted malt στο απόσταγμα, θα έπρεπε η ανάλυση αυτή να έχει γίνει και σε ένα δείγμα του οποίου η μοναδική διαφορά με το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε θα ήταν η έλλειψη χρήσης του roasted malt (control sample). Η χρήση ενός τέτοιου δείγματος (control sample) θα μας επέτρεπε να συμπεράνουμε ότι οποιαδήποτε διαφορά στο αρωματικό προφίλ ανάμεσα σε αυτό και στο δείγμα με τη χρήση roasted malt θα οφειλόταν αποκλειστικά στην προσθήκη του roasted malt, εφόσον όλες οι άλλες συνθήκες θα ήταν ίδιες μεταξύ των δύο δειγμάτων. Ωστόσο κάτι τέτοιο ήταν πέραν των οικονομικών δυνατοτήτων και προσδοκιών της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας και γι αυτό το λόγο δεν πραγματοποιήθηκε.

Βιβλιογραφία

- Beal, A.D. and Mottram, D.S., *Compounds contributing to the characteristic aroma of malted barley*. J. Agric. Food Chem., 1994, 42, 2880–2884
- Buglass, A. J. (2011). Title of the chapter. In A. J. Buglass (Ed.), *Handbook of Alcoholic Beverages: Technical, Analytical and Nutritional Aspects* (pp. 487-491). John Wiley & Sons, Ltd.
- Coghe, S., Martens, E., D’Hollander, H., Dirinck, P. J., & Delvaux, F. R. (2004). Sensory and instrumental flavour analysis of wort brewed with dark specialty malts. *Journal of the Institute of Brewing*, 110(2), 94–103.
- Coghe, Stefan, et al. “Development of Maillard Reaction Related Characteristics during Malt Roasting.” *Journal of the Institute of Brewing*, vol. 112, no. 2, 2006, pp. 148–156,
- Collins, E. Steam Volatile Components of Roasted Barley. J. Agric. Food Chem. 1971, 19, 533–535.
- Fickert, B. and Schieberle, P., Comparative study on the flavour of caramalt and caramalt beer. Proceedings of the European Brewery Convention Congress, Cannes, IRL Press: Oxford, 1999, pp. 71–78
- Flarmson, B. (2007). *Peat source and its impact on the flavour of Scotch whisky* (Doctoral dissertation). International Centre for Brewing and Distilling, School of Life Sciences, Heriot-Watt University, Edinburgh.
- Gas-Liquid Chromatographic Determination of Volatile Phenols in Matured Distilled Alcoholic Matti Lehtonen *Journal of Association of Official Analytical Chemists*, Volume 66, Issue 1, 1 January 1983, Pages 62–70
- Harding, R. J., & Wren, J. J. (1978). Volatile basic compounds derived from roasted barley. *Journal of the Institute of Brewing*, 84(1), 41-42
- Harding, R. J.; Wren, J. J.; Nursten, H. E. Volatile Basic Compounds Derived from Roasted Barley. J. Inst. Brew. 1978, 84, 41–42
- Jeffery, J. D. E. (2012). *Aging of whiskey spirits in barrels of non-traditional volume* (Master's thesis, Michigan State University).

