



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΑΠΟΣΤΑΚΤΗΡΑ 10 ΛΙΤΡΩΝ
ΜΕ ΚΛΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΞΗ**

**DESIGN AND CONSTRUCTION
OF A 10 LITRE
FRACTIONAL DISTILLER**

Συγγραφή:

ΣΤΕΦΑΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Επιβλέπων καθηγητής: Μανωλάκος Δημήτριος

ΑΘΗΝΑ (Ιούλιος 2020)

Περιεχόμενα

Περίληψη	4
Abstract	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°	5
1.1 Εισαγωγή – Ιστορία της τεχνολογίας της απόσταξης	5
1.2 Από το εργαστήριο στη βιομηχανία (1650-1800)	9
1.3 Επιστημονικός αντίκτυπος και εκβιομηχάνιση (1800-1900)	12
1.4 Σύνοψη	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°	18
2.1 Gin	18
2.1.1 Οι πρώτες ύλες	19
2.1.2 Είδη αποστακτηρίων	20
2.1.3 Η τέχνη της απόσταξης	27
2.1.4 Κεφαλές (heads/foreshots)	29
2.1.5 Ουρές (Tails /faints)	30
2.1.5 Τα τελικά στάδια	31
2.2 Κανονισμοί της Ευρωπαϊκής ένωσης οι οποίοι αφορούν το Gin	32
2.2.1 Ορισμός	32
2.2.2 Αποσταγμένο gin	33
2.2.3 London gin	33
2.2.4 Sloe gin	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°	35
3.1 Εισαγωγή	35
3.2 Ισορροπία υγρού - ατμού (Vapor liquid equilibrium (VLA))	35
3.3 Απόσταξη παρτίδας	37
3.4 Κλασματική απόσταξη	39
3.4.1 Βασικές έννοιες	39
3.4.2 Ανάλυση και σχεδιασμός της στήλης	40
3.4.3 Επίδραση του λόγου αναρροής	44
3.4.4 Διαμόρφωση δίσκων	45
3.4.5 Διαμόρφωση στήλης	46
3.4.6 Ενεργειακοί υπολογισμοί	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°	48
4.1 Αρχικό σχέδιο	48
4.2 Επιλογή υλικού κατασκευής	51
4.3 Περιγραφή διαδικασίας κατασκευής - διαστασιολόγηση	51

4.3.1 Θυρίδα βρασμού	51
4.3.2 Καπάκι θυρίδας βρασμού και προσθήκη συστήματος για κλασματική απόσταξη	60
4.3.3 Διαδρομή ατμών προς εναλλάκτη θερμότητας και εναλλάκτης	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο	78
5.1 Δοκιμές λειτουργίας	78
5.2 1 ^η δοκιμή λειτουργίας	78
5.3 2 ^η δοκιμή λειτουργίας	81
5.4 3 ^η δοκιμή λειτουργίας	84
5.5 4 ^η δοκιμή λειτουργίας	86
5.5 Σύγκριση αποτελεσμάτων	89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο	91
6.1 Συμπεράσματα	91
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	92

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η κατασκευή ενός αποστακτήρα 10 lt με κλασματική απόσταξη ο οποίος θα έχει εφαρμογή για παραγωγή Gin. Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται ιστορική αναδρομή και επισκόπηση της βιβλιογραφίας για την τεχνολογία της απόσταξης και πώς αυτή έχει εξελιχθεί στο πέρασμα του χρόνου μέχρι και σήμερα. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται γενικά στοιχεία για το Gin, για το πως δημιουργείται ενώ αναλύονται οι κανονισμοί και οι νομοθεσίες που καθορίζουν τη δημιουργία του στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία της απόσταξης, θερμοδυναμικά και χημικά, καθώς και η κλασματική απόσταξη. Ακολούθως, στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση των βημάτων κατασκευής του αποστακτηρίου όπως και των αρχικών και τελικών διαστάσεων του συνόλου των εξαρτημάτων. Επίσης, παρατίθενται σχέδια και φωτογραφικό υλικό από τη διαδικασία κατασκευής. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται και συγκρίνονται τα αποτελέσματα τεσσάρων πειραματικών δοκιμών λειτουργίας. Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη μελέτη για την παρούσα διπλωματική εργασία.

Abstract

The purpose of this dissertation is the construction of a 10 lt distiller with fractional distillation which will be used for Gin production. The first chapter provides a historical overview and literature review on distillation technology and how it has evolved over time to the present day. The second chapter gives general information about Gin, how it is created while analyzing the regulations and laws that define its creation in the European Union. The third chapter describes the process of distillation, thermodynamically and chemically, as well as the process of fractional distillation. In the fourth chapter, a detailed presentation of the construction steps of the distillery as well as the initial and final dimensions of all the components is made. Also, drawings and photographic material from the construction process are listed. In the fifth chapter, the results of four experimental operation tests are presented and compared. Finally, the sixth chapter presents the conclusions that emerged from the study for this dissertation.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

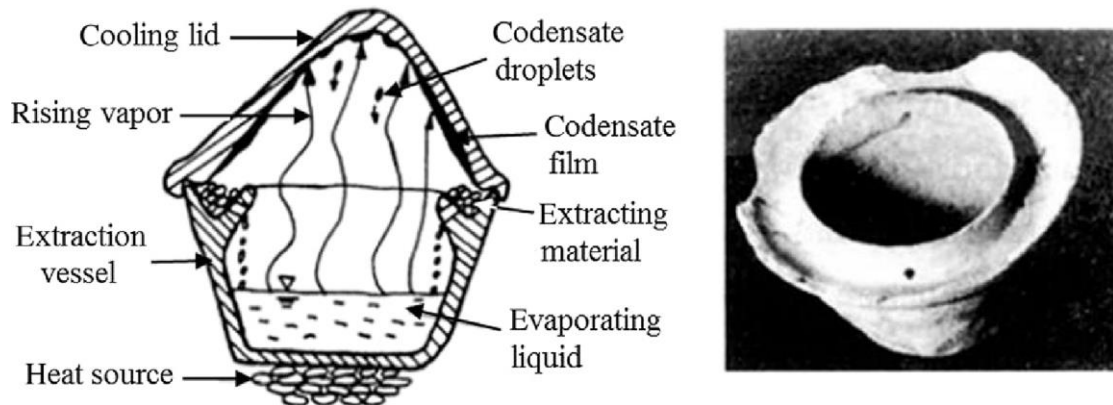
1.1 Εισαγωγή – Ιστορία της τεχνολογίας της απόσταξης

Η απόσταξη είναι μια μέθοδος διαχωρισμού, η οποία χρησιμοποιείται εδώ και χιλιάδες χρόνια και αποτελείται από δύο επιμέρους διεργασίες: τη μερική εξάτμιση ενός υγρού μείγματος και τη διαδοχική συμπύκνωσή του με σύνθεση που διαφέρει από εκείνη της εξάτμισης. Η λέξη απόσταξη προέρχεται από το λατινικό ρήμα “destillare”, που σημαίνει “να πέσει κάτω” ή “να πάει κάτω”. Η απόσταξη είχε μια ευρύτερη έννοια στην αρχαία και μεσαιωνική εποχή, διότι σχεδόν όλες οι διεργασίες καθαρισμού και διαχωρισμού υπήχθησαν κάτω από τον όρο απόσταξη (όπως πχ διήθηση, κρυστάλλωση, εκχύλιση, εξάχνωση ή μηχανική συμπίεση ελαίου). Αυτό γίνεται εμφανές, επειδή σε παλαιότερες εποχές δεν υπήρχε σαφής κατανόηση της θερμότητας ή της σύστασης των υλικών.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την απόσταξη άνθισε στην Αλεξάνδρεια κατά τη διάρκεια της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας και δεν άλλαξε πολύ μέχρι το 16^ο αιώνα. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας της εκτύπωσης και τη διάδοση της γνώσης που ακολούθησε, σε συνδυασμό με την αύξηση της ζήτησης αποσταγμένων προϊόντων, όπως τα συμπυκνωμένα αλκοολικά ή ανόργανα οξέα, αναπτύχθηκαν διάφοροι αποστακτήρες και ακολούθησε και η βιομηχανική παραγωγή τους. Γάλλοι επιστήμονες, Άγγλοι βιομήχανοι και Γερμανοί τεχνίτες έφεραν εξοπλισμό και τεχνογνωσία και προώθησαν τη βιομηχανική του εφαρμογή. Σήμερα με την ανάπτυξη της υψηλής τεχνολογίας κατέστη δυνατή μια διευρυμένη εικόνα και μια παγκόσμια ανάπτυξη μεγάλης κλίμακας για τη διαδικασία της απόσταξης.

Οι πρώτοι πολιτισμοί που έκαναν χρήση της συσκευών απόσταξης ξεκίνησαν στην Μεσοποταμία, την Αίγυπτο, την Συρία και την Κίνα και εξαπλώθηκαν. Δεν μπορούμε να συμπεράνουμε άμεσα από τα αρχαία κείμενα τι γνώριζαν οι αρχαίοι πολιτισμοί για την επεξεργασία τροφίμων ή φαρμακευτικών προϊόντων όπως αλοιφές, βάλσαμο, βάμματα ή κρέμες. Συχνά οι ιερείς και οι υπάλληλοι των ναών χρησιμοποιούσαν συσκευές απόσταξης και κράτησαν τις συνταγές τους μυστικές. Ο Hermann Schelenz [2] υποστήριξε ότι η απόσταξη εφευρέθηκε από τους Πέρσες, οι οποίοι χρησιμοποίησαν αυτή τη διαδικασία για να παράγουν αρώματα από τριαντάφυλλο, ροδοπέταλα, και άλλα. Αναφέρει περαιτέρω, ότι η απόσταξη προέρχεται από την ξηρή απόσταξη του ξύλου για την τερεβινθίνη και την πίσσα. Μαζί με τον

Edmund von Lippmann [3], ο Schelenz διαπίστωσε ότι ο αιγυπτιακός πάπυρος Ebers (1550 π.Χ.) σε ιατρικά θέματα αναφέρει την απόσταξη αιθέριων ελαίων από βότανα.

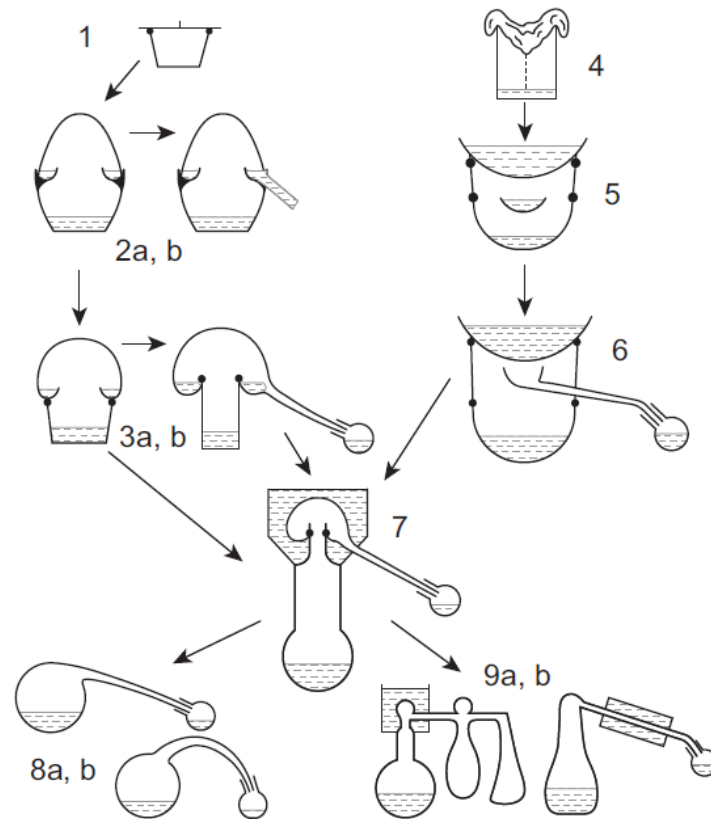


Εικ.1.1 Δοχείο εκχύλισης [4]. Το καπάκι σφραγίζεται στο δοχείο για να αποφευχθούν οι απώλειες ατμών και συμπυκνωμάτων.

Περίπου το 3500 π.Χ. οι Σουμέριοι ήταν οι πρώτοι που εφάρμοσαν την εξάτμιση και τη συμπύκνωση ενός υγρού για να βελτιώσουν μια ουσία αλλά και για την εξαγωγή αιθέριων ελαίων από βότανα [4]. βλ. Εικ. 1.1. Πολλά από τα δοχεία που χρησιμοποιούνταν για αποστάξεις (φωτογραφίες που φαίνονται στη δεξιά πλευρά του σχήματος), βρέθηκαν σε ανασκαφές που έγιναν 250 χλμ βόρεια της Βαγδάτης στο Ιράκ [5]. Το υγρό στο αποστακτήριο εξατμίζεται με μικρής έντασης θέρμανση από κάτω και συμπυκνώνεται στο ψυχρότερο καπάκι. Τα σταγονίδια τρέχουν προς τα κάτω για να συλλεχθούν στο δαχτυλίδι, όπου οργανικό υλικό από φύλλα και βότανα εξάγεται από το υγρό. Οι τυπικές διαστάσεις του αποστακτηρίου είναι περίπου 50 εκατοστά σε διάμετρο και 25-50 εκατοστά σε ύψος [5]. Από τις ουσίες οι οποίες έχουν υποστεί ζύμωση, το αλκοόλ μπορεί επίσης να αυξηθεί και να συμπυκνωθεί για να βοηθήσει στην εξαγωγή συστατικών, που συνήθως χρησίμευαν στη παραγωγή αιθέριων ελαίων ή και αρωμάτων. Αυτή η απόσταξη, υπό εξάτμιση και εκχύλιση, χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα με τη συσκευή εργαστηρίου που ονομάζεται εκχυλιστής Soxhlet.

Οι κινεζικές διαδικασίες απόσταξης από την αρχαιότητα ακόμα έχουν επίσης καταγεγραφεί [6]. Οι πρώτοι τύποι αγγείων (παρόμοιοι με αυτούς που φαίνονται στο Εικ. 1.1) βρέθηκαν επίσης στην Κίνα γύρω στο 2000 π.Χ. Οι αποστακτήρες αυτοί, χρονολογούνται από το 1000 π.Χ. Ο Joseph Needham [6] απεικονίζει την εξέλιξη της συσκευής απόσταξης σε μορφή γενεαλογικού δέντρου (Εικ. 1.2). Τα πρωταρχικά αποστακτήρια ήταν πήλινα δοχεία θερμαινόμενα από κάτω με ένα καπάκι (1), μέσω του οποίου οι ατμοί μπορούσαν να

συμπυκνωθούν. Η περαιτέρω εξέλιξη διαμόρφωσε τη συσκευή που φαίνεται στην Εικ 1.1 με εσωτερική συλλογή του ελαφρύτερου κλάσματος (Εικ 1.2 α, β).



Εικ. 1.2 Εικονογράφηση των σχεδίων απόσταξης της πρώιμης εποχής

Δύο σοβαρά μειονεκτήματα των πρώιμων αποστακτηρίων μπορούν να παρατηρηθούν στο ανωτέρω σχέδιο: Το συμπύκνωμα συλλέγεται στο θερμό τμήμα του αποστακτηρίου και ο εσωτερικός όγκος είναι περιορισμένος, πράγμα που μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητη επαναπόσταξη του συμπυκνώματος πίσω στο αποστακτήριο.

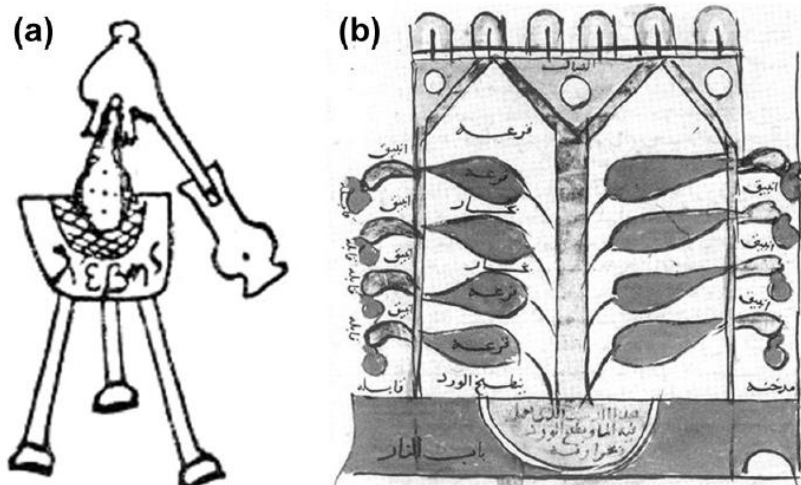
Αυτό μπορεί να το παρατηρήσει σήμερα ένας σύγχρονος μηχανικός ο οποίος έχει εκπαιδευτεί πάνω στα τεχνικά μειονεκτήματα. Δεν πρέπει όμως να ξεχνάμε τα όρια της γνώσης σε εκείνη τη χρονική περίοδο και δεν πρέπει να κρίνουμε με βάση τη σύγχρονη γνώση και τεχνογνωσία μας.

Τότε με εκείνη την διάταξη ήταν αρκετά δύσκολο να αφαιρεθεί ολόκληρο το προϊόν από την σωλήνωση. Ένας σωλήνας εξόδου προστέθηκε (1.2b) για να αυξήσει την ικανότητα και την

απόδοση, πιθανότατα κατά την ελληνική εποχή. Παρόμοιες συσκευές έχουν βρεθεί σε ανασκαφές μεσαιωνικών κτιρίων στην Ευρώπη.

Το επόμενο σημαντικό βήμα ήταν να μετακινηθεί η σωλήνωση στο ψυχρότερο πώμα (1.3α). Ο συνδυασμός με τον σωλήνα εξόδου μορφοποίησε το τυπικό Ελληνικό αποστακτήριο, στο οποίο παρέχεται η υδρορροή (1.3b) σε ένα σημείο που οδηγεί σε ένα δέκτη του προϊόντος. Περιγραφές αυτού του τύπου υπάρχουν στα χειρόγραφα της Αλεξάνδρειας, με ορισμένες παραλλαγές ενός ή και περισσότερων εξόδων ή διαφορετικών μέτρων θέρμανσης και ψύξης (βλ. Εικ 1.3 (α)). Οι παρόμοιες συσκευές στους Ανατολικούς και Δυτικούς πολιτισμούς μαρτυρούν την ανταλλαγή τεχνογνωσίας και εξοπλισμού σε αρχαίες διαδρομές, όπως στο Δρόμο του Μεταξιού ή με τους εμπόρους του Ινδικού Ωκεανού. Στην Εικ 1.3 (β) απεικονίζεται ένας αραβικός αποστακτήρας για ροδόνερο, με οκτώ αποστακτήρες συνδεδεμένους παράλληλα και μια κεντρική θέρμανση.

Τυπικά, η θέρμανση πραγματοποιούταν με ζεστό νερό, με λουτρό άμμου, με κόπρανα ή ακόμα και με τον ήλιο. Η ψύξη επιτυγχανόταν συνήθως με αέρα ή με υγρά λινά πανιά. Αυτή η εξέλιξη παρατηρείται στη δεξιά πλευρά της Εικ. 1.2, που απεικονίζονται και άλλοι τύποι αποστακτηρίων. Όλα έχουν το κοινό του ενός επιπλέον τρόπου ψύξης, που γίνεται από το νερό. Το άνω δοχείο καλύπτεται από μαλλί ή από νήμα, πάνω από το προς απόσταξη υγρό (4).



Εικ. 1.3 (α) Αποστακτήριο του Δημόκριτου, [1], (β) Ένα εργοστάσιο απόσταξης στη Δαμασκό αποτελούμενο από πολλαπλές μονάδες παραγωγής ροδόνερου, (13^{ος} αιώνας) [1].

Τόσο ο Πλίνιος ο Γέροντας όσο και ο Διοσκουρίδης περιέγραψαν τη χρήση του αποστακτηρίου για την παραγωγή τερεβινθίνης και για την απόκτηση πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό, για εφαρμογές σε πλοία [7]. Ο διαχωρισμός του νερού ψύξης και του ατμού συμπύκνωσης θα οδήγησε στον εξέλιξη του σχεδιασμό του αποστακτηρίου. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί, για παράδειγμα, στα μογγολικά αποστακτήρια (5). Το κύπελλο συλλογής τοποθετείται κεντρικά μέσα στο σώμα του αποστακτηρίου με διάφορους τρόπους [6].

Οι Κινέζοι πρόσθεσαν ακόμα έναν πλαϊνό σωλήνα στο κύπελλο και στον δέκτη. Περί τον 8ο αιώνα μ.Χ., οι Μογγόλοι και οι Κινέζοι διέθεταν επαρκή γνώση για την απόσταξη ζυμωμένου γάλακτος αλόγου για αλκοόλ που λέγεται karakumyss. Η περιεκτικότητα σε αλκοόλη ελεγχόταν από τη ποσότητα ψυκτικού νερού που προσέθεταν. Οι Κινέζοι χρησιμοποίησαν το ζυμωμένο ρύζι, τους σπόρους κεχρί ή το κριθάρι για την παραγωγή λικέρ (6).

1.2 Από το εργαστήριο στη βιομηχανία (1650-1800)

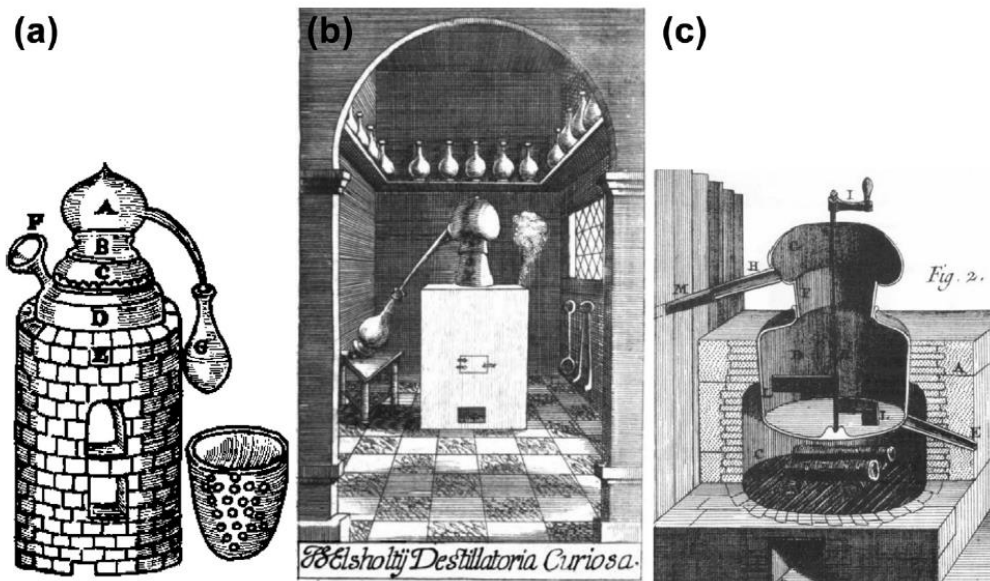
Η περίοδος 1650-1800 χαρακτηρίζεται από την εγκατάσταση εργαστηρίων για χημικές έρευνες αλλά και για τη μεγάλη παραγωγή αλκοόλης και ανόργανων οξέων. Το 1595, ο Andreas Libau (Libavius) περιέγραψε στα Λατινικά τη γενική διάταξη ενός χημικού εργαστηρίου [8]. Διακρίνει τα δωμάτια σε σχέση με τις χημικές λειτουργίες τους ενώ χρησιμοποίησε και ένα σύστημα σωληνώσεων για "νερό χρήσεως". Επίσης, ταξινόμησε τον εξοπλισμό απόσταξης σύμφωνα με την κατεύθυνση θέρμανσης, ψύξης και ροής ατμών (ανύψωση ή κάθοδος).

Η Εικ. 1.4 δείχνει την τυπική εγκατάστασή απόσταξης στο τέλος του μεσαίωνα, η οποία ήταν συνηθισμένη στη Γαλλία, τη Γερμανία και την Αγγλία. Τα γράμματα στην αριστερή εικόνα σήμαιναν τα εξής:

- A, Την κεφαλή (alembic);
- B, Το σωλήνα στεγανοποίησης και σύνδεσης στο αποστακτήριο.
- C, Το αποστακτήριο.
- D, Το θερμαινόμενο τμήμα (νερού, ατμού ή και από άμμο.)
- E, Την κατασκευή από τούβλο του φούρνου, ο οποίος είχε παράθυρα για τα καύσιμα.
- F, Την έξοδο ατμού του λουτρού νερού (στο D)
- G, Τον δέκτη.

Ο Elsholtz που έγραψε το βιβλίο του στα Λατινικά [10], παρουσίασε απεικονίσεις βοτάνων και δέντρων. Στο βιβλίο του υπάρχει μόνο μια κεφαλή (alembic) [φαίνεται στην Εικόνα 1.4, στον πίνακα (b)]. Από τον δέκατο όγδοο αιώνα φαίνεται να εμφανίζεται μια περικοπή μέσω της κεφαλής με πυρίμαχο αναδευόμενο δοχείο (στη δεξιά πλευρά του σχήματος) [11]. Ο σωλήνας εξόδου πήγαινε στην αριστερή πλευρά και ψυχόταν σε ένα τύμπανο νερού (δεν φαίνεται στην φωτογραφία).

Οι συσκευές ήταν εύκολο να αποσυναρμολογηθούν για πλήρωση και εκκένωση, καθώς και για καθαρισμό και συντήρηση. Οι τυπικές διαστάσεις είναι ύψος 0,9-1,2m και διάμετρο 45-75cm. Το σίδηρο, ο μόλυβδος και ο χαλκός έγιναν οι πιο δημοφιλείς πρώτες ύλες για τον εξοπλισμό απόσταξης, ειδικά για τις μεγάλες συσκευές λόγω της υψηλότερης μηχανικής αντοχής τους και της καλύτερης δυνατότητας χειρισμού. Ο Friedrich Henglein [12] παρουσίασε μια παρόμοια συσκευή για την κινητή απόσταξη οινοπνευματωδών (Slivonitz) στο μέσο του εικοστού αιώνα στη Γιουγκοσλαβία [12].



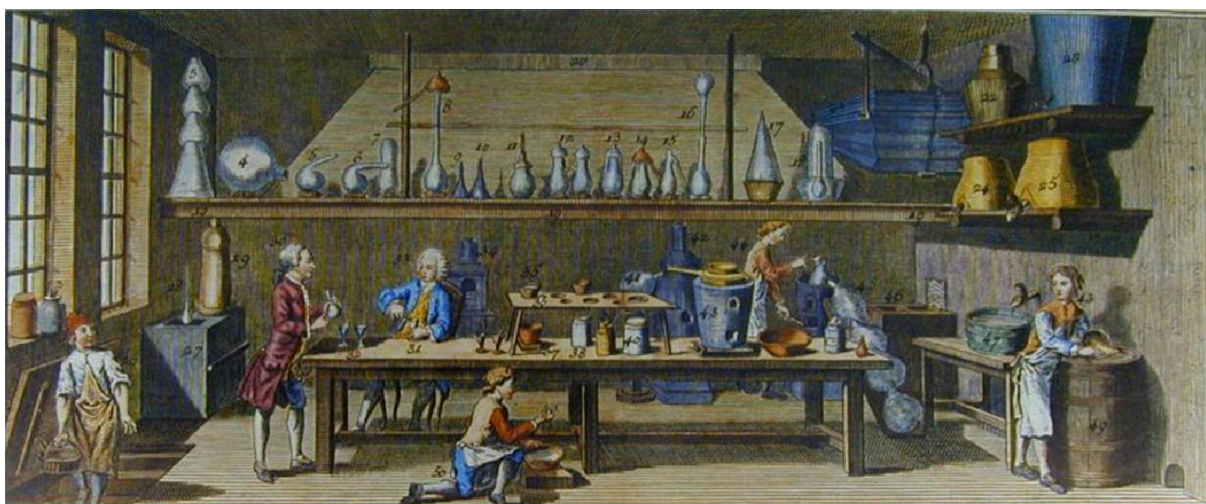
Εικ. 1.4 Τυποποιήσεις αποστακτηρίων από (a) John French (1651) [9]. (b) Johann Elsholtz (1674) [10]. (c) Ανώνυμος από τον δέκατο όγδοο αιώνα [11].

Κατά τον δέκατο έκτο αιώνα, εισήχθησαν επιστημονικές μέθοδοι σε εργαστήρια με τυποποιημένο εξοπλισμό. Στο βιβλίο του *Novum Organum* (1620) [13], ο Francis Bacon (1561-1620) περιέγραψε για πρώτη φορά επιστημονικές μεθόδους πειραματισμού και παρουσίασε συναφείς θεωρητικές εξηγήσεις. Ο Robert Boyle (1626-1692), συχνά αποκαλούμενος πατέρας

της σύγχρονης χημείας, διεξήγαγε συστηματικά πειράματα απόσταξης. Χρησιμοποίησε την κλασματική απόσταξη για αναλυτικούς σκοπούς. Απέσταξε για αρκετές μέρες, την αλκοόλη με κλάσματα οξικού οξέος και διαπίστωσε ότι στο τέλος της διαδικασίας το υγρό είχε υψηλότερη περιεκτικότητα σε οξύ από ότι το αρχικό υλικό. Ο Boyle μέσω των πειραμάτων του κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το οξικό οξύ εξατμίζεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες και μπορεί να διαχωριστεί από την αλκοόλη χαμηλού σημείου ζέσεως. Ήταν επομένως ο πρώτος που αναγνώρισε την κλασματική απόσταξη ως μέθοδο διαχωρισμού για τα διάφορα ζέοντα υγρά. Εργάστηκε, επίσης, για αποστακτήρια υπό συνθήκες κενού και αυξημένης πίεσης.

Κατά τη διάρκεια της πρώιμης εποχής της βιομηχανοποίησης, το θειικό οξύ είχε το σημαντικό ρόλο του λευκαντικός παράγοντας. Ο αυξημένος αριθμός των μηχανικά κατασκευασμένων λινών ή βαμβακερών φύλλων που έπρεπε να προετοιμαστούν για βαφή, δημιούργησε ένα μεγάλο πρόβλημα, καθώς το ηλιακό φως ήταν η παραδοσιακή μέθοδος προετοιμασίας των υφασμάτων. Τότε οι εταιρείες Roebuck (1718-1794) και Garbett (1717-1805) παρήγαγαν θειικό οξύ σε μεγαλύτερες ποσότητες. Η τιμή του προϊόντος ήταν τόσο υψηλή που χρησιμοποιούνταν αποστακτήρια ακόμα και από πλατίνα [14]. Αυτή η τεράστια εξέλιξη οδήγησε τον Justus Liebig να κάνει την ακόλουθη δήλωση το 1843: «Το καθεστώς οικονομικής ανάπτυξης μιας χώρας μπορεί να περιγραφεί καλά από το μέγεθος της κατανάλωση θειικού οξέος (έλαιο βιτριόλης).»

Η απόσταξη αλκοόλης απέκτησε μέγιστη αξία, ιδίως με τη ζύμωση ζαχαροκάλαμου και την απόσταξη ρούμι στην Καραϊβική και τη Νότια και Κεντρική Αμερική. Η απόσταξη αλκοόλης και η αυξημένη περιεκτικότητα σε αλκοόλ του προϊόντος διευκόλυναν τη μεταφορά και τη διανομή του υγρού. Η Εταιρεία «Society of Rectifying Distillers» [15] διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και τη διανομή τεχνολογίας στις βρετανικές αποικίες. Η Εικ. 1.5 παρουσιάζει ένα τυπικό χημικό εργαστήριο τον 18ο αιώνα με ένα πλήθος διαφορετικών συσκευών απόσταξης. Δείχνει την πλειοψηφία του γνωστού χημικού εξοπλισμού εκείνης της εποχής, αφού δεν λάμβανε χώρα μόνο ο διαχωρισμός αλλά και ο χημικός μετασχηματισμός ο οποίος συνέβαινε στα αποστακτήρια.



Εικ. 1.5 Τυπική διάταξη εργαστηρίου τον Δέκατο Έβδομο και τον Δέκατο Όγδοο αιώνα

Ο Antoine Beaume (1728-1804) είχε ήδη εισαγάγει συστήματα συνδέσεως για την πλήρωση, την εκκένωση και τη σύνδεση διαφόρων συσκευών. Πριν από αυτό το διάστημα, σχεδόν κάθε εργαστήριο ή κατασκευαστής είχε το δικό του σύστημα σύνδεσης.

1.3 Επιστημονικός αντίκτυπος και εκβιομηχάνιση (1800-1900)

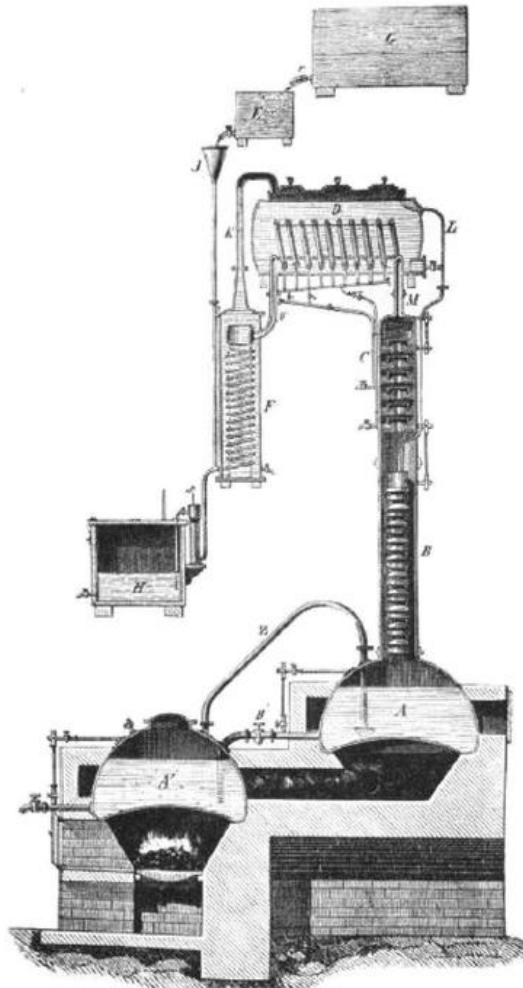
Στο πρώτο του βιβλίο για την Τεχνική Χημεία [16] το 1936, ο Friedrich Henglein δήλωσε ότι η Γαλλία ήταν ο ηγέτης στην καθαρή χημεία γύρω στο 1800, αλλά ότι η Αγγλία ηγήθηκε στην εμπορικο-τεχνική χημεία. Στην έκθεση του χημικού κόσμου του 1862, η Αγγλία ήταν αναμφισβήτητα ο παγκόσμιος ηγέτης στη χημική βιομηχανία. Αλλά στη διεθνή έκθεση του 1893 που πραγματοποιήθηκε στο Σικάγο, η Γερμανία πήρε το προβάδισμα από την Αγγλία, εν μέρει επειδή η Γερμανία είχε επιτύχει την ενοποίηση το 1870 και κατάφερε να συγκεντρώσει τις δυνάμεις της. Επίσης έγινε ευκολότερο για τη Γερμανία να συμμετάσχει στην ανταλλαγή αγαθών και πληροφοριών. Ένας άλλος λόγος για τον νέο ηγετικό ρόλο της Γερμανίας ήταν η δύναμη των πανεπιστημίων της στην έρευνα και τη διδασκαλία της χημείας καθώς και τα υψηλά πρότυπα των σχολών μηχανικής της για την καινοτομία με βάση την επιστήμη.

Οι αυξανόμενες ποσότητες κυρίως αλκοόλης και ανόργανων οξέων στη βιομηχανική απόσταξη οδήγησαν σε ευρεία ανάπτυξη του εξοπλισμού απόσταξης. Στη Γαλλία ξεκίνησαν πολλές εξελίξεις, με βάση την απόσταξη αλκοόλ. Ο Ναπολέον εγκαθίδρυσε ένα βραβείο για την

παραγωγή ζαχαροτεύτλων και την ζύμωση τους. Ο Robert Forbes [1] περιγράφει σειρά διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας που εκδόθηκαν από το 1801 έως το 1818. Ο Jean-E'douard Adam ανέπτυξε μια ασυνεχή συσκευή για την κλασματική απόσταξη, η οποία αναπτύχθηκε περαιτέρω από τον Isaac Be'gard με μερική συμπύκνωση. Το έργο του Adam και του Be'gard οδήγησε στη διατύπωση των δύο ακόλουθων αρχών [1]: (1) ο εμπλουτισμός ενός συστατικού χαμηλού σημείου ζέσεως στον ανερχόμενο ατμό με επαφή με το προς το υγρό που κατέρχεται και (2) ο εμπλουτισμός του ατμού με μερική συμπύκνωση και παλινδρόμηση εντός του αποστακτηρίου.

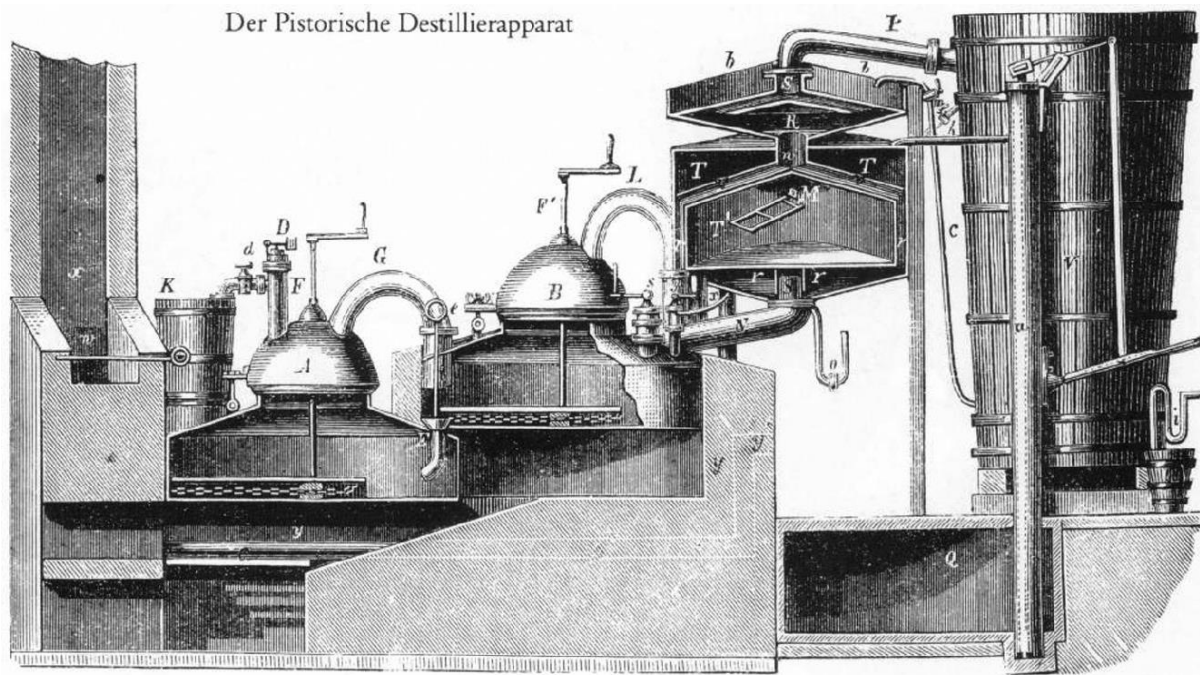
Και οι δύο αρχές συνέβαλαν στην απόσταξη συνεχούς εργασίας που κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον Jean-Baptiste Cellier-Blumenthal (1768e1840) το 1813. Αυτή η στήλη απόσταξης απεικονίζεται στο Εικ. 1.6. Το άνω μέρος της στήλης περιέχει δίσκους με φυσαλίδες (Bubble cap), ενώ το κατώτερο μέρος είναι δομημένο με κωνικά μεταλλικά πάματα που χρησιμεύουν επίσης για την επαφή ατμού και υγρού. Αυτή η διάταξη ήταν η βασική που χρησιμοποιήθηκε για τις εξελίξεις στη Γαλλία τα επόμενα 60 χρόνια, και επηρέασε τις κατασκευές στη Γερμανία και την Αγγλία.

Το 1817, ο Charles Derosne (1780-1846) δημιούργησε επίσης μία στήλη απόσταξης συνεχούς λειτουργίας και η οποία είχε βιομηχανική εφαρμοσιμότητα [1]. Η οικονομική του επιτυχία βασιζόταν σε περαιτέρω βιομηχανικά προϊόντα όπως τα συστατικά μέρη στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας ζάχαρης, ατμομηχανές και άλλα σιδηροδρομικά μέσα. Ο Anthony Perrier πήρε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για "διαφράγματα" ως κατασκευή δίσκων σε αποστακτήριο ούισκι το 1822 για να ενισχύσει την επαφή μεταξύ ατμού και υγρής φάσης. Τα διαφράγματα μοιάζουν με τα τρέχοντα Bubble cap trays. Λίγο αργότερα, το 1830, ο Aeneas Coffey ανέπτυξε διάτρητους δίσκους ως δομές κόσκινου για επαφή του υγρού με τους ατμούς. Οι στήλες της πλάκας του Coffey είχαν απόσταση 6 ιντσών (15 cm) ή και περισσότερο [17]. Η πλάκα αναπτύχθηκε κυρίως για υγρά με υψηλότερα ιξώδη, αλλά δεν ήταν επιτυχής. Σήμερα, οι δίσκοι κόσκινου χρησιμοποιούνται για μη αφρώδη, χαμηλού ιξώδους υγρά όπως οι υγροποιημένες στήλες διαχωρισμού αέρα. Υγρά με υψηλότερα ιξώδη θα μπορούσαν να επεξεργαστούν με επιτυχία από τη στήλη, κατοχυρωμένη με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1854 από τον Henri Champnonnois η οποία περιείχε bubble cap trays , παρόμοια με την τρέχουσα τεχνολογία.



Εικ. 1.6 Συνεχής στήλη απόσταξης για κρασί από τον Cellier-Blumenthal, πατενταρισμένο το 1813 [7]

Την ίδια περίπου εποχή με τον Cellier-Blumenthal, ο Heinrich Pistorius (1777-1858) εφηύρε το εργοστάσιο απόσταξης, το 1817 για αλκοόλη από ζυμωμένη πατάτα (βλ. Εικ 1.7). Η καλλιέργεια της πατάτας προήχθη από την πρωσική κυβέρνηση που ξεκίνησε ο Friedrich II το 1745. Το Brandy από τις πατάτες που έχουν υποστεί ζύμωση έγινε πολύ δημοφιλές στη Γερμανία στις αρχές του δέκατου ένατου αιώνα. Ως εκ τούτου, το αποστακτήριο του Pistorius εξακολουθούσε να χρησιμοποιείται ευρέως στη Γερμανία μέχρι το 1870 και παρήγαγε ποτά με περιεκτικότητα αλκοόλης 60-80%.



Εικ. 1.7 Αποστακτήριο αποτελούμενο από δυο μέρη. Κατασκευάστηκε από τον Heinrich Pistorius - Πρωσικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του 1817 [11], που χρησιμοποιούταν συχνά σε μικρά οινοπνευματοποιεία.

Ο Pierre Savalle (1791-1864) ήταν πρώιμος συνεργάτης του Cellier-Blumenthal και διεξήγαγε τα πρώτα του πειράματα σε ένα ζαχαροπλαστείο. Μαζί με τον γιο του Francois De'sire' Savalle (γεννημένο το 1838), ο Pierre Savalle ανέπτυξε περαιτέρω εξοπλισμό και πραγματοποίησε πολλές λεπτομερείς βελτιώσεις στην ψύξη και θέρμανση [18]. Η απόδοση ήταν επτά έως οκτώ φορές υψηλότερη από τη στήλη Cellier [1]. Η απλή, συνεχώς λειτουργούσα συσκευή του Savalle χρησιμοποιήθηκε ειδικά για αλκοόλ από ζαχαροκάλαμο.

Στο βιβλίο του που γράφτηκε το 1873 [19], ο Savalle επισημαίνει πως περισσότερα από 16.000 αποστακτήρια λειτουργούν στη Γερμανία, αλλά μόνο 700 στη Γαλλία. Περιγράφει διάφορα είδη εξοπλισμού για την απόσταξη αλκοόλης από πολτό μελάσας, ζαχαρότευτλα, βύνη, πατάτες μέχρι και κρασί. Από το κρασί παράγονται 100 λίτρα αλκοόλης με ζήτηση άνθρακα 40 κιλών. Οι στήλες Savalle περιέχουν συνήθως 30 δίσκους και παλινδρομούν τα δύο τρίτα του συνολικού αποστάγματος. Οι στήλες παράγουν 96% αλκοόλη με ημερήσια χωρητικότητα 500-20.000 l. Ο Savalle περιγράφει επίσης την διόρθωση της μεθυλικής αλκοόλης και την κλασμάτωση του ακατέργαστου βενζολίου. Δύο στήλες αργού βενζολίου κατασκευάστηκαν στο Ludwigshafen για την BASF [1] εκείνη την εποχή.

Ένας άλλος μαθητής του Cellier-Blumenthal ήταν ο Auguste-Pierre Dubrunfaut, ο οποίος και αυτός με τη σειρά του βελτίωσε τη στήλη Cellier. Έχει σχεδιάσει και κατασκευάσει κολόνες

με διάμετρο 80εκ-100εκ., με ημερήσια απόδοση 50.000-120.000l και απόδοση 200-4800l αλκοόλ (92-94%). Έγραψε επίσης ένα βιβλίο για την απόσταξη [20], που είναι μια από τις καλύτερες πηγές για την μελέτη της απόσταξης κατά την περίοδο αυτή [1]. Το βιβλίο του μεταφράστηκε στα αγγλικά και επηρέασε σε μεγάλο βαθμό τις βρετανικές τεχνικές απόσταξης ειδικά για το ουίσκι και ρούμι. Ένας από τους μαθητές του ήταν ο Champronnois. Οι στήλες του Dubrunfaut χρησιμοποιήθηκαν ως μοντέλα για τις γερμανικές εταιρείες όπως η Heckmann [1].

Το δεύτερο προϊόν εκτός από την αιθανόλη, προς το οποίο η καινοτομία στην απόσταξη κατευθύνεται τον δέκατο ένατο αιώνα, ήταν τα απόβλητα από τη βιομηχανία άνθρακα. Πολύ πριν, το 1658, ο Johann Glauber είχε ήδη περιγράψει τον σχηματισμό πετρελαίου (μαύρο έλαιο) κατά τη διάρκεια της απόρριψης άνθρακα [21]. Στα τέλη του δέκατου όγδοου αιώνα, ο ξηρός απεσταγμένος άνθρακας (οπτάνθρακας) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για την παραγωγή και την τήξη του σιδήρου. Τα στερεά, υγρά και αέρια υποπροϊόντα απορρίπτονταν κατά κύριο λόγο στο περιβάλλον. Τα αέρια οπτάνθρακα βρέθηκαν ότι καίγονται με μια φωτεινή φλόγα και εισήχθησαν ως ιδιωτικός και δημόσιος φωτισμός. Το 1826 εισήχθη φωτισμός αερίου στο Βερολίνο, στο Λονδίνο το 1807 και στο Παρίσι το 1822. Τα εργοστάσια αερίου για εγκαταστάσεις φωτισμού και οπτανθρακοποίησης για φούρνους χάλυβα, καθώς και τα καύσιμα σιδηροδρόμων και αυτά που χρησιμοποιούταν για θέρμανση παρήγαγαν ιδιαίτερα ιξώδη απόβλητα. Το 1822, τα πρώτα εργοστάσια απόσταξης βιομηχανικής πίσσας χτίστηκαν στη Βρετανία [21]. Το 1823, ο Friedlieb Runge ανακάλυψε φαινόλη και ανιλίνη στην πίσσα του άνθρακα και καθιέρωσε το θεμέλιο της χημείας πίσσας, για χρώματα και για εφαρμογές φαρμακείου. Αυτά τα προϊόντα πρέπει να διαχωρίζονται και να καθαρίζονται με απόσταξη. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εγκαταστάσεων φυσικού αερίου και οπτανθράκων αναγνωρίστηκαν αρκετά νωρίς και τα αέρια που εκλυόταν έπρεπε να συλλεχθούν και να υποστούν επεξεργασία. Αμμωνία, βενζόλιο, φαινόλη και άλλες αρωματικές ενώσεις στο αέριο οπτάνθρακα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμες για περαιτέρω εφαρμογές και διαχωρίστηκαν με έκπλυση, απορρόφηση και απόσταξη.