- Kosar, K. R. (2010). *Whiskey: A global history*. Reaktion Books.
- Kunze, Wolfgang, and Hans-Jurgen Manger. 2004. *Technology Brewing and Mating*. VLB Berlin
- Lee, T.W. (1986). Quantitative determination of medium chain triglycerides in infant formula by reverse phase HPLC. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 63:317. Cited in Food Sci. Technol. Abstr. 18(10): 115 (1986).
- Mackey KL. (1989). A generalized viscosity model for the cooking extrusion of starch based products [DPhil dissertation]. East Lansing: Michigan State University. Available from UMI., Ann Arbor, Mich.
- Marčiulionytė, R., Johnston, C., Maskell, D. L., Mayo, J., Robertson, D., Griggs, D., & Holmes, C. P. (2022). Roasted malt for distilling: Impact on malt whisky new make spirit production and aroma volatile development. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 80(4), 329-340.
- Miller. 2019, G. H. *Whisky science: A condensed distillation*. Springer
- Mosedale, J. R. (1994). *Thesis submitted to the University of Oxford for the degree of Doctor of Philosophy, Michaelmas term 1994*. Trinity College and Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford
- Nicol, D. (1989). Batch distillation. In J. R. Piggott, R. Sharp, & R. E. B. Duncan (Eds.), *The Science and Technology of Whiskies* (pp. 118-147). Longman Scientific and Technical.
- Nose, A., Hamasaki, T., Hojo, M., Kato, R., Uehara, K., & Ueda, T. (2005). *Hydrogen bonding in alcoholic beverages (Distilled spirits) and Water–Ethanol mixtures*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(18), 7074–7081.
- Owens, B., Dikty, A., & Maytag, F. (2009). *The art of distilling whiskey and other spirits: An enthusiast's guide to the artisan distilling of potent potables*. Quarry Books.
- Parr, H., Bolat, I., & Cook, D. (2021). Modelling flavour formation in roasted malt substrates under controlled conditions of time and temperature. *Food Chemistry*, 337, 127641.
- Parr, H.; Bolat, I.; Cook, D. Modelling Flavour Formation in Roasted Malt Substrates under Controlled Conditions of Time and Temperature. *Food Chem.* 2021, 337

- Reazin, G. H. (1981). Chemical mechanisms of whiskey maturation. *American Journal of Enology and Viticulture*, 32(4), 283-289.
- Risner, D., Shayevitz, A., Haapala, K., Meunier-Goddik, L., & Hughes, P. (2018). *Fermentation and distillation of cheese whey: Carbon dioxide-equivalent emissions and water use in the production of whey spirits and white whiskey*. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 2963–2973.
- Russell, I., Stewart, G., Bamforth, C., & Russell, I. (Eds.). (2003). *Whisky: Technology, production and marketing* (pp. 151-160). Elsevier.
- Solberg, M., Buckalew, J.J., Chen, C.M., and Schaffner, D.W. (1990). Microbial safety assurance for foodservice facilities. Presented at Annual Meeting, Inst. Food Technologists, Anaheim, Calif., June 16-20.
- Udo, M. (2006). *The Scottish whisky distilleries*. Black & White
- USDA (1984). Food consumption, prices, and expenditures, 1963-83. 1984 Stat. Bull, No 713. U.S. Dept. of Agriculture, Washington, D.C.
- Vashishtha, A., Whelan, S., Byrne, J., & Morris, S. (2024). From soil to the first sip: Importance of terroir in Irish whiskey. *American Journal of Food Science and Technology*, 12(2), 65–76.
- Wagner, K.-H., Elmadfa, I., (2012). Chemical and Biological Modulations of Food due to the Frying Process. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 82(3), 163-167.
- Walker, G. M., & Hill, A. E. (2016). *Saccharomyces cerevisiae* in the production of whisk(e)y. *Foods*, 5(4), 91.
- Walker, G., Brosnan, J., & Bringhurst, T.A. et al., 2012. *Selecting new distilling yeasts for improved fermentation and sustainability*. Science and Practice.
- Wang, C., Zhang, Z., Zhang, X., Tian, X., Chen, K., & Zeng, X. (2022). Characterization of volatile compounds by HS-GC-IMS and chemical composition analysis of colored Highland barley roasted at different temperatures. *Foods*, 11(18), 2

- Wang, Y., Bamdad, F., Chen, L., (2014). New Technologies in the Processing of Functional and Nutraceutical Cereals and Extruded Products, *Nutraceutical and Functional Food Processing Technology*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 235-267.
- Wanikawa, A. (2020). Flavors in malt whisky: A review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 78(4), 260-278.
- Woffenden, H.M., Ames, J.M. and Chandra, S., Relationships between antioxidant activity, color, and flavor compounds of crystal malt extracts. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, 49, 5524– 5530.
- Yang, T. (2014). *The impact of whisky blend matrices on the sensory perception of peaty flavours* (Doctoral dissertation). International Centre for Brewing and Distilling, School of Life Sciences, Heriot-Watt University, Edinburgh.
- Zhao, C., Cao, H., & Xiao, J. (2019). Pyrazines in food. In *Handbook of Dietary Phytochemicals: Agricultural and Food Sciences, Chemistry* (pp. 1823-1847). Springer.