1.4 Σύνοψη

Η απόσταξη ήταν μια σημαντική διαδικασία για την εξέλιξη της ανθρωπότητας και αυτό κατανοήθηκε από τους πρώτους κιώλας πολιτισμούς. Τα απεσταγμένα προϊόντα έχουν

καθορίσει και επηρεάσει τις πολιτιστικές εξελίξεις σε ολόκληρο τον κόσμο. Σημαντικά παραδείγματα τέτοιων προϊόντων είναι η αιθυλική αλκοόλη και η βενζίνη. Πολλά λαμπρά μυαλά έχουν εργαστεί στην ανάπτυξη διαδικασιών και εξοπλισμού μέχρι και σήμερα.

Η απόσταξη επινοήθηκε από άγνωστους ιερείς ή τεχνίτες στη Μεσοποταμία πριν 5500 χρόνια. Στην Κίνα, την Ιαπωνία, την Ινδία και τη Μογγολία, η απόσταξη ήταν γνωστή από τους αρχαίους χρόνους και αναπτύχθηκε σε μια συγκεκριμένη τέχνη. Στις αρχές του Μεσαίωνα, η γνώση εξαπλώθηκε από τους Άραβες στις πόλεις της Νότιας Ευρώπης και στη συνέχεια σε ολόκληρη την Ευρώπη και χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή αλκοόλ, ιατρικών προϊόντων και αρωμάτων. Η τεχνολογία της εκτύπωσης βιβλίων έδωσε νέα ώθηση στη συλλογή και διάδοση της γνώσης και αποτέλεσε τη βάση για συστηματική επιστημονική έρευνα. Η Βιομηχανική Επανάσταση δημιούργησε ένα τεράστιο ενδιαφέρον στην αγοράς για τη μαζική παραγωγή προϊόντα, όπως ανόργανα οξέα ή πόσιμο αλκοόλ, καθώς επίσης και μια ξεχωριστή τεχνολογική ώθηση νέων υλικών, μεθόδων κατασκευής και εφαρμογών. Οι εφευρέσεις του Cellier-Blumenthal και του Pistorius συνδύασαν έξυπνα τον υπάρχον εξοπλισμό και τις μεθόδους και οδήγησαν σε αποδοτικές μονάδες απόσταξης. Πολλοί οπαδοί της απόσταξης βελτίωσαν την τεχνολογία και την εφάρμοσαν σε προϊόντα από λιθανθρακόπισσα ή ορυκτέλαιο. Πάνω από 100 χρόνια πριν, η Hausbrand ανέπτυξε μηχανικά εργαλεία για τον σχεδιασμό κτιρίων και εξοπλισμού απόσταξης, τα οποία βελτιώθηκαν από τους McCabe, Kirschbaum και Onken, κα. Νέα προϊόντα και εφαρμογές, σύνθετα μίγματα ή διαχωρισμός ισοτόπων, καθώς και η ανάπτυξη των υπολογιστών οδήγησε σε νέο εξοπλισμό, εσωτερικές στήλες και νέες εφαρμογές.

Η ανάπτυξη της καινοτομίας από ένα συνδυασμό νέων και παλαιών αντιλήψεων, νέα καινοτόμα προϊόντα και εφαρμογές, αυξημένη καθαρότητα, χαμηλότερη ζήτηση ενέργειας και μεταβαλλόμενη κατάσταση κόστους αποτελούν τους κινητήριους παράγοντες της εξέλιξης της τεχνολογίας της απόσταξης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2.1 Gin

Το Gin είναι ένα αποσταγμένο αλκοολούχο ποτό που αναδύει τη κυρίαρχη γεύση του από τα μούρα αρκεύθου (*Juniperus communis*). Είναι μια διευρυμένη κατηγορία οινοπνευματωδών ποτών, με διαφορετικές γεωγραφικές προελεύσεις, στυλ και προφίλ γεύσης, που περιστρέφεται γύρω από την γεύση του κοινό συστατικού, τον αρκεύθο. [23] [24]

Πρόκειται δηλαδή για ένα αλκοολούχο ποτό το οποίο έχει ως βάση καθαρή και ουδέτερη επανασποσταγμένη αιθυλική αλκοόλη γεωργικής προέλευσης (>96 *) το οποίο στην συνέχεια αρωματίζεται με σπόρους, berries, ρίζες, φρούτα και βότανα. Ανάλογα με την πρώτη ύλη και τον τρόπο με τον οποίο ενσωματώνονται οι γεύσεις από τα μπαχάρια, τα διάφορα βότανα και τα φρούτα έχουμε και τις διαφορετικές κατηγορίες τζιν , οι οποίες αναλύονται παρακάτω.

Συνήθως, τα gin της αγοράς περιέχουν 37-43% αλκοολικούς βαθμούς, με το ελάχιστο και το μέγιστο ποσοστό να ορίζονται κυρίως από τους νόμους που ισχύουν στην εκάστοτε αγορά. Από την άλλη, μπορεί να συναντήσετε και gin υψηλής γευστικής αξίας πιο υψηλόβαθμα σε αλκοόλ που να φτάνουν ακόμη και στο 60% .

Οι πωλήσεις αυτού του αποστάγματος τα τελευταία χρόνια εκτοξεύονται παγκοσμίως. Σύμφωνα με την Ένωση Εμπορίου Κρασιού και Αποσταγμάτων, το Ηνωμένο Βασίλειο, για παράδειγμα, σημείωσε αύξηση 12% στις ποσότητες που πωλήθηκαν κατά το έτος 2016-2017. Αναφέρεται επίσης αύξηση κατά 32% των βρετανικών εξαγωγών τζιν τα τελευταία πέντε χρόνια.

Η ελληνική ποτοποιία διάγει μια περίοδο ακμής. Εξωστρεφής όσο ποτέ άλλοτε, έχει φτάσει σήμερα να διευρύνει το πελατολόγιό της και στο εξωτερικό πουλώντας κυρίως Ελληνικά προϊόντα. Στο πλαίσιο αυτό, δεν λείπουν και οι προσπάθειες εξωστρέφειας στα αλκοολούχα ποτά ευρωπαϊκής καταγωγής, όπως το τζιν. Σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα πρόκειται για premium προϊόντα που αποκτούν καλή φήμη αλλά και καταναλωτικό κοινό εκτός συνόρων. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι η προσπάθεια της τρίτης γενιάς της γνωστής οικογενείας παραγωγών αλκοολούχων ποτών με έδρα την Αριδαία Πέλλας, που δημιούργησε ένα μεσογειακού τύπου τζιν το οποίο έφτασε να προτείνεται από τις σελίδες του βρετανικού τύπου

ως ένα εν δυνάμει premium δώρο. Στο ίδιο πνεύμα αξίζει να αναφερθεί και η εμφάνιση τειών νέων Ελλήνων μικροπαραγωγών τα τελευταία χρόνια.

Ο πιο δαπανηρός, αλλά αναμφισβήτητα και πιο εύγεστος τρόπος για να γίνει ένα τζιν είναι το αλκοόλ, μετά την προσθήκη των βοτανικών, να περάσει μια διαδικασία επαν-απόσταξης. Αυτός είναι ο τρόπος με τον οποίο οι μικροί βιοτεχνικοί παραγωγοί και πολλές από τις μεγάλες εμπορικές μάρκες δημιουργούν το απόσταγμα τους.

2.1.1 Οι πρώτες ύλες

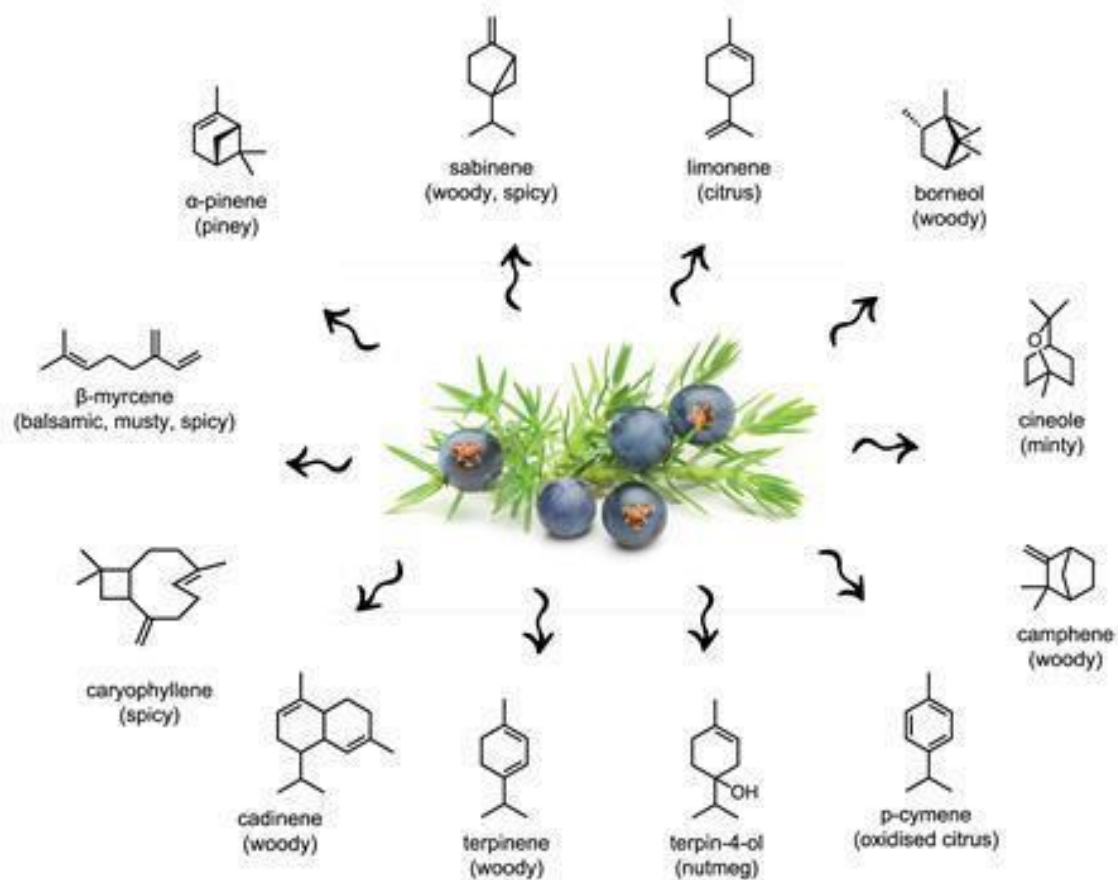
Η ουδέτερη αλκοόλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τζιν είναι συμπυκνωμένη αιθανόλη, η οποία σύμφωνα με το νόμο πρέπει να είναι γεωργικής προέλευσης. Συνήθως αυτή προέρχεται από σιτάρι, αλλά ορισμένοι παραγωγοί τζιν χρησιμοποιούν την αιθανόλη από σταφύλια ή μελάσες (το παραπροϊόν της επεξεργασίας της ζάχαρης), αντ'αυτού. Η αιθανόλη καθαρίζεται με επαναλαμβανόμενη απόσταξη ώστε να επιτευχθεί τουλάχιστον 96% κατ'όγκο περιεκτικότητα αλκοόλη.

Πολλοί κατασκευαστές τζιν αγοράζουν το ουδέτερο οινόπνευμα αντί να το κατασκευάσουν στο χώρο τους. Οι φαρμακευτικές εταιρείες είναι οι κύριοι προμηθευτές, καθώς διαθέτουν τεράστιες αποστειρωμένες συσκευές που έχουν σχεδιαστεί για να παράγουν εξαιρετικά καθαρή αιθανόλη για την παρασκευή φαρμάκων. Βέβαια κάθε αιθανόλη περιεκτικότητας 96% δεν έχει το ίδιο γευστικό αποτέλεσμα, καθώς το υπόλοιπο 4% μπορεί να κάνει μεγάλη διαφορά στη γεύση και την αίσθηση στο στόμα του τελικού προϊόντος.

Πολύ σημαντικό στοιχείο στην παρασκευή του τζιν είναι και το νερό που χρησιμοποιείται για την αραίωση του μίγματος. Η ποιότητα και η καθαρότητα του νερού είναι ακόμα πιο σημαντική για τα αλκοολούχα ποτά τα οποία δεν υπόκεινται στην διαδικασία γήρανσης – παλαίωσης σε βαρέλια. Οπότε το νερό θα πρέπει να ελέγχεται καθώς έχει εξέχουσα σημασία στην τελική γεύση του προϊόντος

Εκτός από το νερό και την αιθανόλη, οι μοναδικές άλλες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αποσταγμένου τζιν είναι φυσικές αρωματικές ουσίες που αναφέρονται ως βότανα. Η κυρίαρχη γεύση είναι πάντα ο άρκευθος. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα ξηρά gins του Λονδίνου.

Η αιθανόλη απορροφά πολλά διαφορετικά έλαια από τα κύτταρα των καρπών του αρκεύθου. Αυτά είναι κυρίως μονοτερπένια (δομές C10) και επίσης μερικά σесκιτερπένια (δομές C15). Τα μόρια C10 που έχουν ταυτοποιηθεί σε μούρα λιβελιού, περιλαμβάνουν α-πινένιο (που δίνει μια γεύση πιπεριού), σαβινένιο (ξυλώδες, πικάντικο), λιμονένιο (εσπεριδοειδές), βορνεόλη (ξυλώδη), β-μυρσενικό (βαλσάμικο, π-κυμένιο (οξειδωμένα εσπεριδοειδή), καμφένιο (ξυλώδες), κινεόλη (μύτη), τερπινένιο (ξυλώδες) και τερπινέν-4-όλη (μοσχοκάρυδο). Τα κυρίαρχα μόρια C15 είναι το φαρνεσένιο (γευση floral), το cadinene (ξυλώδες) και το καρνοφυλλένιο (πικάντικο).



Εικ. 2.1 Οι καρποί αρκεύθου παρέχουν μια τεράστια ποικιλία ενώσεων γεύσης για το παραγόμενο Gin (Source: Juniper berries © Valentinarr/iStock/Getty Images)

2.1.2 Είδη αποστακτηρίων

Στην ουσία υπάρχουν 2 είδη αποστακτηρίων, ο άμβυκας και η αποστακτική στήλη. Από τους δύο, ο άμβυκας (pot still/alembic still) είναι ο απλούστερος και όντως μοιάζοντας σαν

τεράστιος βραστήρας, οι Ολλανδοί ονομάζουν τους δικούς τους άμβυκες Distilleerketel (βραστήρας=kettle). Οι άμβυκες έχουν αλλάξει ελάχιστα μέσα σε εκατοντάδες χρόνια σε σχέση με το σχέδιο και το σχήμα του θαλάμου των σύγχρονων αποστακτήρων, και θα μπορούσε εύκολα να αναγνωριστεί ακόμα και από αποσταγματοποιούς των περασμένων αιώνων. Αναλυτικά, οι άμβυκες αποτελούνται από ένα θάλαμο (καζάνι) στο οποίο εφαρμόζεται θερμότητα. Το περιεχόμενο του φτάνει σε βρασμό και οι ατμοί που συλλέγονται στην κεφαλή-την κορυφή δηλαδή του καζανιού- κατευθύνονται σε έναν χώρο που αλλάζει σε διάμετρο και γίνεται ένας στενός σωλήνας, ονόματι λαιμός του κύκνου. Αυτός οδηγεί στον συμπακνωτή όπου οι ατμοί ψύχονται με την βοήθεια κρύου τρεχούμενου νερού που τους μετατρέπει ξανά σε υγρή μορφή.

Η μεγαλύτερη πρόοδος που έχει γίνει στην τεχνολογία του άμβυκα στους τελευταίους αιώνες, είναι ο τρόπος με τον οποίο θερμαίνεται ο αποστακτήρας. Οι παλιοί αποσταγματοποιοί δεν είχαν πολλές επιλογές πέρα από το να ανάψουν μια φωτιά ακριβώς κάτω από τον αποστακτήρα, όμως οι σημερινοί υψηλής τεχνολογίας βραστήρες, παρέχουν μια αξιόπιστη και ελεγχόμενη εστία επιτρέποντας έτσι να γίνονται περίτεχνες προσαρμογές στην τρέχουσα θερμοκρασία του αποστακτήρα. Η παροχή θερμότητας με χιτώνια ατμού και θερμαινόμενες σπείρες ατμού μειώνει επίσης και την πιθανότητα καψίματος με τους άμεσα θερμαινόμενους αποστακτήρες. Παρόλα αυτά, αν και έχει υπάρξει πρόοδος στον τομέα αυτό, κάποιοι αποσταγματοποιοί ακόμα επιλέγουν την άμεση πηγή φωτιάς θεωρώντας το ρίσκο του καψίματος, πολλές φορές απαραίτητο για τον χαρακτήρα του αποστάγματος. Σ' αυτούς περιλαμβάνονται παραγωγοί κονιάκ και κάποιων ούισκι βύννης.

Χάρη σε σύγχρονες μεθόδους και εξοπλισμούς ελέγχου, οι παραγωγοί σήμερα είναι σε καλύτερη θέση να κρίνουν το πως λειτουργεί ένας αποστακτήρας και το πότε να γίνεται το κόψιμο από κεφαλή σε καρδιά και από καρδιά σε ουρές. Παρά την πρόοδο αυτή, οι άμβυκες παραμένουν μη αποδοτικοί στην κατανάλωση ενέργειας και περιορίζουν επίσης με το γεγονός πως λειτουργούν τμηματικά με παρτίδες. Πρέπει δηλαδή να γεμίσουν και αφού γίνει η απόσταξη, να αδειάσουν για να καθαριστούν και έτσι μόνο να μπορέσει να συνεχιστεί η επόμενη παρτίδα απόσταξης. (εξ' ου και ο όρος "ασυνεχής απόσταξη").

Τα αποστακτήρια στήλης αύξησαν ακόμα περισσότερο την αποτελεσματικότητα της απόσταξης τζιν ενώ ταυτόχρονα βελτίωσαν την ποιότητά.

Στις αρχές του 19ου αιώνα ξεκίνησαν προσπάθειες για την ανάπτυξη ενός αποστακτήρα που θα επιτάχυνε και θα βελτιώνε την διαδικασία της απόσταξης και το 1826 ο Robert Stein εφηύρε

έναν αποστακτήρα αποτελούμενο από δύο στήλες. Ένας Ιρλανδός εκπρόσωπος του γραφείου ευρεσιτεχνιών, ο Aeneas Coffey βελτίωσε σημαντικά το σχέδιο του νέου αυτού αποστακτήρα και κατοχύρωσε έτσι, την πατέντα για τον αποστακτήρα “Coffey” το 1831.

Η ριζοσπαστική για τότε αποστακτική στήλη του Coffey ονομάζεται και “συνεχής αποστακτήρας” γιατί, όπως υπονοεί και το όνομα του, μπορεί να λειτουργεί συνεχόμενα χωρίς να χρειάζεται να σταματάει και να επανεκκινείται ανάμεσα στις παρτίδες, όπως στην απόσταξη με άμβυκα (ασυνεχής απόσταξη). Αυτό μαζί με την υψηλότερη ποσόστωση σε αλκοόλ του τελικού αποστάγματος, κάνει την αποστακτική στήλη πολύ πιο οικονομική από τον άμβυκα.

Η εφεύρεση του αποστακτήρα Coffey είχε δραματική επίδραση στην παγκόσμια βιομηχανία του ποτού καθώς επέτρεψε στους αποσταγματοποιούς να παράγουν ένα πολύ πιο καθαρό απόσταγμα, σε μεγαλύτερη κλίμακα και φθηνότερα από αυτό που ήταν δυνατό μέχρι πρότινος. Μέχρι τα μέσα του 19ου αιώνα, η ποιότητα των αποσταγμάτων από τους καινούριους συνεχείς αποστακτήρες ήταν πολύ κοντά σε αυτό που έχουμε συνηθίσει σήμερα να απολαμβάνουμε. Σαφώς, αυτό είχε μεγάλη επίδραση στην παραγωγή της βότκα όμως άλλαξε και άλλες κατηγορίες οινοπνευματωδών. Για παράδειγμα, τα αποστακτήρια Βρετανικού τζιν μείωσαν ή παρέλειψαν εντελώς την ζάχαρη που προσέθεταν για να μαλακώσουν την δριμύτητα του παλιού στυλ τζιν, με σκοπό να δημιουργηθεί ένας νέος τύπος τζιν που σταδιακά θα ονομαζόταν “ξηρό τζιν” (dry gin), και αργότερα “Λονδρέζικο ξηρό τζιν” (London Dry gin). Η αποστακτική στήλη οδήγησε επίσης απευθείας στην δημιουργία των blended ουίσκι, μια κατηγορία που ξεπερνά σε πωλήσεις τα παραγόμενα σε άμβυκα ουίσκι βύνης, σε μια αναλογία περίπου 1 προς 10. Όπως και οποιοσδήποτε αποστακτήρας, οι συνεχείς αποστακτήρας λειτουργούν με βάση την αρχή πως το νερό, το αλκοόλ και τα διάφορα παράγωγα που βρίσκονται στο αλκοολούχο μείγμα εξατμίζονται όλα σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Οι πρώτοι αποστακτήρες στήλης αποτελούνταν από δύο στήλες όμως οι σημερινοί μπορούν να αποτελούνται μέχρι και από εφτά διασυνδεδεμένες στήλες. Οι αποστακτικές στήλες συμπεριφέρονται σαν μια σειρά από συνδεδεμένους άμβυκες, με τον κάθε ένα να σχηματίζεται σε έναν μακρύ κάθετο κύλινδρο. Στο εσωτερικό του κυλίνδρου ή της στήλης, συνήθως υπάρχουν πλάκες που θυμίζουν ορόφους πολυκατοικίας. Σε κάθε όροφο, υπάρχουν κοιλότητες με παγιδευμένο το αλκοολικό μείγμα και οι τρύπες σε αυτές τις πλάκες επιτρέπουν τους ατμούς να ανεβαίνουν προς τα πάνω, περνώντας μέσα ουσιαστικά από το μείγμα.

Στον αποστακτήρα Coffey, το μείγμα εισάγεται από τον υψηλότερο όροφο της στήλης και πέφτει προς τα κάτω συναντώντας τους ανερχόμενους από την βάση ατμούς. Οι ατμοί

εξατμίζουν το αλκοόλ στο μείγμα και το τραβάνε προς τα πάνω, ενώ το απαλλαγμένο από αλκοόλ μείγμα, πέφτει στους χαμηλότερους ορόφους όπου βράζει και δημιουργεί περισσότερους ατμούς.

Οι ανοδικοί ατμοί, που είναι αλκοολικά χαμηλοί, θα συμπυκνωθούν φυσικά στο παγιδευμένο υγρό σε κάθε όροφο όμως καθώς οι νόμοι της φυσικής προστάζουν πως η ενέργεια δεν μπορεί να δημιουργηθεί ή καταστραφεί, κάτι πρέπει να συμβεί, υποχρεώνοντας έτσι κάτι να εξατμιστεί από το επίπεδο που είναι το υγρό. Επειδή το αλκοόλ έχει χαμηλότερο σημείο βρασμού από το νερό, αναπόφευκτα το αλκοόλ θα είναι αυτό που θα εξατμιστεί. Καθώς οι αλκοολικοί ατμοί περνάνε μέσα από τους ορόφους και προχωράνε στην κορυφή της στήλης, η θερμοκρασία του κάθε ορόφου διαδοχικά είναι ελαφρώς χαμηλότερη από του προηγούμενου, έτσι οι ατμοί σε ισορροπία με το υγρό σε κάθε όροφο είναι προοδευτικά πιο πλούσιοι σε αλκοόλ. Κατά συνέπεια, οι ατμοί γίνονται προοδευτικά πιο συμπυκνωμένοι και πιο καθαροί καθώς προχωρούν ανοδικά στη στήλη.

Οι αποστακτήρες στήλης επιτρέπουν να συμβαίνει αυτό που ορίζεται ως “κλασματική απόσταξη” καθώς διαφορετικές χημικές ενώσεις (ή κλάσματα) παγιδεύονται ανάλογα με το σημείο βρασμού τους σε διαφορετικούς ορόφους της στήλης, ευνοώντας έτσι την απομάκρυνση κάθε ένωσης του αποστάγματος από το συγκεκριμένο τμήμα του αποστακτήρα. Όσους περισσότερους ορόφους έχει μια στήλη τόσο πιο πολύ θα έχει διορθωθεί –θα είναι πιο καθαρό- το τελικό απόσταγμα. Αντί να χτίζεται ένας συνεχής αποστακτήρας σε μέγεθος ουρανοξύστη είναι σύνηθες να συνδέονται μεταξύ τους αρκετές στήλες. Καθώς περνάει μέσα από τις διαδοχικές στήλες, το απόσταγμα διαδοχικά γίνεται πιο καθαρό.

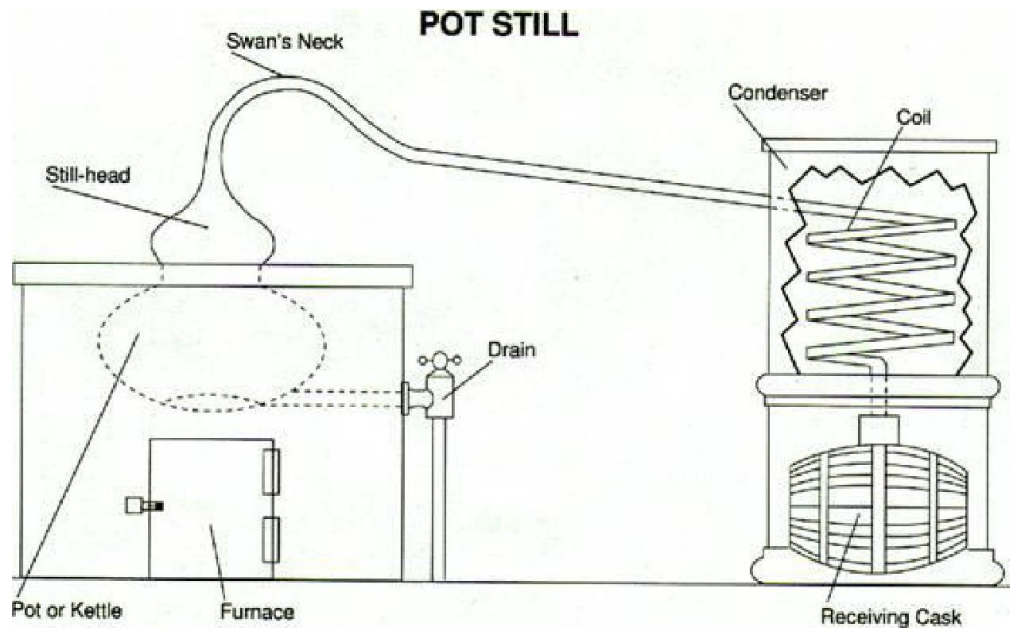
Σε ένα τετραπλό αποστακτήρα στήλης, η πρώτη στήλη ονομάζεται Αναλυτής και σε αυτήν οι ατμοί ανεβαίνουν και το μείγμα κατεβαίνει. Αυτό αφαιρεί το αλκοόλ, παράγοντας υψηλά αλκοολικό υγρό στους 65-70% αλκοόλ κατ' όγκο. Η δεύτερη, η Εξορυκτική Στήλη ξεκινά την διαδικασία διόρθωσης πριν προχωρήσει σε αυτό η τρίτη στήλη, ο Διορθωτής. Η τέταρτη στήλη ουσιαστικά συγκεντρώνει απόσταγμα από τις κεφαλές και τις ουρές που παράγονται από τις άλλες στήλες. Οι στήλες στη σύγχρονη κλασματική απόσταξη συχνά χρησιμοποιούν αντλίες κενού για να χαμηλώσουν τα σημεία βρασμού μέσα στον αποστακτήρα και τέτοιου είδους αποστακτήρες μπορούν να συμπυκνώσουν το αλκοόλ έως και 95,6% κατ' όγκο. Αυτό είναι ένα αζεοτροπικό μείγμα με σημείο βρασμού 78,1% και περαιτέρω επεξεργασία δεν είναι δυνατή αλλά ούτε και απαραίτητη για την παραγωγή αλκοολούχων ποτών. (Στην βιομηχανία χημικών,

αφαιρείται το υπολειπόμενο νερό με άλλα μέσα, είτε με υδρόφιλα χημικά είτε αζεοτροπική απόσταξη που παράγει ένα υγρό σχεδόν 100% καθαρής αιθυλικής αλκοόλης.

2.1.2.1 Αποστακτήρια δοχείου «Pot Still - Alembic still - Κλασικός απλός άμβυκας - Ασυνεχής απόσταξη »

Η διαδικασία απόσταξης σε αυτού του είδους τα αποστακτήρια ξεκινάει με την τοποθέτηση του μείγματος που έχει υποστεί ζύμωση σε ένα χάλκινο δοχείο βρασμού αεροστεγώς κλεισμένο (λειτουργία χύτρας) και την θέρμανση του. Καθώς το υγρό θερμαίνεται, το αλκοόλ βράζει πρώτα (επειδή το αλκοόλ βράζει σε χαμηλότερη θερμοκρασία από το νερό (78,3 °C αλκοόλ ενώ το νερό στους 100 °C) και μετατρέπεται σε ατμό. Οι ατμοί ανεβαίνουν στην κεφαλή του αποστακτηρίου, όπου έλκονται σε μια σωλήνωση, (swan's neck) και έπειτα σε ένα πηνίο. Το πηνίο είναι βυθισμένο σε δροσερό νερό, το οποίο συμπυκνώνει το αλκοόλ πίσω στην υγρή φάση. Η υγρή αλκοόλη εξέρχεται από το πηνίο και οδεύει σε ένα δοχείο συλλογής. Οι ατμοί είναι ένα μείγμα αλκοόλης και και άλλων ενώσεων που παρέχουν γεύση και άρωμα. Ένα αποστακτήριο επιτρέπει στον οινοπνευματοποιό να παράγει μόνο μία παρτίδα οινοπνευματωδών ποτών ανά δεδομένη στιγμή, επειδή η διάταξη πρέπει να αδειάσει και να καθαριστεί πριν ξεκινήσει η επόμενη παρτίδα. (Ασυνεχής Απόσταξη) Τα αποστακτήρια αυτού του είδους μπορούν να κάνουν απόσταξη μόνο σε ένα ορισμένο επίπεδο καθαρότητας: συνήθως μεταξύ 60% και 80% αλκοόλ κατ 'όγκο (ABV) και χρησιμοποιούνται στις κάτωθι περιπτώσεις:

- Παραγωγή τσίπουρου όπου πρώτη ύλη είναι ο μούστος(ζυμωμένα στέμφυλα)
- Ούζου όπου έχει την ίδια σχεδόν διαδικασία με το τζιν , υπό την έννοια ότι έχει σαν πρώτη ύλη υψηλόβαθμη αιθυλική αλκοόλη (>96) και σαν πρόσθετη αρωματική ουσία τον γλυκάνισο
- Οποιοδήποτε άλλου προϊόντος ζύμωσης που μας δίνει οινοπνευματώδες ποτό όπως ούισκι
- Αιθέρια έλαια , με μονή προσθήκη στο παραπάνω σύστημα ενός διαχωριστή νερού- ελαίων μετρά τον ψύκτη



Εικ.2.2 Ένα απλοποιημένο διάγραμμα ενός αποστακτηρίου δοχείου

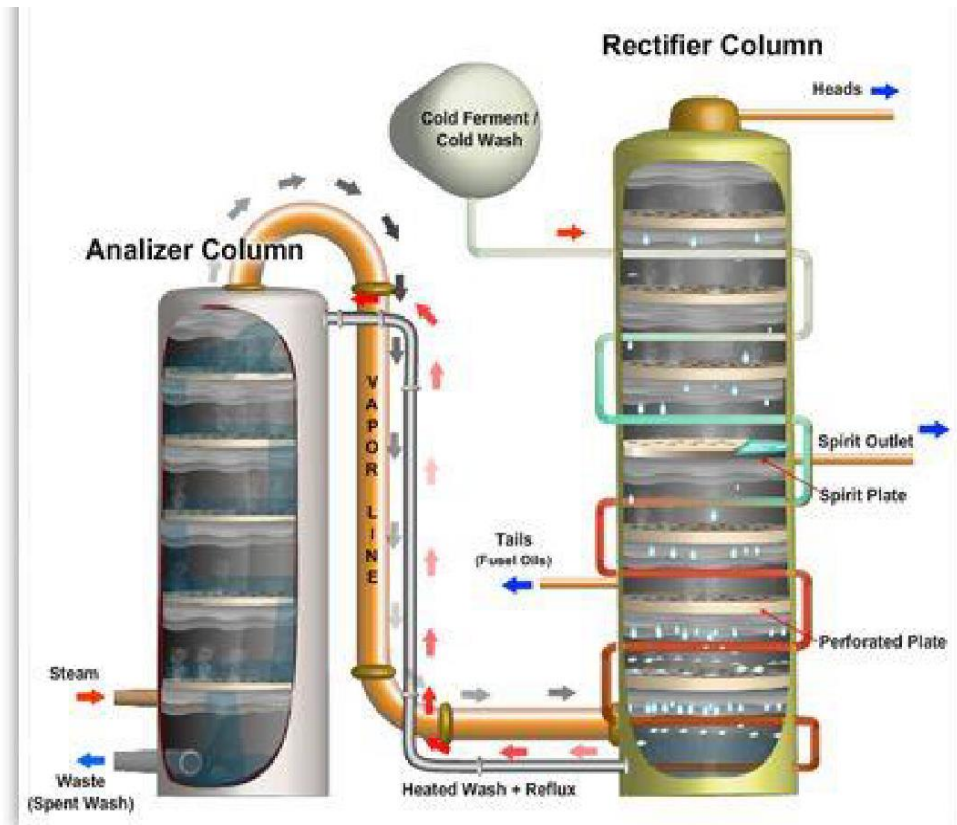
2.1.2.2 Αποστακτήρια στήλης – Column Stills – Συνεχής απόσταξη

Το 1826, ο Robert Stein, ένας Σκωτσέζος, εφηύρε ένα αποστακτήριο στήλης, που έχει κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Το αποστακτήριο «Cameron Bridge Grain Distillery» στο Fife της Σκωτίας, το σημερινό σπίτι του Gordon Gin, ήταν ένα από τα πρώτα αποστακτήρια που το χρησιμοποιούσαν.

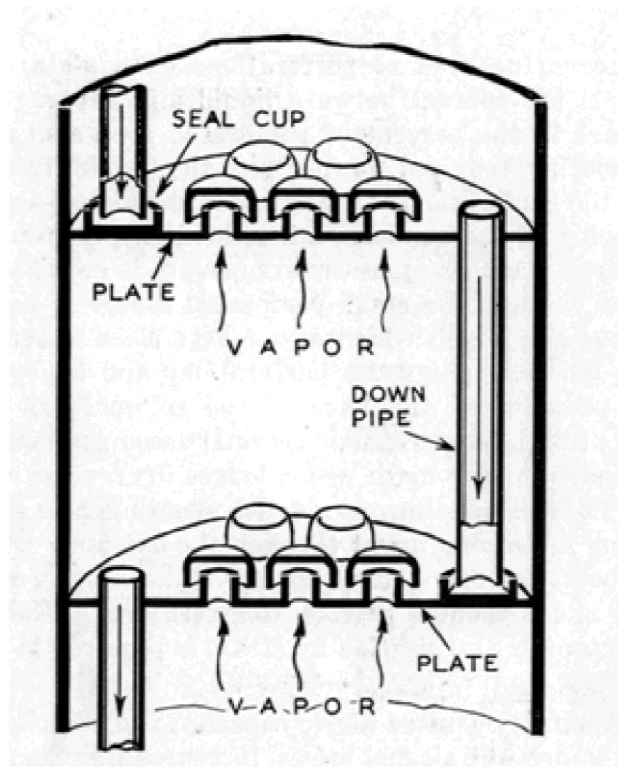
Ένα αποστακτήριο στήλης εξακολουθεί να περιέχει μια σειρά κατακόρυφων τμημάτων που περιέχουν διάτρητους δίσκους. Όταν οι ατμοί ταξιδεύουν επάνω και μέσα από τους δίσκους, ψύχονται λίγο και σταγονίδια αλκοόλ και νερό πέφτουν από τον ατμό, και στάζουν προς τα κάτω μέσα από τους δίσκους μέχρι το κάτω μέρος του αποστακτηρίου. Οι εξαιρετικά συμπυκνωμένοι αλκοολικοί ατμοί απομακρύνονται στην κορυφή του χώρου όπου ψύχονται και συλλέγονται.

Το επάνω σχήμα δείχνει δύο στήλες, " analyzer" (αριστερά) και " rectifier" (δεξιά). Αλκοόλ αντλείται στον rectifier και θερμαίνεται πριν διοχετευτεί στον analyzer. Ο ατμός θερμαίνει τον analyzer από κάτω. Καθώς το ζεστό μείγμα πέφτει προς τα κάτω από τη στήλη και συναντά τον ανερχόμενο ατμό στις διάτρητες πλάκες βράζει, δημιουργώντας ατμούς αλκοόλης που

ανεβαίνουν στην κορυφή στη συνέχεια οδηγούνται προς το κάτω μέρος του rectifier. Οι θερμοί ατμοί εισέρχονται στον rectifier και αρχίζουν να ανεβαίνουν μέσα από τις πλάκες ή τους δίσκους. Καθώς οι ατμοί συμπυκνώνονται στην κορυφή του ανορθωτή, διοχετεύονται μέσω ενός υδρόψυκτου συμπυκνωτή σε ένα χώρο όπου αποθηκεύονται.



Εικ.2.3 Δίπλωμα ευρεσιτεχνίας αποστακτηρίου στήλης



Εικ. 2.4 Διάγραμμα μιας τομής ενός σχεδίου αποστακτηρίου στήλης

2.1.3 Η τέχνη της απόσταξης

Η επιλογή των σωστών βοτάνων, με τα κατάλληλα μέρη γεύσης, στις σωστές αναλογίες δεν ολοκληρώνει την διαδικασία παραγωγής Gin. Το πώς η αιθανόλη απορροφά τα έλαιά των βοτάνων είναι επίσης σημαντική διεργασία για τον προσδιορισμό της τελικής γεύσης ενός Gin.

Η εταιρία Baltimore Whiskey εμποτίζει όλα τα βότανα σε αιθανόλη σε θερμοκρασία δωματίου μέσα στο αποστακτήριο για περίπου 12 ώρες πριν από την απόσταξη. Ένας άλλος παραγωγός (Whittaker) αφήνει δύο βότανα εκτός της διαδικασίας παραμονής του συνόλου των βοτάνων (κατά 24 ώρες) σε θερμοκρασία δωματίου στο αποστακτήριο, και τα προσθέτει στο τέλος της διαδικασίας ακριβώς πριν από την απόσταξη.

Η εταιρία Bombay Sapphire τοποθετεί όλα τα βότανα μέσα σε μια διάταξη από τη οποία οι ατμοί της αιθανόλης περνούν και δεσμεύουν τους γευστικούς παράγοντες. Πολλά από τα βότανα έχουν φυσικά σάκχαρα σε αυτά, οπότε αν βράσουν (μέσα στο αποστακτήριο σε αλκοόλ) τείνουν να επιπλέουν και να μετακινούνται στα πλάγια και να αγγίζουν τον χαλκό,

πράγμα που σημαίνει ότι αρχίζουν να καραμελοποιούνται. Με την έγχυση ατμών, δεσμεύονται οι γευστικές ουσίες από τα βότανα με φυσικό τρόπο.



Εικ. 2.5 Whittaker's Gin – Η διάταξη δημιουργήθηκε από έναν χημικό - παράγει 3000 μπουκάλια το μήνα από τα δύο αποστακτήρια των 300 λίτρων έκαστο Πηγή: © Whittakers Gin



Εικ. 2.6 Διάταξη παραγωγής Gin από την εταιρία Bombay Sapphire (Πηγή: © Hufton & Crowe)

Το σχήμα του αποστακτηρίου μπορεί επίσης να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τη γεύση του τζιν, καθώς η ποσότητα της εσωτερικής παλινδρόμησης ποικίλει μεταξύ διαφορετικών σχημάτων αποστακτηρίων.

Μια ψηλότερη στήλη ή μια κλασματική στήλη θα δώσει ένα «καθαρότερο» προϊόν, αν και αυτό χρησιμοποιείται συχνότερα για παρασκευή ουίσκι παρά για τζιν. Το ίδιο ισχύει και με τη διαφορά μεταξύ της απλής απόσταξης και της κλασματικής απόσταξης ενός μείγματος στο εργαστήριο χημείας. Οι επαναλαμβανόμενοι κύκλοι εξάτμισης και συμπύκνωσης που προκαλούνται από τη στήλη κλασμάτωσης θα έχουν ως αποτέλεσμα ένα καθαρότερο τελικό προϊόν. Ανάλογα με το προφίλ γεύσης που αναζητεί ο οινοπνευματοποιός, αυτό μπορεί να είναι ή όχι επιθυμητό.

2.1.4 Κεφαλές (heads/foreshots)

Πρόκειται για πτητικές αλκοόλες (χαμηλό σημείο βρασμού) που προκύπτουν στην αρχή της απόσταξης και περιλαμβάνουν τις εξής χημικές ουσίες:

Ακεταλδεΐδη (CH_3CHO): Πρόκειται για μια αλδεΐδη που παράγεται κυρίως από φυτά ως μέρος του φυσιολογικού τους μεταβολισμού. Επίσης παράγεται και από την οξείδωση της αιθανόλης. Η ακεταλδεΐδη βράζει στους $20.8\text{ }^\circ\text{C}$ και πιστεύεται πως είναι σημαντικός παράγοντας στην δριμύτητα των hangovers. Έχει μια έντονη φρουτώδη οσμή που θυμίζει μεταλλικότητα και φρέσκο πράσινο μήλο.

Ακετόνη ($(\text{CH}_3)_2\text{CO}$): Ένα άχρωμο, εύφλεκτο υγρό με σημείο βρασμού στους $56.2\text{ }^\circ\text{C}$. Πρόκειται για την απλούστερη μορφή μιας ομάδας από ουσίες γνωστές ως Κετόνες. Στην πραγματικότητα, η λέξη Κετόνη προέρχεται από την Aketon μια παλιά Γερμανική λέξη για την Ακετόνη. Η ακετόνη χρησιμοποιείται συχνά ως καθαριστικό διάλυμα και είναι το ενεργό συστατικό στο ασετόν για τα νύχια καθώς και ως διαλύτης σε βαφές. Έτσι, όταν μυρίζουμε ασετόν σε ένα απόσταγμα, συνήθως είναι η Ακετόνη που μυρίζει.

Εστέρες Πρόκειται για φυσικές χημικές ενώσεις υπεύθυνες για τα αρώματα πολλών φρούτων, όπως είναι τα μήλα, τα αχλάδια, οι μπανάνες, ο ανανάς και οι φράουλες. Τις περισσότερες φορές σχηματίζονται από την αντίδραση καρβοξυλικού οξέος και μιας αλκοόλης, και η παρουσία τους σε ένα απόσταγμα συμβάλλει σε φρουτώδη αρώματα. Οι εστέρες έχουν αθώες οσμές, συχνά γλυκές και έτσι θεωρούνται επιθυμητοί από τους περισσότερους

αποσταγματοποιούς. Στους εστέρες συγκαταλέγονται ο οξικός μεθυλεστέρας (σημείο βρασμού 77.1°C), ο βουτυρικός αιθυλεστέρας (σημείο βρασμού 121°C), ο μυρμηκικός αιθυλεστέρας (σημείο βρασμού 54°C) και ο οξικός εξυλεστέρας (σημείο βρασμού 171.5°C). Αν και οι οξικοί εστέρες έχουν γενικά χαμηλά σημεία βρασμού, παραμένουν στο θάλαμο αρκετά καθώς τα μόρια τους δρουν σαν να χρειάζονται πολύ χώρο για να διαφύγουν.

Μεθανόλη (CH₃OH συχνά σε συντομογραφία MeOH): Επίσης γνωστή και ως μεθυλική αλκοόλη, ξυλόπνευμα ή και ξυλική νάφθα, είναι ένα άχρωμο, πτητικό και εξαιρετικά εύφλεκτο υγρό με σημείο βρασμού στους 64.7°C. Η μεθανόλη και η αιθανόλη (πόσιμη αλκοόλη) είναι σαν αδέρφια και τα μόρια τους κολλάνε το ένα πάνω στο άλλο, κάνοντας έτσι πολύ δύσκολο τον διαχωρισμό τους κατά την απόσταξη, παρά τα διαφορετικά σημεία βρασμού τους. Παρόλα αυτά, είναι επιτακτικό να διαχωρίζεται και να απορρίπτεται η μεθανόλη, καθότι είναι ιδιαίτερα επιβλαβής για το συκώτι και η κατανάλωση της οδηγεί σε τύφλωση. Αλκοολούχα ποτά αποσταγμένα σε άμβυκα, όπως ούισκι βύνης μπορούν να περιέχουν 4-5 μέρη ανά εκατομμύριο και σε αυτά τα επίπεδα η παρουσία της είναι ασφαλής. Όμως, ακόμα και μια μικρή ποσότητα όπως 10ml μεθανόλης μπορεί να προκαλέσει μόνιμη τύφλωση καταστρέφοντας το οπτικό νεύρο, και 30 ml μπορούν να αποβούν μοιραία. Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία ορίζει πως στην παραγωγή βότκας, η περιεκτικότητα μεθανόλης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 10 γραμμάρια ανά εκατόλιτρο καθαρής αλκοόλης.

2.1.5 Ουρές (Tails /faints)

Αυτές οι αλκοόλες μαζί και με άλλες χημικές ενώσεις, έχουν χαμηλά σημεία βρασμού και προκύπτουν στο τέλος της απόσταξης.

1-Προπανόλη (CH₃CH₂CH₂OH): Σχηματίζεται φυσικά σε μικρές ποσότητες κατά την διαδικασία της αλκοολικής ζύμωσης αποσταγματοποιοί αναφέρονται με τον υποτιμητικό όρο “ζυμέλαια”.

1-Βουτανόλη (C₄H₁₀O): Δημιουργείται φυσικά ως αποτέλεσμα της ζύμωσης σακχάρων και άλλων υδατανθράκων και έτσι συναντάται συχνά στην μύρα και στο κρασί. Η βουτανόλη βράζει στους 118 °C και ανήκει επίσης στην ομάδα των “ζυμελαίων“. Ως διαλύτης το άρωμα της θυμίζει μπανάνα.

Ισοβουτυλική καρβινόλη ((CH₃)₂CHCH₂CH₂OH): άχρωμο υγρό με σημείο βρασμού στους 131.6°C. Έχει έντονη μυρωδιά και οξεία γεύση καμμένου και αποτελεί μια ακόμη από τις αλκοόλες γνωστές με τον υποτιμητικό όρο “ζυμέλαια”.

Ζυμέλαια (fusel oils): Ένας συλλογικός όρος για τις πικρές ενώσεις που απαντώνται στις ουρές κατά την απόσταξη. Αποτελούνται από την προπανόλη, βουτανόλη και την ισοβουτυλική καρβινόλη (η φουρφουράλη δεν είναι αλκοόλη αλλά συγκαταλέγεται συχνά στον υποτιμητικό αυτό όρο). Τα ζυμέλαια είναι ανώτερες αλκοόλες, με παραπάνω από δύο άτομα άνθρακα και σημαντική υδροδιαλυτότητα. Σχηματίζονται μέσω της ζύμωσης και έτσι είναι παρόντα σε διαφορετικούς βαθμούς μέσα στην μύρα, το κρασί, τον μηλίτη, το υδρόμελο και άλλα προϊόντα ζύμωσης και τα αποστάγματα αυτών. Ο όρος “fusel” στα Γερμανικά σημαίνει “κακό ποτό” και λόγω της ελαιώδους σύστασης τους είναι δημοφιλή ως ζυμέλαια.

Οξικό Οξύ (CH₃COOH): Είναι ένα οργανικό οξύ που παράγεται κατά τη διάρκεια της ζύμωσης και είναι αυτό που δίνει στο ξύδι την όξινη γεύση και την έντονη μυρωδιά του. Είναι ένα άχρωμο υγρό, που απορροφά το νερό και βράζει στους 118.1°C και είναι ένα από τα απλούστερα καρβοξυλικά οξέα.

Φουρφουράλη (OC₄H₇CHO): Πρόκειται για μια αρωματική αλδεΐδη που προέρχεται από τον αραβόσιτο, την βρώμη και το πίτουρο σιταριού. Το όνομα της βγαίνει από το Λατινικό όρο “furfur” που σημαίνει πίτουρο, αναφερόμενο φυσικά στην πιο συχνή πηγή του. Είναι ένα άχρωμο, ελαιώδες υγρό που όταν εκτεθεί σε οξυγόνο, γρήγορα γίνεται κίτρινο. Έχει μια άσχημη μυρωδιά που θυμίζει καμένο αμύγδαλο. Συναντάται συχνά σε αποστακτήρες με άμεση πηγή θερμότητας ως αποτέλεσμα του καψαλίσματος. Η φουρφουράλη δεν αρέσκεται στο νερό και έτσι παρότι έχει υψηλό βαθμό βρασμού (161.7 °C) προσπαθεί να εξατμιστεί κατά την απόσταξη νωρίτερα από το αναμενόμενο. Χαρακτηριστικό άρωμα της είναι τα αμύγδαλα.

2.1.5 Τα τελικά στάδια

Λόγω της διαφορετικής πτητικότητας των μορίων γεύσης, οι οινοπνευματοποιοί αναμιγνύουν μαζί όλα τα αποστάγματα τζιν από κάθε διαδικασία απόσταξης για να εξασφαλίσουν σταθερή γεύση στα προϊόντα τους.

Το επόμενο στάδιο είναι η προσθήκη νερού στα Gins για να ικανοποιηθεί η απαιτούμενη περιεκτικότητα. Ορισμένα αποστακτήρια προσθέτουν επίσης ζάχαρη, αλκοόλη ή αποστάγματα και άλλα αρώματα σε αυτό το σημείο. Τα gins είναι τώρα έτοιμα για εμφιάλωση.

2.2 Κανονισμοί της Ευρωπαϊκής ένωσης οι οποίοι αφορούν το Gin

Σύμφωνα με τον «κανονισμό (ΕΕ) 2019/787 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 17ης Απριλίου 2019 [22] για τον ορισμό, την περιγραφή, την παρουσίαση και την επισήμανση των αλκοολούχων ποτών, τη χρήση των ονομασιών των αλκοολούχων ποτών στην παρουσίαση και επισήμανση άλλων τροφίμων, την προστασία των γεωγραφικών ενδείξεων για τα αλκοολούχα ποτά, τη χρήση της αιθυλικής αλκοόλης και των προϊόντων απόσταξης γεωργικής προέλευσης σε ποτά με αλκοόλη, και για την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 110/2008 ισχύουν τα κάτωθι συγκεκριμένα για το Gin.

2.2.1 Ορισμός

- *Gin* είναι το αλκοολούχο ποτό αρωματισμένο με άρκευθο που παράγεται με αρωμάτιση αιθυλικής αλκοόλης γεωργικής προέλευσης με καρπούς αρκεύθου (*Juniperus communis* L.).
- Ο ελάχιστος κατ' όγκο αλκοολικός τίτλος του *gin* είναι 37,5 %.
- Μόνον αρωματικές ουσίες ή αρωματικά παρασκευάσματα ή και τα δύο χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του *gin* ούτως ώστε να υπερισχύει η γεύση της αρκεύθου.
- Ο όρος «*gin*» μπορεί να συμπληρώνεται από τον όρο «*dry*» εφόσον δεν περιέχονται πρόσθετες γλυκαντικές ύλες σε ποσότητα που, εκπεφρασμένη σε ιμπερτοσάκχαρο, υπερβαίνει το 0,1 gr ανά λίτρο τελικού προϊόντος.

2.2.2 Αποσταγμένο *gin*

- Το αποσταγμένο *gin* είναι ένα από τα εξής: i) αλκοολούχο ποτό αρωματισμένο με άρκευθο, το οποίο παράγεται αποκλειστικά με απόσταξη αιθυλικής αλκοόλης γεωργικής προέλευσης, με αρχικό αλκοολικό τίτλο τουλάχιστον 96 % vol., παρουσία καρπών αρκεύθου (*Juniperus communis* L.) και άλλων φυσικών φυτικών προϊόντων, εφόσον υπερισχύει η γεύση της αρκεύθου· ii) ο συνδυασμός του προϊόντος αυτής της απόσταξης με αιθυλική αλκοόλη γεωργικής προέλευσης με την ίδια σύνθεση, καθαρότητα και αλκοολικό τίτλο· αρωματικές ουσίες ή αρωματικά παρασκευάσματα όπως ορίζονται στο στοιχείο γ) της κατηγορίας 20 ή και τα δύο μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την αρωμάτιση του αποσταγμένου *gin*.
- Ο ελάχιστος κατ' όγκο αλκοολικός τίτλος του αποσταγμένου *gin* είναι 37,5 %.
- Το *gin* που παράγεται από την απλή προσθήκη αιθέριων ελαίων ή αρωματικών υλών σε αιθυλική αλκοόλη γεωργικής προέλευσης δεν θεωρείται αποσταγμένο *gin*.
- δ) Ο όρος «αποσταγμένο *gin*» μπορεί να συμπληρώνεται από ή να ενσωματώνει τον όρο «dry» εφόσον δεν περιέχονται πρόσθετες γλυκαντικές ύλες σε ποσότητα που, εκπεφρασμένη σε ιμβερτοσάκχαρο, υπερβαίνει το 0,1 gr ανά λίτρο τελικού προϊόντος.

2.2.3 London *gin*

- Το *London gin* είναι αποσταγμένο *gin* το οποίο πληροί τις ακόλουθες απαιτήσεις: i) παράγεται αποκλειστικά από αιθυλική αλκοόλη γεωργικής προέλευσης, της οποίας η μέγιστη περιεκτικότητα σε μεθανόλη δεν υπερβαίνει τα 5 γραμμάρια ανά εκατόλιτρο αλκοόλης 100 % vol., και αποκτά το άρωμα/γεύση του αποκλειστικά με την απόσταξη της αιθυλικής αλκοόλης γεωργικής προέλευσης, παρουσία όλων των χρησιμοποιούμενων φυσικών φυτικών υλών· ii) το προκύπτον κατ' αυτόν τον τρόπο προϊόν απόσταξης περιέχει τουλάχιστον 70 % αλκοόλης κατ' όγκο· iii) στην περίπτωση που προστίθεται άλλη αιθυλική αλκοόλη γεωργικής προέλευσης, αυτή συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις που αναφέρονται στο άρθρο 5 εκτός από την περιεκτικότητα σε μεθανόλη δεν υπερβαίνει τα 5 γραμμάρια ανά εκατόλιτρο αλκοόλης 100 % vol.· iv) δεν

περιέχει χρωστικές ουσίες· ν) δεν έχει υποστεί γλύκανση με γλυκαντικές ύλες καθ' υπέρβαση των 0,1 γραμμαρίων ανά λίτρο τελικού προϊόντος, εκφρασμένων ως ιμβερτοποιημένο σάκχαρο· νι) δεν περιέχει άλλα συστατικά εκτός από τα συστατικά που αναφέρονται στα σημεία i), iii) και ν), και νερό.

- Ο ελάχιστος κατ' όγκο αλκοολικός τίτλος του *London gin* είναι 37,5 %.
- Η επωνυμία *London gin* μπορεί να συμπληρώνεται με ή να ενσωματώνει τον όρο «*dry*».

2.2.4 Sloe gin

- *Sloe gin* είναι το λικέρ που παράγεται με διαβροχή τσάπουρνων σε *gin*, ενδεχομένως με προσθήκη χυμού τσάπουρνων.
- Ο ελάχιστος κατ' όγκο αλκοολικός τίτλος του *sloe gin* είναι 25 %.
- Για την παραγωγή *sloe gin* μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο φυσικές αρωματικές ύλες και αρωματικά παρασκευάσματα.
- Η νόμιμη ονομασία μπορεί να συμπληρώνεται με τον όρο «λικέρ».



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1 Εισαγωγή

Η απόσταξη όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια είναι μια διαδικασία διαχωρισμού που βασίζεται στις διαφορετικές πτητικότητες των υλικών. Αν ένα μείγμα που περιέχει ουσίες που διαφέρουν στην πτητικότητα τους θερμαίνεται, η σύνθεση των ατμών που απελευθερώνονται θα είναι διαφορετική από εκείνη του βραστού υγρού. Μετά την συμπύκνωση, οι ατμοί αποτελούν το "απόσταγμα". Το υπόλοιπο υγρό ονομάζεται "υπόλειμμα".

Η απόσταξη είναι μια από τις παλαιότερες διεργασίες διαχωρισμού και έχει κεντρική σημασία στη βιομηχανία χημικών διεργασιών. Στον τομέα των τροφίμων, η κύρια εφαρμογή της είναι στην παραγωγή αιθανόλης και οиноπνευματωδών ποτών από ζυμωμένα υγρά. Η απόσταξη μπορεί να διεξαχθεί ως απόσταξη μιας παρτίδας ή ως συνεχής διαδικασία.

3.2 Ισορροπία υγρού - ατμού (Vapor liquid equilibrium (VLA))

Έστω ότι εξετάζουμε ένα υγρό διάλυμα που αποτελείται από τις ουσίες A και B. Αν το μίγμα συμπεριφέρεται ως ιδανικό διάλυμα, η τάση ατμών της ουσίας A, p_A , δίνεται από το νόμο του Raoult (Francouis-Marie Raoult, Γαλλικός χημικός, 1830-1901) που διατυπώνεται στην εξίσωση (3.1):

$$p_A = x_A p_A^0 \quad (3.1)$$

όπου x_A = συγκέντρωση του A στο διάλυμα, σε κλάσμα μορίων, και P_A^0 = τάση ατμών της καθαρής ουσίας A, στη θερμοκρασία του διαλύματος. Εάν, επιπλέον, η φάση ατμού συμπεριφέρεται ως ένα ιδανικό μείγμα αερίων, εφαρμόζεται ο Νόμος του Dalton (John Dalton, Αγγλικός φυσικός και χημικός, 1766-1844). Η μερική πίεση του A στον ατμό είναι τότε:

$$\overline{p}_A = y_A P \quad (3.2)$$

όπου y_A = Η συγκέντρωση του A στην φάση ατμών, σε κλάσμα mol και P = ολική πίεση.

Σε ισορροπία, η μερική πίεση του A στο αέριο πρέπει να είναι ίση με την πίεση ατμού του A επί του διαλύματος. Η συγκέντρωση ισορροπίας του A στον ατμό, στη συνέχεια δίνεται από την εξίσωση. (3.3):

$$y_A^* = x_A \frac{P_A^0}{P} \quad (3.3)$$

Εκτός αν η συνολική πίεση είναι ασυνήθιστα υψηλή, η υπόθεση του ιδανικού μείγματος αερίου για την αέρια φάση είναι αρκετά ασφαλής. Για παράδειγμα, η συμπεριφορά πίεσης ατμών των μιγμάτων αιθανόλης / νερού παρεκκλίνει σημαντικά από το νόμο του Raoult. Η τάση ατμών του συστατικού A σε μια μη ιδανική λύση δίνεται από την Εξ. (3.4):

$$P_A = \gamma_A x_A P_A^0 \quad (3.4)$$

όπου γ_A είναι ο συντελεστής δραστηριότητας του A στο διάλυμα. Ο συντελεστής δραστηριότητας δεν είναι σταθερός, αλλά ποικίλλει ανάλογα με τη θερμοκρασία και τη σύνθεση του μίγματος.

Το ισοζύγιο ισορροπίας της συγκέντρωσης του A στην φάση ατμών γίνεται τότε:

$$y_A^* = \gamma_A x_A \frac{P_A^0}{P} \quad (3.5)$$

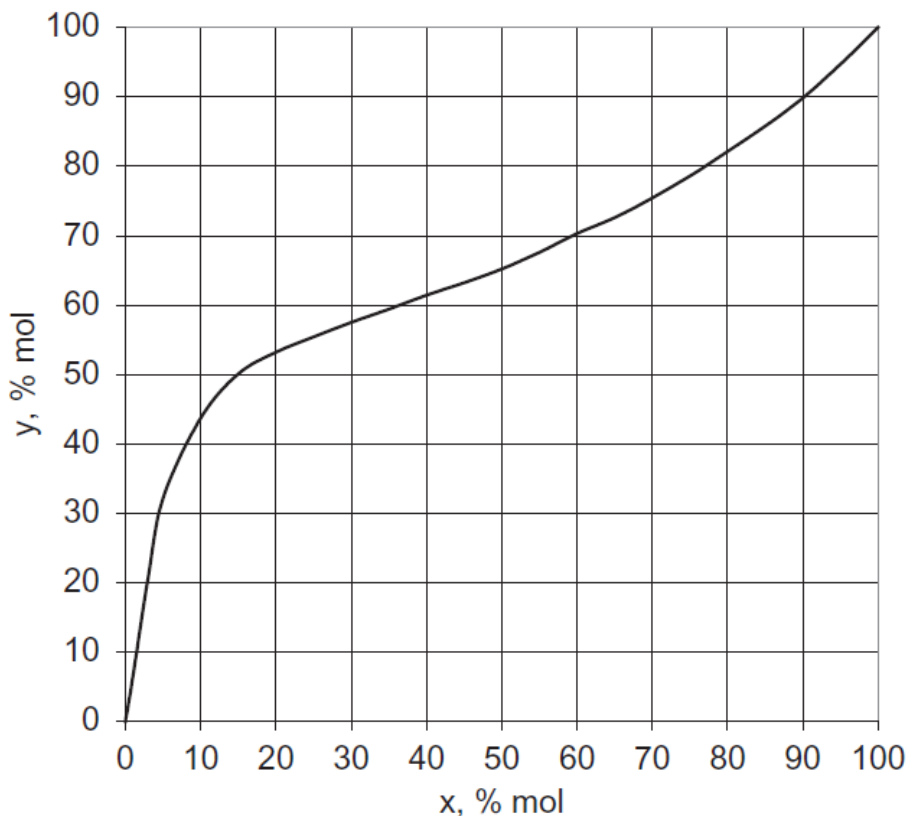
Η χρήση της εξίσωσης (3.5) για την πρόβλεψη δεδομένων ισορροπίας υδρατμών είναι προβληματική, κυρίως λόγω της δυσκολίας εύρεσης τιμών συντελεστών δραστηριότητας για μείγματα ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και της σύνθεσης.

Μια άλλη έκφραση που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη δεδομένων VLE είναι η "σχετική μεταβλητότητα", που ορίζεται ως εξής:

$$\alpha_{A \rightarrow B} = \frac{y_A^* (1 - x_A)}{x_A (1 - y_A^*)} \quad (3.6)$$

όπου α_{A-B} είναι η πτητικότητα του A σε σχέση με το B

Σε μια ιδανική λύση, η σχετική πτητικότητα είναι απλά ο λόγος των πιέσεων ατμών των καθαρών συστατικών A και B. Μέσα σε ένα περιορισμένο εύρος συγκεντρώσεων, η σχετική πτητικότητα μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι αρκετά σταθερή. Λεπτομερή πειραματικά δεδομένα VLE για πολλά μείγματα βιομηχανικού ενδιαφέροντος είναι διαθέσιμα στη βιβλιογραφία. Τα δεδομένα για το σύστημα αιθανόλης-νερού δίδονται σε μορφή πίνακα στον πίνακα 3.1 και στο γράφημα του διαγράμματος 3.1.



Διάγραμμα 3.1 Καμπύλη ισορροπίας υδρατμών ατμού-νερού, σε mol %.

Μία από τις ιδιαιτερότητες του διαλύματος αιθανόλης-νερού είναι ο σχηματισμός ενός αζεοτροπικού μείγματος με συγκέντρωση αιθανόλης 0.894 (μοριακό κλάσμα). Ένα αζεοτροπικό μείγμα είναι ένα ομοιογενές μείγμα που έχει την ίδια σύνθεση στην φάση ατμού όπως στην υγρή φάση στο σημείο βρασμού. Επομένως, αυτού το είδους τα μείγματα συμπεριφέρονται κατά την απόσταξη ως καθαρή ουσία και όχι ως μείγμα. Επομένως, είναι αδύνατο να διαχωριστεί στα συστατικά του με απλή απόσταξη ένα αζεοτροπικό μείγμα. Το μείγμα αιθανόλης-νερού έχει σημείο βρασμού $78,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ σε ατμοσφαιρική πίεση, ελαφρώς χαμηλότερο από εκείνο της καθαρής αιθανόλης.

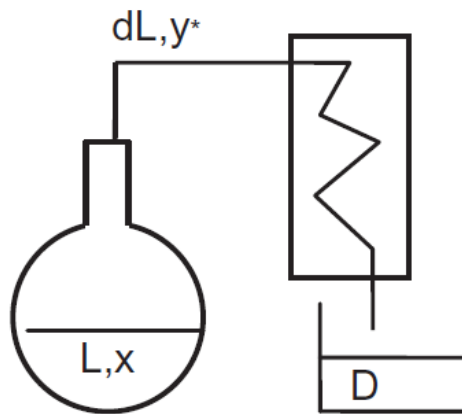
3.3 Απόσταξη παρτίδας

Η απόσταξη σε παρτίδες είναι, ουσιαστικά, ο απλούστερος τύπος απόσταξης. Κατά την διάρκεια αυτής της διαδικασίας μια παρτίδα του προς απόσταξη μείγματος βράζει σε ένα κλειστό δοχείο, οι ατμοί συμπυκνώνονται με ψύξη και το απόσταγμα συλλέγεται.

Σε αντίθεση με τη συνεχή απόσταξη, η απόσταξη σε παρτίδες δεν λαμβάνει χώρα σε σταθερή κατάσταση. Η σύνθεση του υγρού που βράζει, του ατμού και εκείνου του συλλεγέντος αποστάγματος αλλάζει συνεχώς κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Έστω ότι το L είναι η ποσότητα (mols) του υγρού μίγματος στο δοχείο (ακίνητο) σε δεδομένη χρονική στιγμή και το x ότι είναι η συγκέντρωση (μοριακό κλάσμα) του πιο πτητικού συστατικού σε αυτό το μείγμα. Μια απειροελάχιστη ποσότητα dL του υγρού εξατμίζεται. Εφόσον οι εκπεμπόμενοι ατμοί θεωρείται ότι βρίσκονται σε ισορροπία με το υγρό, η συγκέντρωση του πιο πτητικού συστατικού στον ατμό θα δηλώνεται ως y^* .

Η εξίσωση ισορροπίας μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$xL = (L - dL)(x - dx) + y^* dL \quad (3.7)$$



Εικόνα 3.1 Απόσταξη παρτίδας.

Διαχωρίζοντας τις μεταβλητές και ολοκληρώνοντας, έχουμε ότι:

$$\int_L^{L_0} \frac{dL}{L} = \ln \frac{L_0}{L} = \int_x^{x_0} \frac{dx}{y^* - x} \quad (3.8)$$

Η εξίσωση (3.8) είναι γνωστή ως νόμος Rayleigh (John William Strutt, Λόρδος Rayleigh, αγγλικός φυσικός, 1842-1919, βραβείο Νόμπελ στη Φυσική, 1904) και η διαφορική απόσταξη αποκαλείται συχνά "απόσταξη Rayleigh". Σημειώστε ότι ο ίδιος τύπος μπορεί να χρησιμοποιηθεί με συγκεντρώσεις σε κλάσμα μάζας και L σε μάζα, εάν τα δεδομένα VLE είναι επίσης σε μονάδες μάζας.

Το ολοκλήρωμα επιλύεται αναλυτικά αν οι συνθήκες ισορροπίας δίδονται ως αλγεβρική έκφραση. Διαφορετικά το ολοκλήρωμα υπολογίζεται γραφικά. Υπάρχουν διαθέσιμα

μηχανογραφικά μοντέλα για τον υπολογισμό της απόσταξης σε παρτίδες (Claus and Berglund, 2009).

Πίνακας 3.1 Υπολογισμοί για την απόσταξη παρτίδας

x	y	ΔZ	$\ln L_0/L$	L_0/L	L	D	Lx	$11 - Lx$	y_D
11	54								
10	52	0.02	0.02	1.02	97.67	2.33	9.77	1.23	53.00
9	49.8	0.02	0.05	1.05	95.34	4.66	8.58	2.42	51.95
8	47	0.03	0.07	1.08	92.98	7.02	7.44	3.56	50.76
7	44.5	0.03	0.10	1.10	90.58	9.42	6.34	4.66	49.48
6	41.5	0.03	0.13	1.13	88.14	11.86	5.29	5.71	48.14
5	38	0.03	0.16	1.17	85.60	14.40	4.28	6.72	46.67
4	32.8	0.03	0.19	1.21	82.87	17.13	3.31	7.69	44.87
3	24.8	0.04	0.23	1.26	79.66	20.34	2.39	8.61	42.34
2	17.5	0.05	0.28	1.32	75.50	24.50	1.51	9.49	38.74
1	10	0.08	0.36	1.44	69.58	30.42	0.70	10.30	33.88

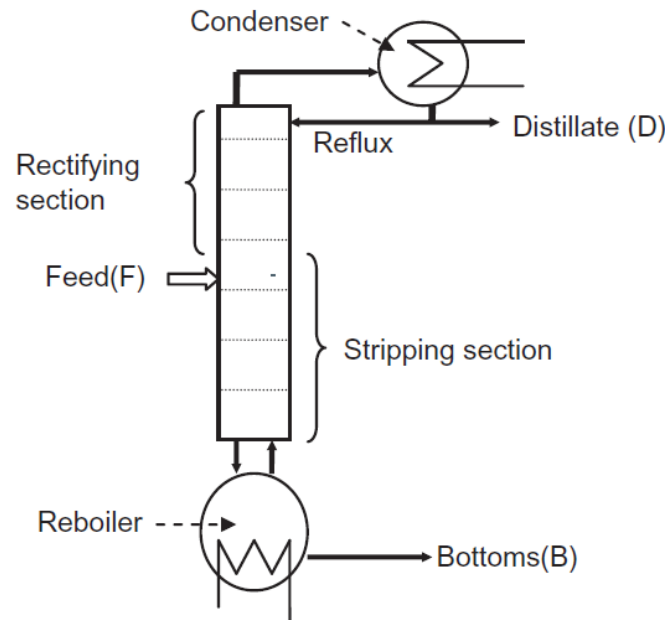
3.4 Κλασματική απόσταξη

3.4.1 Βασικές έννοιες

Η ανάκτηση ενός αποστάγματος πλούσιου στο πιο πτητικό συστατικό σε σχετικά υψηλή απόδοση απαιτεί την εφαρμογή της έννοιας "πολλαπλά στάδια επαφής". Η έννοια αυτή λαμβάνει τη μορφή της κλασματικής απόσταξης, η οποία διεξάγεται σε στήλη απόσταξης. Η στήλη απόσταξης περιέχει τα πολλαπλά στάδια επαφής, γνωστά ως πλάκες ή δίσκοι, μέσω των οποίων το υγρό και ο ατμός κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις (Εικόνα 3.2). Ο ατμός κινείται προς τα πάνω και το υγρό κινείται προς τα κάτω. Το μείγμα που πρόκειται να αποσταχθεί εισάγεται σε μια συγκεκριμένη θέση. Το τμήμα της στήλης πάνω από αυτή τη θέση ονομάζεται ζώνη ανορθωσης, ενώ το τμήμα κάτω από την είσοδο τροφοδοσίας είναι η ζώνη απογύμνωσης. Η στήλη συνδέεται με έναν επαναθετήρα, όπου τροφοδοτείται θερμότητα για εξάτμιση (βρασμός) και έναν συμπυκνωτή, όπου ο ατμός συμπυκνώνεται με ψύξη.

Στην ανοδική πορεία μέσα στην στήλη, ο ατμός ψύχεται από το υγρό που κατεβαίνει και το υγρό θερμαίνεται από τον ατμό. Αυτή η ανταλλαγή θερμότητας έχει ως αποτέλεσμα τη συμπύκνωση του λιγότερο πτητικού συστατικού από το αέριο και την εξάτμιση του πιο πτητικού συστατικού από το υγρό. Το αέριο εμπλουτίζεται έτσι σε πτητικό συστατικό καθώς μετακινείται προς τα επάνω στη στήλη και το υγρό απογυμνώνεται από το πιο πτητικό συστατικό του καθώς ρέει προς τα κάτω στη στήλη. Το υγρό που λαμβάνεται με συμπύκνωση στο συμπυκνωτή χωρίζεται σε δύο μέρη: ένα μέρος τροφοδοτείται πίσω στη στήλη για να παρέχει επαρκές υγρό για επαφή με το αέριο. Αυτό το μέρος ονομάζεται παλινδρόμηση. Το άλλο μέρος είναι το απόσταγμα. Οι ατμοί μπορούν να εξαχθούν και να συμπυκνωθούν σε

οποιαδήποτε θέση στη στήλη, παράγοντας αποστάγματα ή κλάσματα διαφορετικών συνθέσεων - εξ ου και η ονομασία "κλασματική απόσταξη".



Εικ. 3.2 Διάγραμμα κλασματικής στήλης απόσταξης.

3.4.2 Ανάλυση και σχεδιασμός της στήλης

Ο σχεδιασμός μιας στήλης απόσταξης περιλαμβάνει τον προσδιορισμό του αριθμού των σταδίων επαφής, την επιλογή του τύπου των "πλακών", τον υπολογισμό των διαστάσεων της στήλης, τον υπολογισμό της ανταλλαγής θερμότητας στον συμπυκνωτή, τον σχεδιασμό και την επιλογή του βοηθητικού εξοπλισμού (Petlyuk, 2004, Stichlmair, 1998, Treybal, 1980). Οι προδιαγραφές διεργασίας είναι ο ρυθμός ροής, η σύνθεση και οι θερμικές ιδιότητες της τροφοδοσίας, η επιθυμητή σύνθεση του αποστάγματος, και την αναμενόμενη απόδοση. Βασική απαίτηση για το σχεδιασμό είναι η γνώση των δεδομένων ισορροπίας υγρού-ατμού για τα εμπλεκόμενα μείγματα. Υπάρχουν προγράμματα λογισμικού για τον πλήρη σχεδιασμό της διαδικασίας και του εξοπλισμού. Εδώ θα περιγράψουμε μια απλοποιημένη γραφική μέθοδο για την κλασματική απόσταξη ενός δυαδικού μείγματος.

Η μέθοδος, γνωστή ως η διαδικασία McCabe-Thiele, υποθέτει ότι η γραμμομοριακή θερμότητα εξάτμισης των περισσότερων υγρών που μας ενδιαφέρουν είναι περίπου 40 kJ.mol^{-1} και ότι υπάρχει μικρή διαφορά μεταξύ τους (π.χ., $39,2 \text{ kJ.mol}^{-1}$ για αιθανόλη, $40,6 \text{ kJ.Mol}^{-1}$ για νερό). Τα δύο τμήματα της στήλης αναλύονται χωριστά.

1. Το τμήμα ανάκτησης.

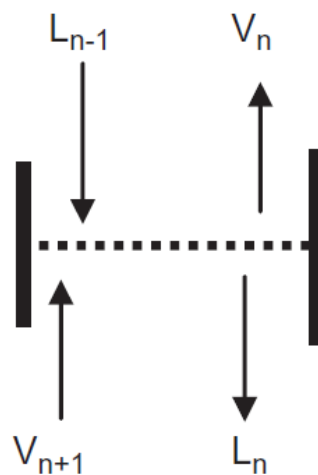
Τα στάδια (πλάκες) αριθμούνται κατά φθίνουσα σειρά: 1,2, 3,..., n. Τα ρεύματα που εισέρχονται και εξέρχονται από το στάδιο n φαίνονται στο Εικ. 3.3. Οι συγκεντρώσεις στο πτητικό συστατικό συμβολίζονται ως x για το υγρό και y για τον ατμό, και τα δυο εκφραζόμενα σε γραμμομοριακά κλάσματα. Ένα κάνουμε έναν ισολογισμό για το τμήμα της στήλης από το στάδιο n στον συμπυκνωτή, (Εικ 3.4).

Το συνολικό ισοζύγιο μάζας θα είναι:

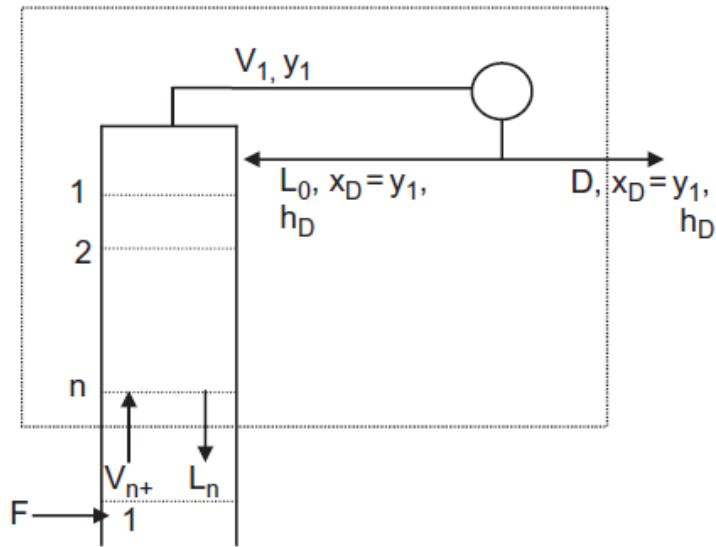
$$V_{n+1} = L_n + D \quad (3.9)$$

Το ισοζύγιο για το πτητικό συστατικό θα είναι:

$$y_{n+1}V_{n+1} = x_nL_n + x_D D \quad (3.10)$$



Εικ.3.3 Ρεύματα που εισέρχονται και εξέρχονται από την πλάκα n.



Εικ.3.4 Ισοζύγιο για το τμήμα ανορθώσεως.

Λόγω της ισότητας της θερμότητας εξάτμισης, οι γραμμομοριακές ροές των υγρών ρευμάτων και των ρευμάτων αερίων είναι ίσες, ανεξάρτητα από τη σύνθεση, δηλ. $V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n = V_{n+1}$ και $L_0 = L_1 = L_2 = \dots = L_n$.

Ορίζουμε τον λόγο αναρροής, R , ως:

$$R = \frac{L_0}{D} \quad (3.11)$$

Η αντικατάσταση στις εξισώσεις (3.9) και (3.10) μας δίνει:

$$y_{n+1} = \frac{R}{R+1}(x_n - x_D) + x_D \quad (3.11)$$

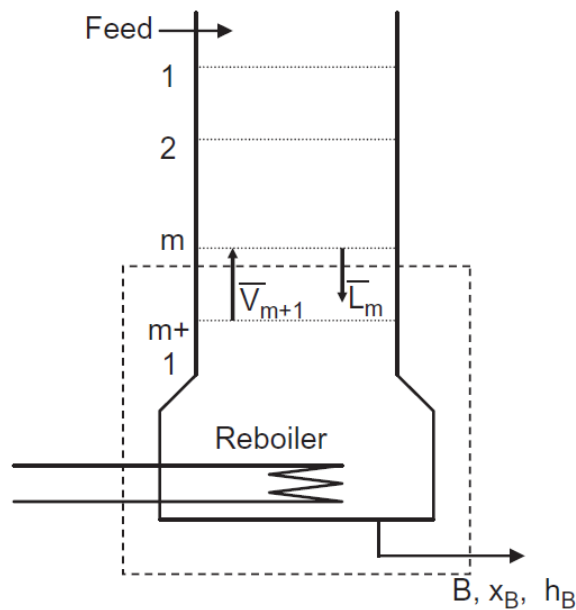
2. Η ζώνη απογύμνωσης:

Τα στάδια θα αριθμηθούν από την κορυφή προς τα κάτω, αρχίζοντας με την πλάκα ακριβώς κάτω από την είσοδο τροφοδοσίας: 1, 2, 3, . . . M. Οι μοριακές ροές σε αυτό το τμήμα θα ορισθούν ως \bar{L} και \bar{V} , για να τα διακρίνουμε από τους ρυθμούς L και V τα οποία είναι πάνω από την είσοδο τροφοδοσίας. Εφαρμόζοντας ένα ισοζύγιο για το τμήμα που οριοθετείται στην Εικ. 3.5 προκύπτει ότι:

$$\bar{L}_m = B + \bar{V}_{m+1} \quad (3.12)$$

$$\bar{L}_m \cdot x_m = B \cdot x_B + \bar{V}_{m+1} \cdot y_{m+1} \quad (3.13)$$

$$y_{m+1} = \frac{\bar{L}_m}{\bar{V}_{m+1}} (x_m - x_B) + x_B \quad (3.14)$$



Εικ 3.5 Ισοζύγιο για το τμήμα απογύμνωσης

Η εξίσωση (3.14) είναι η αλγεβρική έκφραση της γραμμής λειτουργίας κάτω από την είσοδο τροφοδοσίας (κάτω γραμμή λειτουργίας). Περνάει από το σημείο $x = y = x_B$ και η κλίση του

είναι $\frac{\bar{L}_m}{\bar{V}_{m+1}}$

Σε αντίθεση με την άνω γραμμή λειτουργίας, η κάτω γραμμή λειτουργίας δεν μπορεί να

υπολογιστεί όμως ακόμη επειδή οι τιμές στην κλίση δεν είναι γνωστές ($\frac{\bar{L}_m}{\bar{V}_{m+1}}$). Προφανώς, εξαρτάται από τον ρυθμό ροής του υγρού και του ατμού. Είναι συνηθισμένο να χαρακτηρίζεται η θερμική κατάσταση της τροφοδοσίας με τη βοήθεια του "θερμικού συντελεστή θ ": ο οποίος ορίζεται ως εξής:

$$\theta = \frac{h_V - h_F}{h_V - h_L} = \frac{\bar{L} - L}{F} \quad (3.15)$$

όπου το σύμβολο h αντιπροσωπεύει γραμμομοριακές ενθαλπίες και το F αντιπροσωπεύει την τροφοδοσία. Το πηλίκο θ είναι, στην πραγματικότητα, ο λόγος της θερμότητας που απαιτείται για την εξάτμιση 1 mol της τροφοδοσίας προς τη συνολική μοριακή λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του μίγματος. Αν θεωρήσουμε ότι η τροφοδοσία είναι κορεσμένο υγρό τότε $\theta = 1$, και εάν η τροφοδοσία είναι κορεσμένος ατμός τότε $\theta = 0$.

Τώρα μπορούμε να ορίσουμε το σημείο τομής μεταξύ των δύο γραμμών λειτουργίας. Ο

συνδυασμός εξισώσεων (3.11) και (3.14) και αντικαθιστώντας $\theta = \frac{\bar{L} - L}{F}$ προκύπτει ότι:

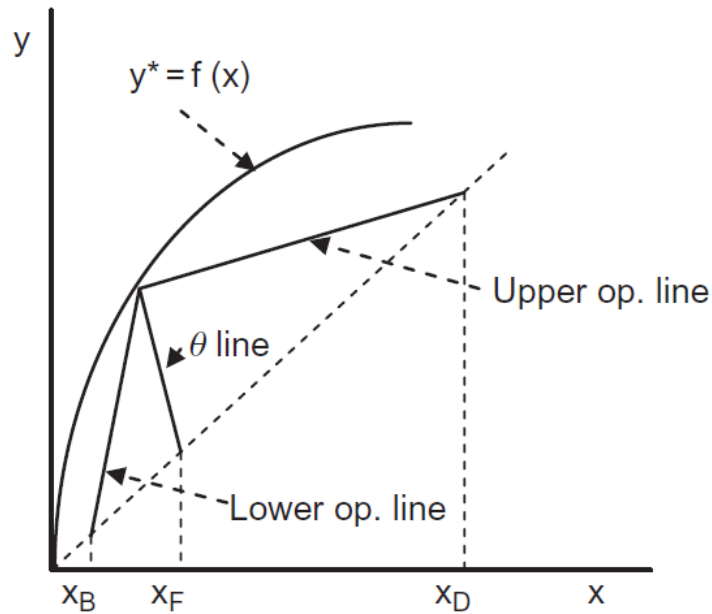
$$y = \frac{\theta}{\theta - 1} \cdot x - \frac{x_F}{\theta - 1} \quad (3.16)$$

Η εξίσωση (3.16) είναι τότε ο γεωμετρικός τόπος των σημείων τομής μεταξύ των δύο γραμμών λειτουργίας. Εκπροσωπείται από μια ευθεία γραμμή που διέρχεται από το σημείο $x = y = x_F$

και έχει κλίση ίση με $\frac{\theta}{\theta - 1}$.

3.4.3 Επίδραση του λόγου αναρροής

Ο λόγος αναρροής μπορεί να τροποποιηθεί από τον χειριστή εντός ορισμένων ορίων. Η μέγιστη τιμή του είναι ∞ , δηλαδή συνολική αναρροή. Υπό συνθήκες συνολικής αναρροής, η κλίση της ανώτερης γραμμής λειτουργίας είναι 1. Η άνω γραμμή λειτουργίας, η βοηθητική γραμμή 45° και η κάτω γραμμή λειτουργίας συγχωνεύονται και ο αριθμός των σταδίων είναι ελάχιστος. Αυτή είναι, φυσικά, μια θεωρητική κατάσταση, επειδή η συνολική αναρροή σημαίνει ότι δεν παράγεται απόσταγμα. Εάν ο λόγος αναρροής μειωθεί σταδιακά, παράγεται περισσότερο απόσταγμα αλλά αυξάνεται ο αριθμός των πλακών, αυξάνοντας έτσι το κόστος του εξοπλισμού. Η ελάχιστη τιμή αναρροής είναι αυτή η οποία προκαλεί την επικάλυψη της καμπύλης ισορροπίας στην άνω και την κάτω γραμμή λειτουργίας. Όταν συμβαίνει αυτό, ο αριθμός των πλακών που είναι απαραίτητοι για τον διαχωρισμό είναι ∞ (Εικόνα 3.6). Έτσι, ο λόγος αναρροής ρυθμίζεται μεταξύ συνολικής αναρροής και ελάχιστης αναρροής, έτσι ώστε να λειτουργεί υπό οικονομικά βέλτιστες συνθήκες.

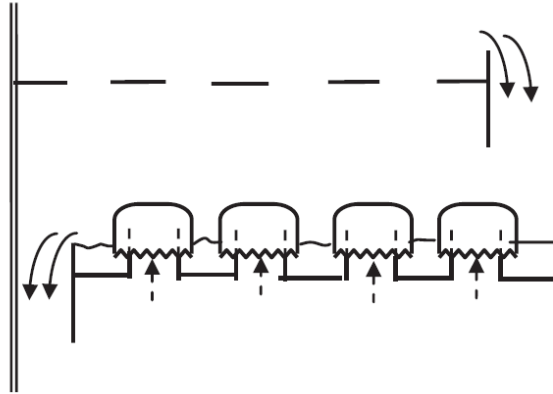


Εικ 3.6 Ελάχιστος ρυθμός αναρροής.

3.4.4 Διαμόρφωση δίσκων

Ο σκοπός των πλακών ή των δίσκων είναι να παρέχουν καλή επαφή μεταξύ του ανερχόμενου ατμού και του κατερχόμενου υγρού. Η απόκλιση από την κατάσταση ισορροπίας εξαρτάται από την επιφάνεια επαφής και τον χρόνο επαφής. Αν και αυτοί οι παράγοντες μπορούν να υπολογιστούν με ανάλυση μεταφοράς μάζας, είναι συνηθισμένο να ορίσουμε ένα είδος "αποτελεσματικότητας δίσκου". Ο συνηθέστερα εφαρμοζόμενος τύπος είναι η "μέση απόδοση". Πρακτικά, η απόδοση της πλάκας είναι η αναλογία των ιδανικών (ισορροπίας) σταδίων μέχρι τα πραγματικά στάδια. Στις συνήθεις εγκαταστάσεις βιομηχανικής απόσταξης, η πρακτική αποτελεσματικότητα κυμαίνεται μεταξύ 50% και 90%.

Υπάρχουν πολλοί τύποι δίσκων σε κλασματικές στήλες απόσταξης. Το απλούστερο είδος αποτελείται από μια επίπεδη, διάτρητη πλάκα. Η ποσότητα του υγρού σε μια διάτρητη πλάκα καθορίζεται από την ισορροπία μεταξύ της πτώσης πίεσης του ανερχόμενου ατμού και της υδροστατικής πίεσης του υγρού. Ο παραδοσιακός δίσκος σε στήλες απόσταξης για αλκοόλ είναι ο πιο αποδοτικός αλλά επίσης και πιο ακριβός είναι ο δίσκος "bubble-cap", επίσης γνωστός ως δίσκος Barbet (Εικόνα 13.14).



Εικ. 3.7 Διάγραμμα του δίσκου bubble-cap.

3.4.5 Διαμόρφωση στήλης

Η στήλη απόσταξης δεν έχει πάντοτε τη μορφή ενός μοναδικού πύργου. Ο αναθερμαντήρας είναι συνήθως ένας ξεχωριστός εναλλάκτης θερμότητας. Πολύ συχνά, τα τμήματα ανάκτησης και απογύμνωσης είναι κατασκευασμένα ως διασυνδεδεμένες αλλά χωριστές μονάδες. Στην περίπτωση τροφοδοτήσεων πολλαπλών συστατικών, βοηθητικές στήλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον περαιτέρω καθαρισμό των κλασμάτων αποστάγματος.

3.4.6 Ενεργειακοί υπολογισμοί

Όσον αφορά το κόστος λειτουργίας ενός συστήματος κλασματικής απόσταξης, πρέπει να ληφθούν υπόψη δύο σημεία: η ενέργεια που παρέχεται στον θερμαντήρα και η κατανάλωση νερού ψύξης του συμπυκνωτή. (Εικόνα 3.8). Εάν ο ατμός είναι εντελώς συμπυκνωμένος, χωρίς υπο-ψύξη, ο ρυθμός απομάκρυνσης της θερμότητας στον συμπυκνωτή είναι:

$$q_c = V_1 \lambda = D(R+1)\lambda \Rightarrow \frac{q_c}{D} = (R+1)\lambda \quad (3.17)$$

όπου λ είναι η γραμμομοριακή θερμότητα εξάτμισης. Η επίδραση της αναλογίας αναρροής στο φορτίο ψύξης ανά γραμμομόριο αποστάγματος είναι προφανής. Το ενεργειακό ισοζύγιο για το σύνολο του συστήματος μας δίνει ότι :

$$Fh_F + q_R = q_c + Bh_B + Dh_D \quad (3.18)$$

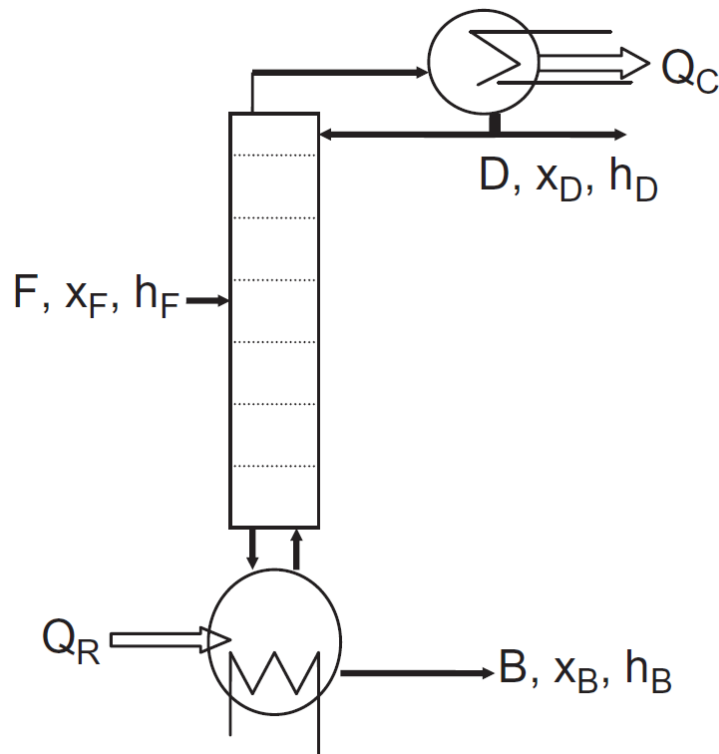
Από το συνολικό ισοζύγιο μάζας (και ισοζύγιο μάζας στα πτητικά αέρια) λαμβάνουμε ότι:

$$F = D \left(\frac{x_D - x_B}{x_F - x_B} \right) \quad (3.19)$$

Η έκφραση στην παρένθεση αποτελείται από τη σύνθεση της ροής τροφοδοσίας, το απόσταγμα και υλικά του πυθμένα. Χαρακτηρίζεται ως ξ για απλότητα. Το φορτίο θέρμανσης στον αναβραστήρα, ανά γραμμομόριο αποστάγματος, μπορεί τώρα να εκφραστεί ως:

$$\frac{q_R}{D} = (R+1)\lambda + h_D + (\xi - 1)h_D - \xi h_F \quad (3.20)$$

Η εξίσωση (3.20) δείχνει το ισχυρή επίδραση του λόγου αναρροής και των θερμικές συνθηκών της τροφοδοσίας στο φορτίο θέρμανσης ανά μονάδα προϊόντος.



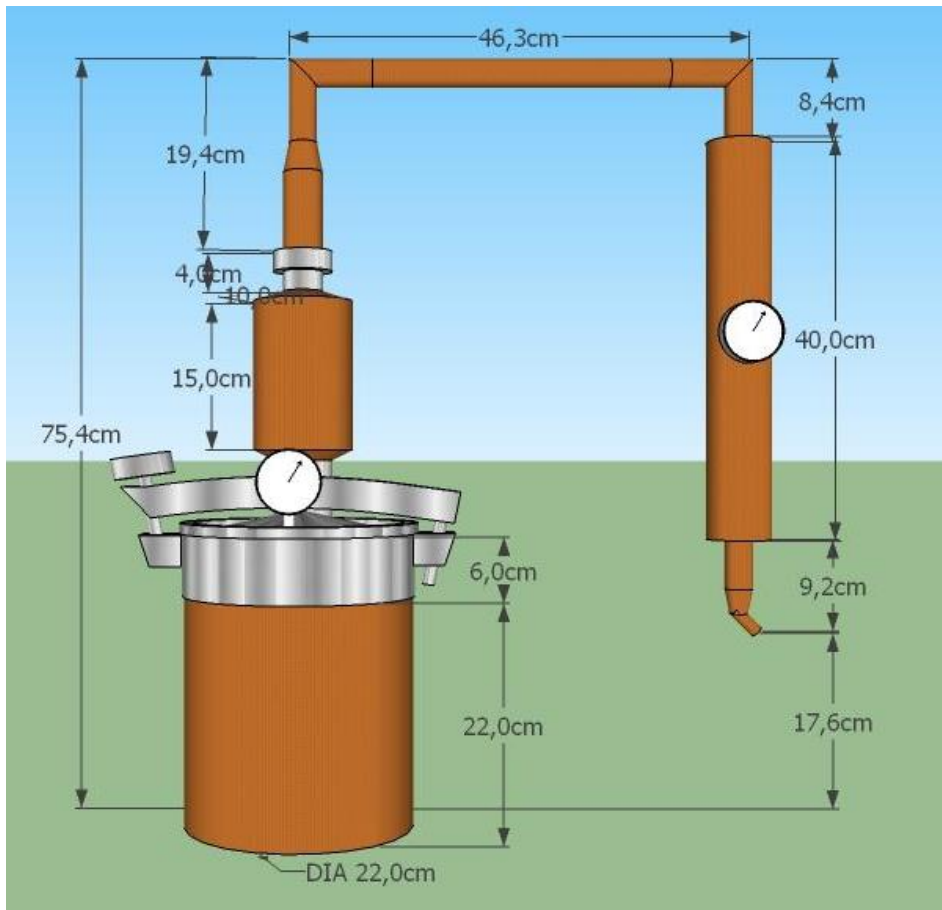
Εικ. 3.8 Ενεργειακό ισοζύγιο σε κλασματική απόσταξη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4.1 Αρχικό σχέδιο

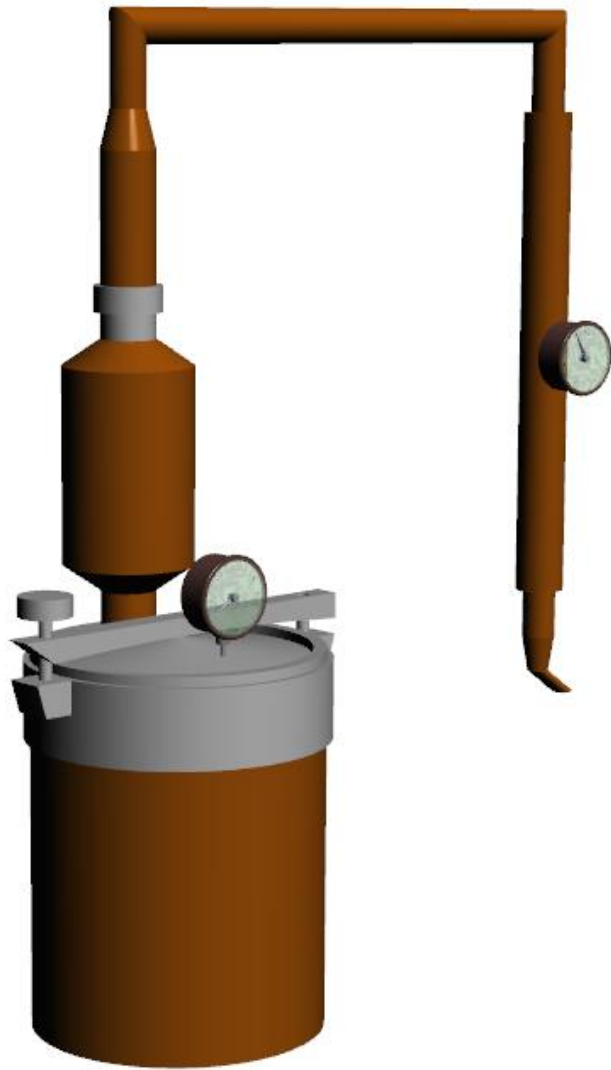
Στο παρόν κεφάλαιο αρχικά θα γίνει παρουσίαση του αρχικού σχεδίου για την δημιουργία του αποστακτηρίου μέσω του σχεδίου και των 3D σχημάτων τα οποία δημιουργήθηκαν μέσω του λογισμικού SOLIDWORKS και στην συνέχεια θα αναπτυχθούν αναλυτικά όλες οι διαστάσεις του σχεδιασμού.

Αρχικά στην εικόνα 4.1 φαίνεται το αρχικό σχήμα του αποστακτηρίου όπως σχεδιάστηκε με τις διαστάσεις θα αποτελούσαν οδηγό για την δημιουργία του τρισδιάστατου σχεδίου και κατ' επέκταση του τελικού αποστακτηρίου στο μηχανουργείο.

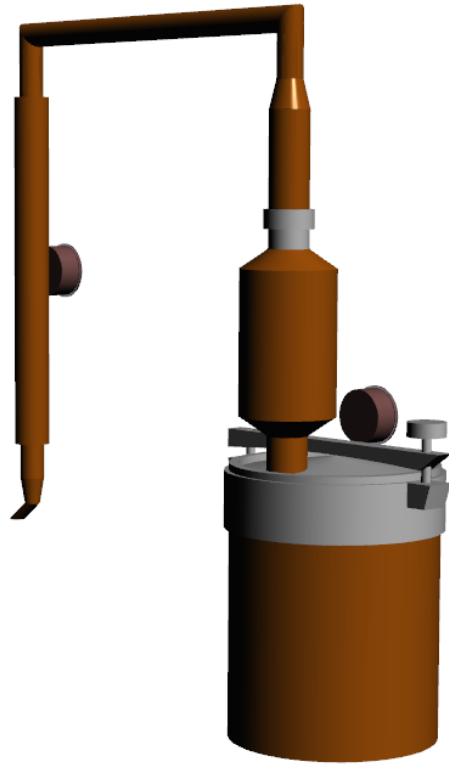


Εικόνα 4.1 Αρχικό σχέδιο αποστακτηρίου

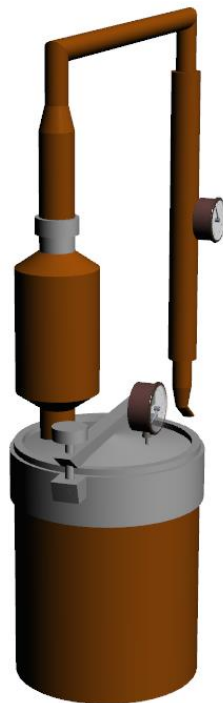
Το τρισδιάστατο σχέδιο το οποίο δημιουργήθηκε με βάση το σχέδιο της ανωτέρω εικόνα φαίνεται κάτωθι στις εικόνες 4.2, 4.3 και 4.4



Εικόνα 4.2



Εικόνα 4.3



Εικόνα 4.4

4.2 Επιλογή υλικού κατασκευής

Το χημικό στοιχείο Χαλκός (Cuprum) είναι μέταλλο με ατομικό αριθμό 29 και ατομικό βάρος 63,546. Έχει θερμοκρασία τήξης 1084,6 °C και θερμοκρασία βρασμού 2567 °C. Το σύμβολό του είναι Cu. Έχει κοκκινωπό χρώμα και είναι όλκιμος και ελατός.

Σύμφωνα με τους αρχαιολόγους ο χαλκός είναι το πρώτο από τα μέταλλα που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για την κατασκευή σκευών, εργαλείων και όπλων. Παλαιότερα, αλλά και σήμερα κάποιες φορές για λόγους αισθητικής προτίμησης, κατασκευάζονταν σφυρήλατα και άλλα μαγειρικά σκεύη από χαλκό (κοινώς μπακίρια). Η χρήση τους έχει εγκαταλειφθεί λόγω του ότι προκαλούσαν δηλητηριάσεις από το οξείδιο που δημιουργείται κατά το μαγείρεμα. Σήμερα όμως υπάρχει ειδικός χαλκός κατάλληλος για τρόφιμα ο οποίος δεν χρειάζεται γάνωμα. (είναι δηλαδή ειδικά επεξεργασμένος για τρόφιμα με όλα τα συστήματα ποιότητας, ελεγμένος από το χημείο του κράτους).

Στο πέρασμα των χρόνων οι άμβυκες αποτελούνταν από χαλκό γιατί τότε ήταν ήδη διαδεδομένη η χρήση του χαλκού στη κατασκευή οικιακών σκευών. Στη πορεία ακολουθώντας την αντίστοιχη διαδικασία των μαγειρικών σκευών οι καζανιέρηδες τα γανώνανε, διαδικασία που αποδείχθηκε λαθεμένη και επιβλαβής. Τα τελευταία χρόνια κατασκευάστηκαν άμβυκες από ανοξείδωτο χάλυβα με αρνητικά αποτελέσματα στη ποιότητα του αποστάγματος.

Έτσι έχει βρεθεί ότι η χρήση του χαλκού στην απόσταξη ευεργετική ιδιότητα. Η εξήγηση είναι ότι ο χαλκός αντιδρά, δεσμεύει τις ενώσεις του θείου και τα λιπαρά οξέα που μπορούν να παραχθούν είτε κατά τη ζύμωση, είτε κατά την απόσταξη και έτσι απαλλάσσουν το απόσταγμα από άσχημες μυρωδιές. Για το λόγο αυτό κατά καιρούς θα πρέπει η μαύρη επικάλυψη που αποκτά ο χαλκός εσωτερικά να καθαρίζεται.

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, το υλικό το οποίο επιλέχτηκε ήταν ο χαλκός. Στις επόμενες ενότητες φαίνεται η διαστασιολόγηση όλων των επιμέρους τμημάτων του άμβυκα.

4.3 Περιγραφή διαδικασίας κατασκευής - διαστασιολόγηση

4.3.1 Θυρίδα βρασμού

Αρχικά επιλέχτηκε ένα φύλλο χαλκού διαστάσεων 220mm x 690mm x 2mm από το οποίο θα εκτελεστεί η κατασκευή της θυρίδας βρασμού. Το φύλλο χαλκού φαίνεται στην εικόνα 4.5.



Εικ. 4.5 Φύλλο χαλκού για τη κατασκευή της θυρίδας βρασμού

Ακολούθως το ανωτέρω φύλλο τοποθετήθηκε για κατεργασία στον κύλινδρο του μηχανουργείου (Εικ. 4.6) μέσω του οποίου δημιουργήθηκε η κυλινδρική μορφή της θυρίδας βρασμού. (Εικ. 4.7).

Όταν το επιθυμητό κυλινδρικό σχήμα δημιουργήθηκε, εκτελέστηκε συγκόλληση ραφής των άκρων με χρήση μηχανήματος αργον όπως φαίνεται στην εικόνα 4.8

Ο κύλινδρος που δημιουργήθηκε είχε διάμετρο 220 mm.

Για τον πυθμένα του κυλίνδρου κόπηκε ένας δίσκος από χαλκό ο οποίος είχε διάμετρο 260mm. Για την τοποθέτηση του και την ένωση του με την θυρίδα βρασμού εκτελέστηκε πρεσάρισμα στην πρέσσα και συγκόλληση των δυο τμημάτων μεταξύ τους για πλήρη στεγανοποίηση.

Το εμβαδό της θυρίδας θα είναι :

$$E_{\text{θυρίδας}} = E_{\text{πίπτου}} = \pi \frac{d^2}{4} = 380,1327 \text{ cm}^2$$

Ο όγκος του θα είναι:

$$V = 10lt = 10^4 \text{ cm}^3$$

$$V = E_{\text{θυρίδας}} \cdot (ZY + 6 \text{ cm})$$

$$ZY = \frac{10^4}{380,1327} - 6 = 26,30 - 6 = 20,30 \text{ cm}$$



Εικ. 4.6 Κύλινδρος κατεργασίας φύλλου χαλκού



Εικ. 4.7 Κυλινδρική γεωμετρία θυρίδας βρασμού



Εικ 4.8 Συσκευή συγκολλήσεων argon



Εικ. 4.9 Θυρίδα βρασμού μετά το πρεσάρισμα και την συγκόλληση του πυθμένα. Οι διαφορετικοί χρωματισμοί του μετάλλου οφείλονται στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύχθηκαν κατά την συγκόλληση.

Ακολούθως η θυρίδα βρασμού γυαλίστηκε με μηχανικά μέσα εσωτερικά και εξωτερικά όπως φαίνεται στην εικόνα 4.9.



Εικ 4.10 Εσωτερικό γυάλισμα θυρίδας βρασμού

Στην συνέχεια επειδή θα πρέπει να υπάρχει επαρκής χώρος ώστε να εκτελεστεί ο βρασμός, υπολογίζεται προσθήκη κυλινδρικού κομματιού inox ύψους 6cm (Εικ. 4.9). Το συγκεκριμένο τμήμα Inox υπήρχε τυποποιημένο στο εμπόριο από όπου έγινε η προμήθεια.



Εικ. 4.11 Προσθήκη κυλινδρικού κομματιού INOX



Εικ. 4.12 Συγκόλληση κυλινδρικού κομματιού INOX

Τέλος τοποθετούνται τα χερούλια στις πλαϊνές πλευρές τα οποία και αυτά αποτελούνται από χαλκό με τον τρόπο που φαίνεται στις φωτογραφίες 4.10. Για την κατασκευή των χερουλιών κόπηκαν κομμάτια χαλκού μήκους 160mm x 33mm τα οποία στραντζαρίστηκαν ανά 20mm και τα οποία εν τέλει συγκολλήθηκαν με το σώμα της θυρίδας βρασμού.



Εικ 4.13 Ορθογώνια κομμάτια χαλκού που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως λαβές

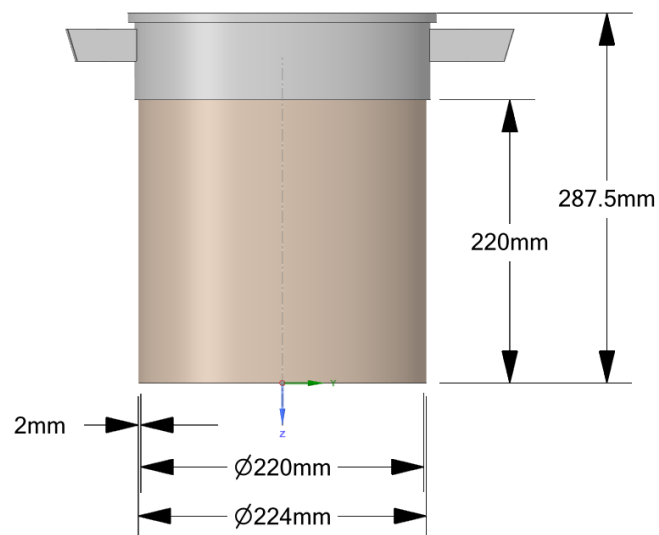


Εικ. 4.14 Τελική μορφή λαβών

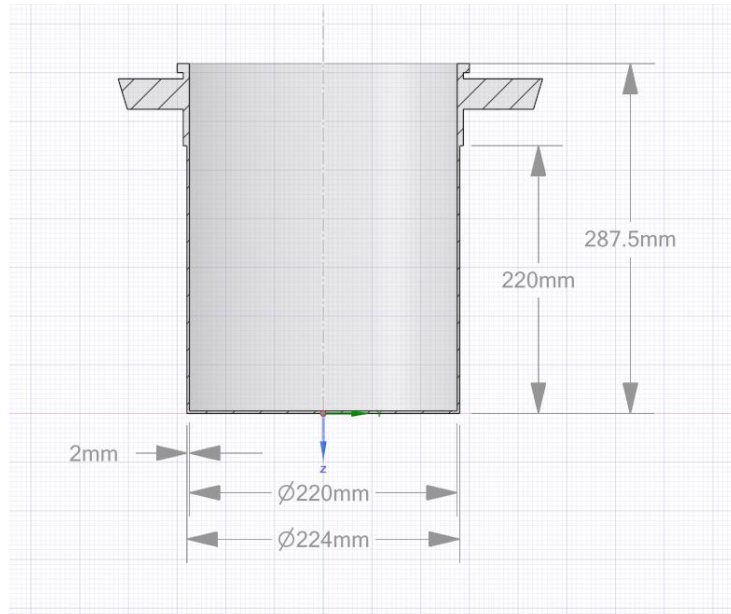


Εικ. 4.15 Η τελική μορφή της θυρίδας βρασμού

Το τελικό σχέδιο της θυρίδας βρασμού που εν τέλει κατασκευάστηκε φαίνεται στα κάτωθι 3D σχέδια τα οποία δημιουργήθηκαν σε λογισμικό SOLIDWORKS.



Εικ. 4.16 Τελικές διαστάσεις και γεωμετρία θυρίδας βρασμού (Οψη Νο1)



Εικ. 4.17 Τομή θυρίδας βρασμού



Εικ. 4.18 Τελική τρισδιάστατη μορφή δοχείου

4.3.2 Καπάκι θυρίδας βρασμού και προσθήκη συστήματος για κλασματική απόσταξη

Στην κορυφή της θυρίδας βρασμού τοποθετήθηκε καπάκι INOX με ελαστικό στεγανοποίησης στην βάση του, το οποίο αγοράστηκε από το εμπόριο και στο οποίο δημιουργήθηκε οπή διαμέτρου 40mm μέσω της οποίας οι ατμοί και θα οδηγούνται στην «καμπάνα».



Εικ 4.19 Σχεδιασμός για δημιουργία οπής σε καπάκι



Εικ 4.20 Συγκόλληση δακτυλιδιού INOX



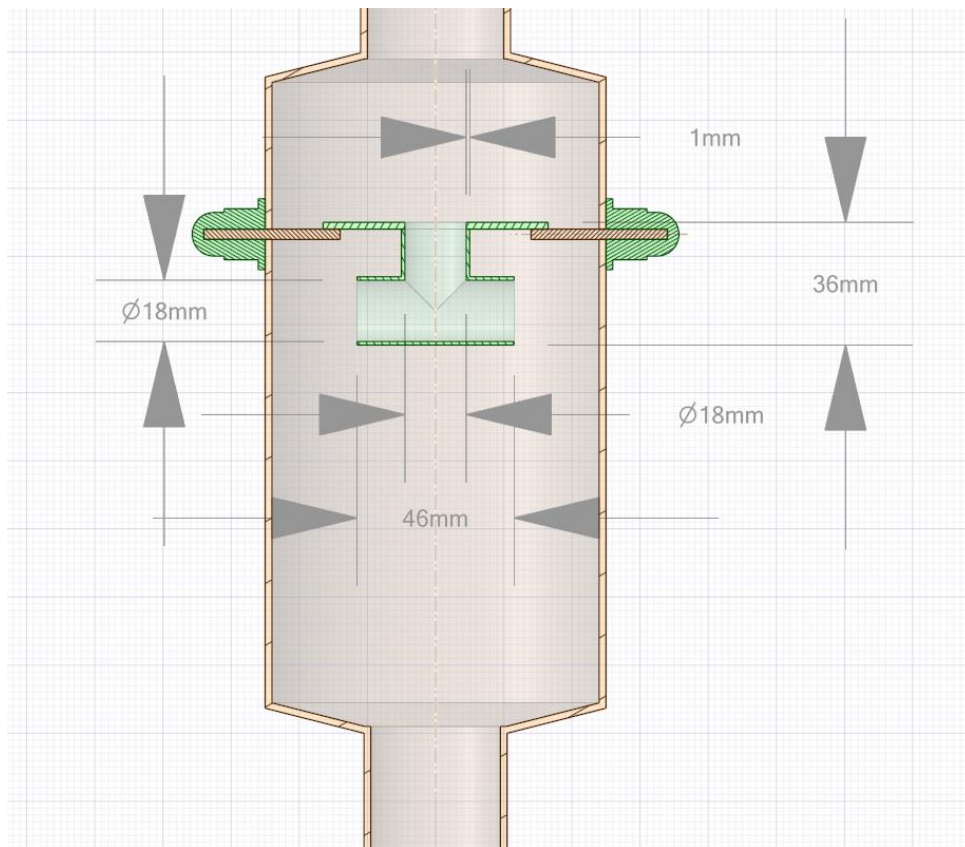
Εικ. 4.21



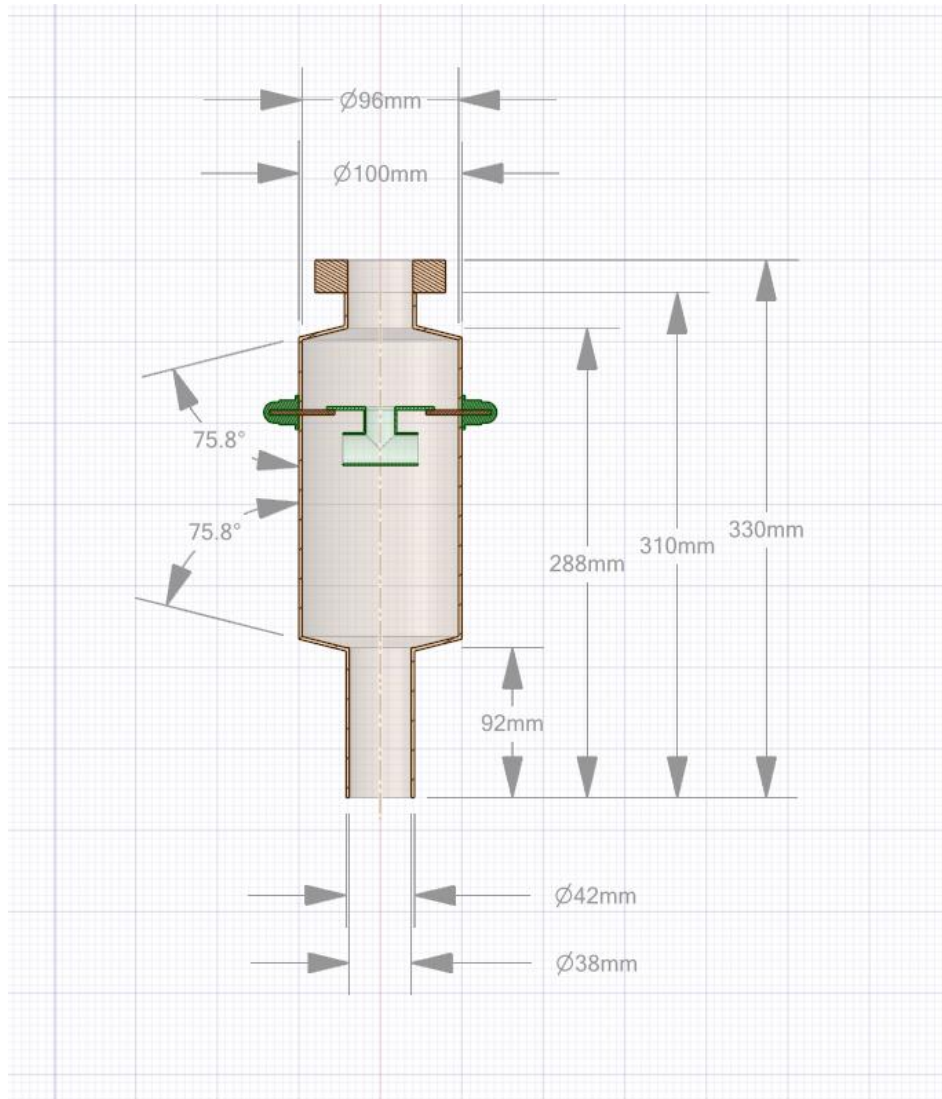
Εικ 4.22 Καπάκι INOX με ελαστική βάση (Τελική μορφή)

Η «καμπάνα» στην ουσία είναι ένας κύλινδρος (μικρότερης διαμέτρου από την θυρίδα βρασμού), στην οποία εσωτερικά τοποθετήθηκε και στερεώθηκε με κοχλίες, σύστημα το οποίο κάνει εφικτή την κλασματική απόσταξη. Μέσω αυτού του συστήματος καθώς ανεβαίνει ο ατμός μέρος του κλάσματος του υγροποιείται είτε στο άνω μέρος της καμπάνας είτε στο πλατό που κατασκευάστηκε, ενδιάμεσο του οποίου ξανά οδηγείται στο χώρο βρασμού.

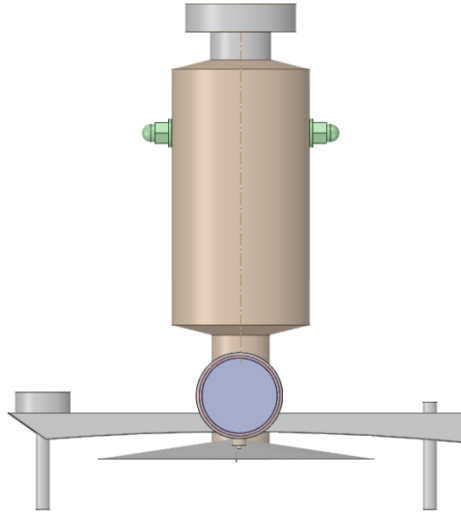
Το σχέδιο του ανωτέρω συστήματος φαίνεται στις κάτωθι εικόνες:



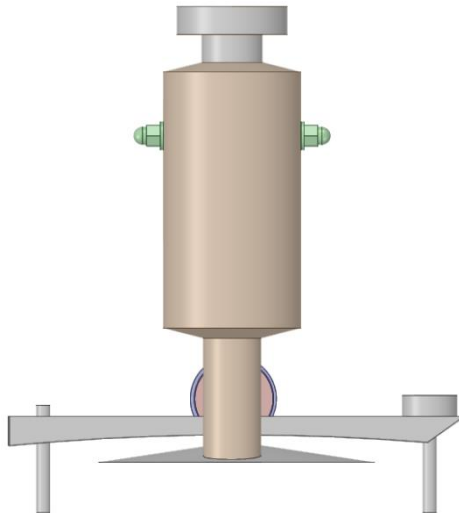
Εικ. 4.23 Εσωτερική τομή καμπάνας



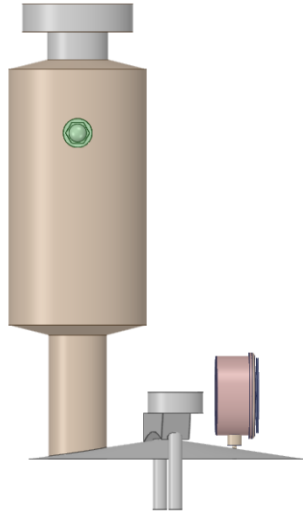
Εικ. 4.24 Εσωτερική τομή καμπάνας



Εικ. 4.25 Εμπρόσθια τρισδιάστατη όψη καμπάνας



Εικ. 4.26 Οπίσθια τρισδιάστατη όψη καμπάνας



Εικ. 4.27 Πλάγια τρισδιάστατη όψη καμπάνας



Εικ. 4.28 Φωτογραφία πραγματικής καμπάνας

Τα εξαρτήματα η σύνδεση των οποίων δημιούργησε το εσωτερικό σύστημα της καμπάνα ήταν τα εξής:

- A) Κύλινδρος χάλκινος 16 cm ύψους και μήκους 2mm
- B) Δακτυλίδι με οπή Φ18 στο κέντρο του
- Γ) Χάλκινο σύστημα μορφής «T» με διάμετρο οπών Φ18
- Δ) Κύλινδρος INOX 9cm
- Ε) Κύλινδρος INOX 2cm
- Ζ) Δυο (2) δίσκοι διαμέτρου 10cm με οπές Φ18 (3.6 cm διάμετρο)
- Η) Σπείρωμα INOX Φ18

Για το εξωτερικό της καμπάνας χρησιμοποιήθηκε έτοιμος χαλκοσωλήνας πάχους 3mm και 150mm μήκος με διάμετρο 65mm. Στο άνω και κάτω άκρο του χαλκοσωλήνα συγκολλήθηκαν δυο καπάκια (δίσκοι) για την δημιουργία του κυλινδρικού σχήματος. Τέλος στο άνω άκρο συγκολλήθηκε ταχυσύνδεσμος INOX με ελαστικό παρέμβυσμα DN40



Εικ. 4.29 Ταχυσύνδεσμος INOX με ελαστικό παρέμβυσμα DN40



Εικ. 4.30



Εικ 4.31 Θυρίδα βρασμού και καμπάνα

4.3.3 Διαδρομή ατμών προς εναλλάκτη θερμότητας και εναλλάκτης

Ακολουθως, οι ατμοί αφού εξέλθουν της καμπάνας που αναφέρθηκε στην ανωτέρω ενότητα μέσω δικτύου σωληνώσεως οδηγούνται στον ψύκτη του αποστακτηρίου. Για την ένωση των τμημάτων των σωληνώσεων εκτελέστηκε ασιμο-συγκόλληση στις ενώσεις.

Οι διαστάσεις των σωλήνων οι οποίοι επιλέχθηκαν είναι οι κάτωθι:

A) Φ 42/36 στην αρχή inox

B) Φ 18/18 χαλκοσωλήνας

Επιλέγεται χαλκός για την διαδρομή των ατμών για να έχω την απαιτούμενη ανταλλαγή θερμότητας.

Ο άμβυκας σχεδιάζεται με μια μικρή κλίση στην διαδρομή από το δοχείο βρασμού προς την ψύκτρα ώστε το ποσοστό των ατμών το οποίο υγροποιείται πριν φτάσει στην ψύκτρα να μην επιστρέφει πίσω.

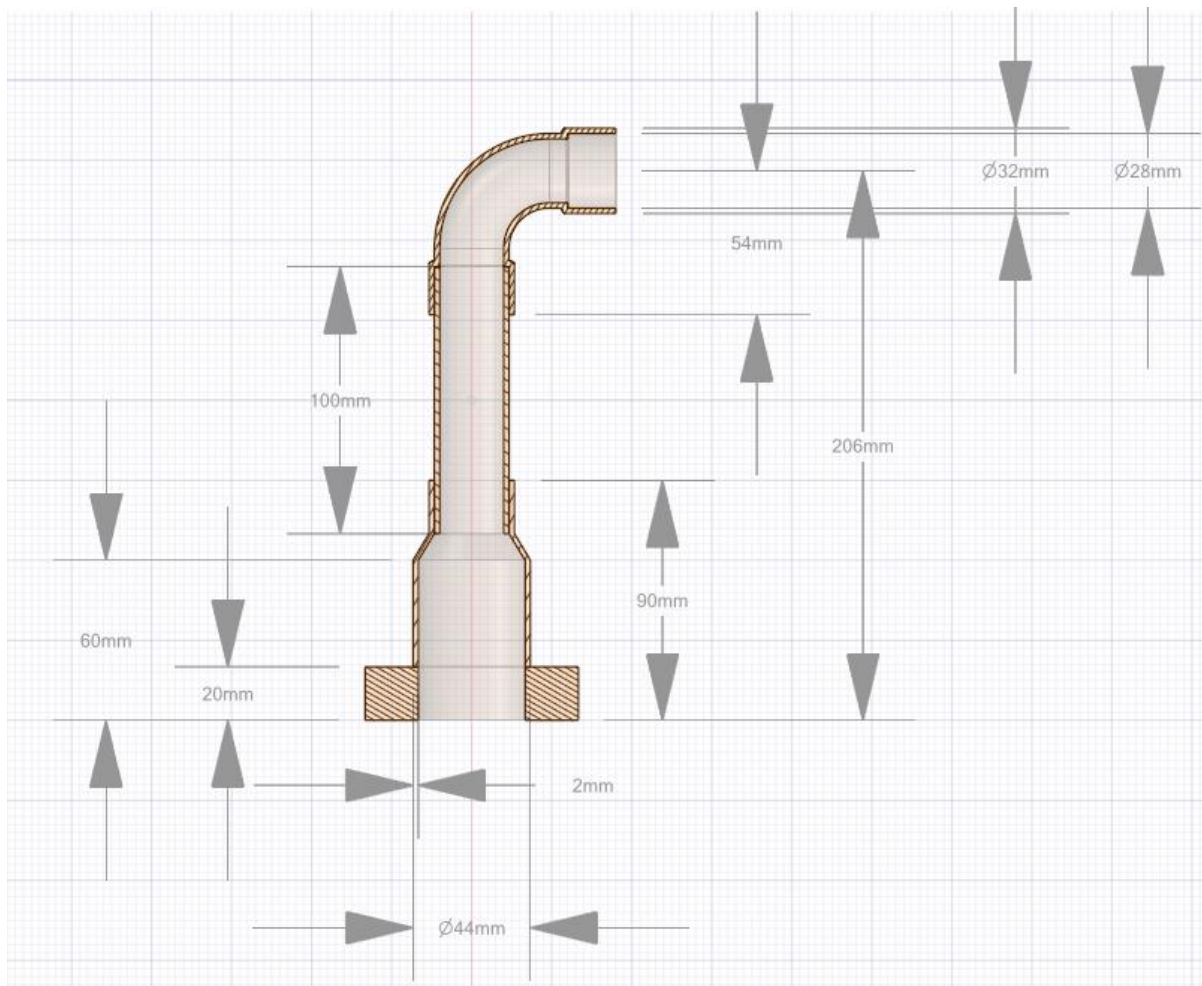
Η ψύξη των ατμών θα γίνεται μέσω χρήσης νερού από την βρύση. Λόγω μεγάλης παροχής μάζας δεν είναι υποχρεωτικό να έχω μεγάλο όγκο.

Επιλεγώ Φ64 διάμετρο με 2mm πάχος σωλήνα ώστε να είναι εύκολη η συγκόλληση των τμημάτων (σε σχέση με τις περιπτώσεις όπου θα επέλεγα διαμέτρους Φ54 και Φ76).

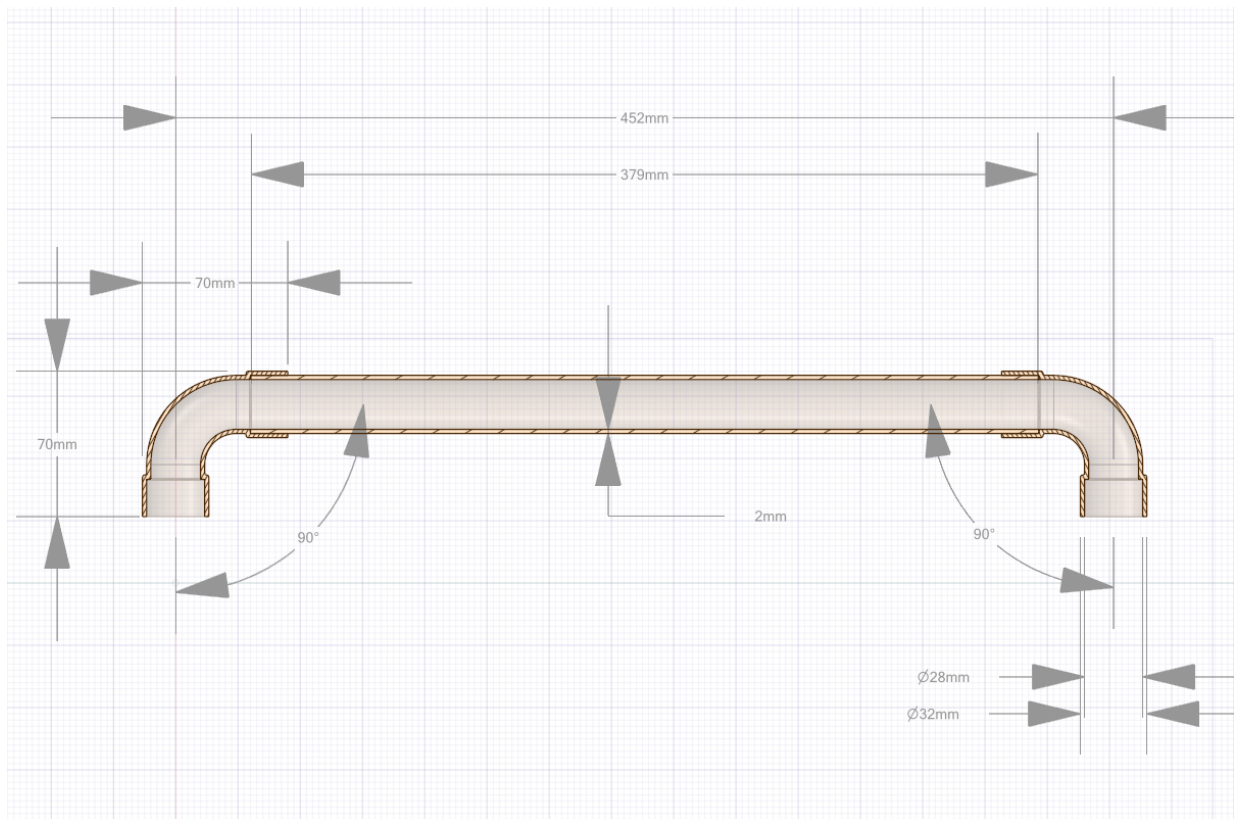
Στην συνέχεια εκτελέστηκε η δημιουργία της ψήκτρας η οποία ουσιαστικά είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας κελύφους στον οποίο εσωτερικά περνούν οι ατμοί που προέρχονται από την θυρίδα βρασμού και από την καμπάνα και εξωτερικά χρησιμοποιείται νερό για ψύξη. Η είσοδος του νερού ψύξης θα πραγματοποιείται από το κάτω μέρος του εναλλάκτη και το νερό θα εξέρχεται από την επάνω μεριά.

Τέλος στην γεωμετρικά στην μέση του εναλλάκτη έχει τοποθετηθεί θερμομέτρο.

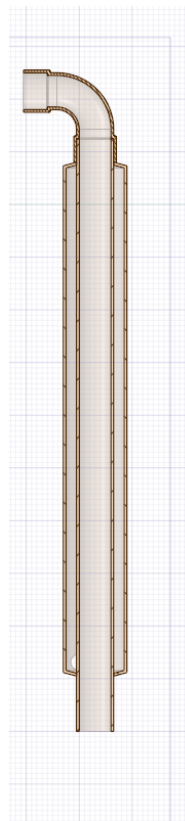
Τα σχέδια και οι διαστάσεις του συνόλου των εξαρτημάτων φαίνονται στις κάτωθι φωτογραφίες.



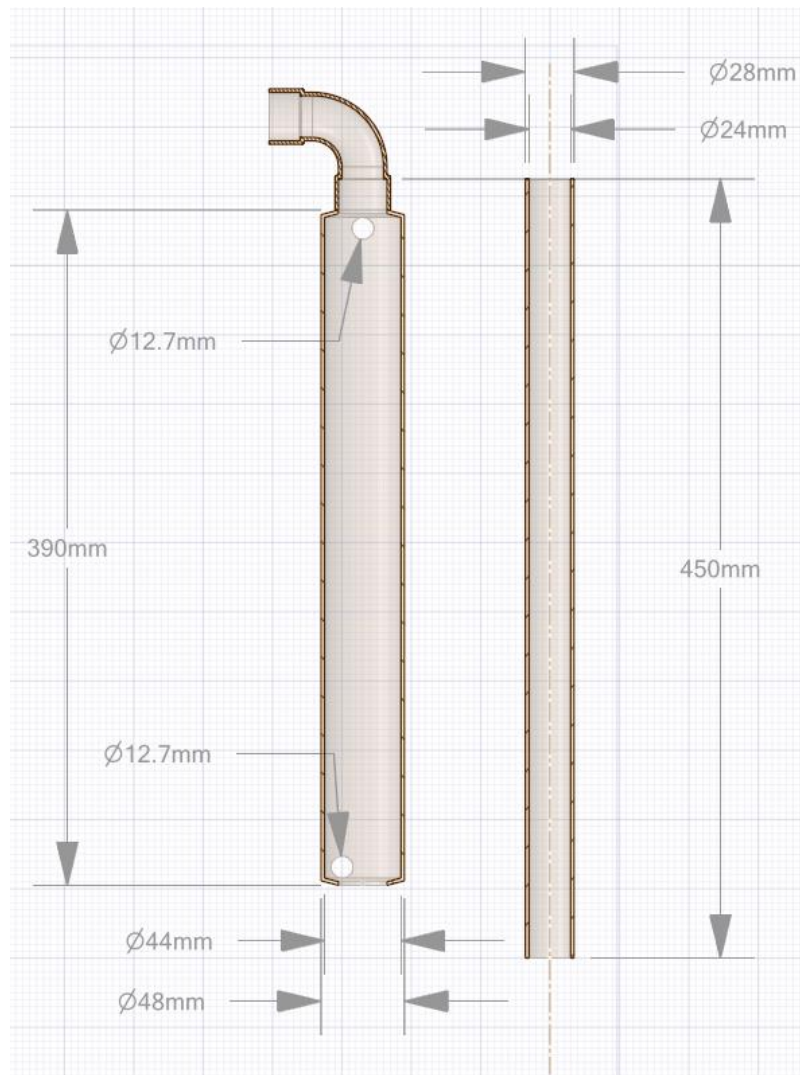
Εικ. 4.32 Διαστασιολόγηση Α μέρους σωλήνωσης για οδήγηση ατμών σε ψύκτρα



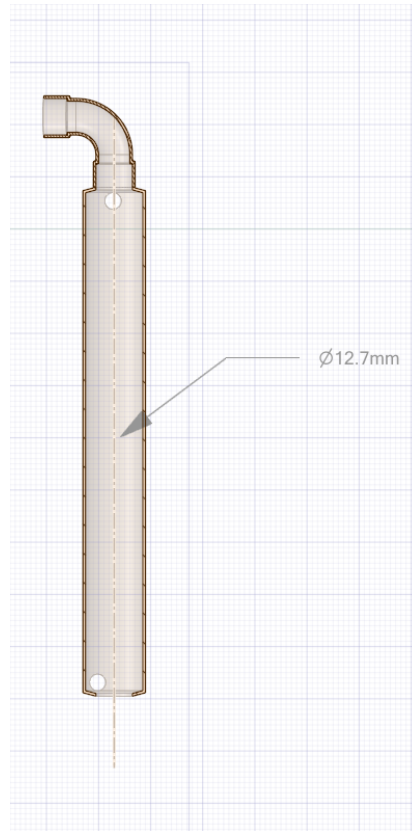
Εικ. 4.33 Διαστασιολόγηση Β μέρους σωλήνωσης για οδήγηση ατμών σε ψήκτρα.



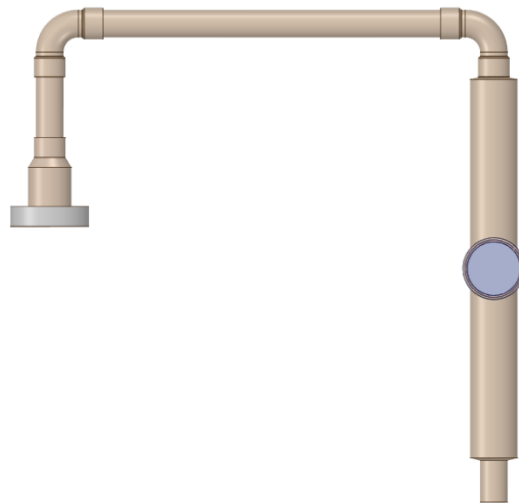
Εικ. 4.34 Πλάγια τομή εναλλάκτη θερμότητας



Εικ. 4.35 Πλάγια τομή εναλλάκτη θερμότητας και σωλήνα ατμών ο οποίος περνά διαμέσω του κελύφους του εναλλάκτη.



Εικ. 4.36 Εξωτερική διάμετρος εναλλάκτη



Εικ. 4.37 Τελικό τρισδιάστατο σχέδιο σωλήνωσης και εναλλάκτη



Εικ 4.38 Εξαρτήματα για κατασκευή σωλήνωσης και εναλλάκτη



Εικ. 4.39 Διαδικασία ασιμοσυγκόλλησης ενώσεων



Εικ. 4.40 Φωτογραφίες τμημάτων πριν την σύνδεση



Εικ 4.41



Εικ 4.42 Διαδικασία πλήρωσης με νερό και αύξηση πίεσης για εύρεση τυχών διαρροών



Εικ 4.43 Επίτρηψη εξωτερικού τμήματος



Ек 4.44



Ек 4.45

Η τελική μορφή του άμβυκα φαίνεται στην κάτωθι εικόνα:



Εικ 4.46 Τελική μορφή άμβυκα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

5.1 Δοκιμές λειτουργίας

Κατόπιν της ολοκλήρωσης της διαδικασίας κατασκευής του άμβυκα εκτελέστηκαν στην συνέχεια δοκιμές λειτουργίες για την καταγραφή δεδομένων που σχετίζονται με την λειτουργία του.

5.2 1^η δοκιμή λειτουργίας

Αρχικά έγινε μια πρώτη δοκιμή στην οποία δεν τοποθετήθηκε καθόλου αλκοόλ παρά μόνο νερό για να ελεγχθούν όλα τα μέρη του άμβυκα ότι είναι λειτουργικά. Ακολούθως παρουσιάζονται ο πίνακας και το διάγραμμα που προέκυψε για τα οποία περιγράφουν την διαδικασία για 130 λεπτά (2 ώρες και 10 λεπτά).

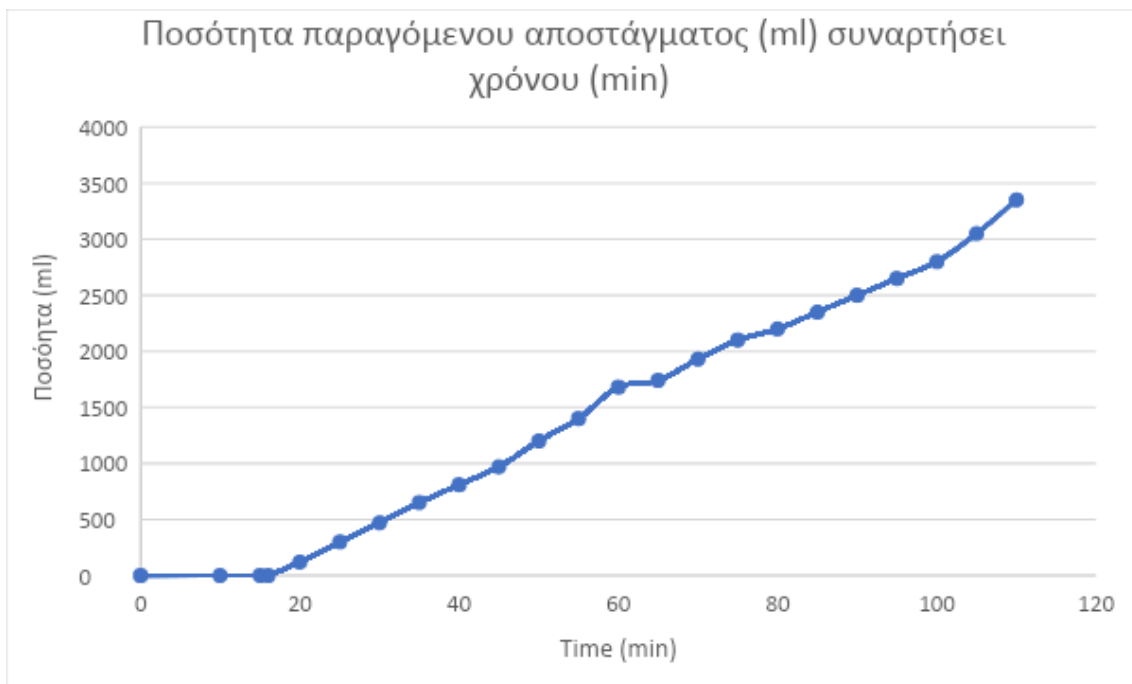
Πίνακας 5.1 Αναλογία του προς απόσταξη μείγματος

Αλκοόλ	% Αλκοόλ	Juniper // Άρκευθος	Corriander // Κολιάνδρο	Angelica root // Ρίζα Αγγελικής	Pepper // Πιπέρι	Green tea // Πράσινο τσάι	Νερό
Lt		gr	gr	gr	gr	gr	Lt
0	-	0	0	0	0	0	4

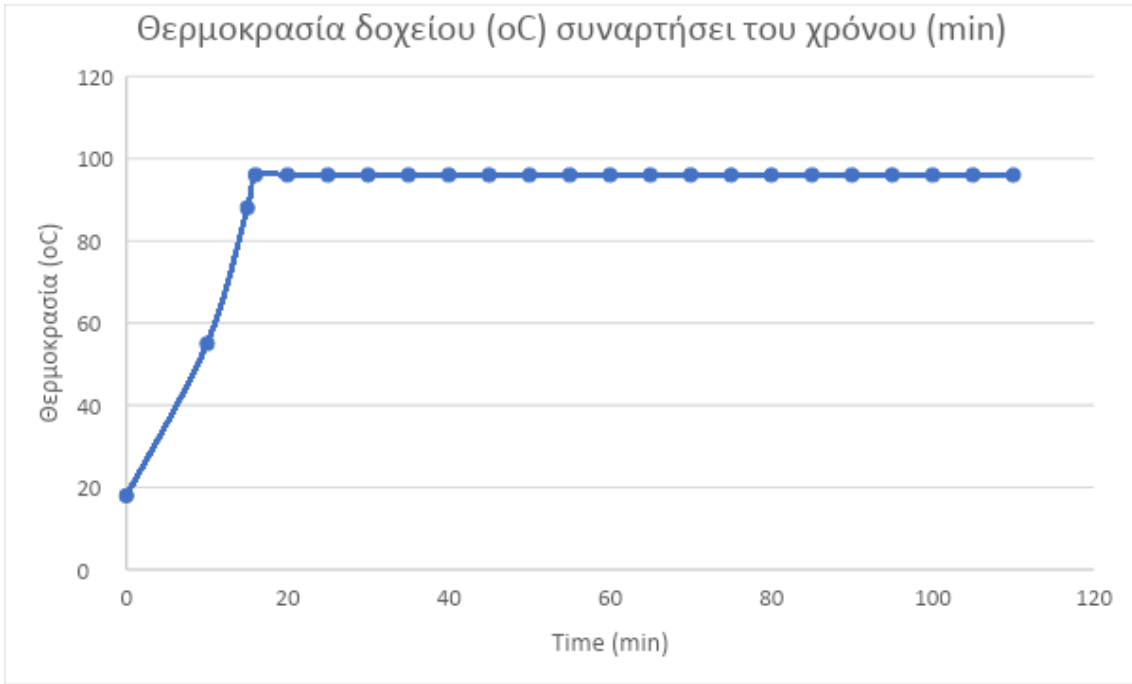
Πίνακας 5.2 Δοκιμαστική λειτουργία Νο1

Χρόνος [min]	Θερμοκρασία δοχείου (°C)	Θερμοκρασία ύδατος ψύξης (°C)	Παραγόμενο απόσταγμα (ml)
0	18	14	0
10	55	14	0
15	88	14	0
16	96	14	0
20	96	14	120
25	96	15	300
30	96	14	470
35	96	15	650
40	96	15	810
45	96	15	970

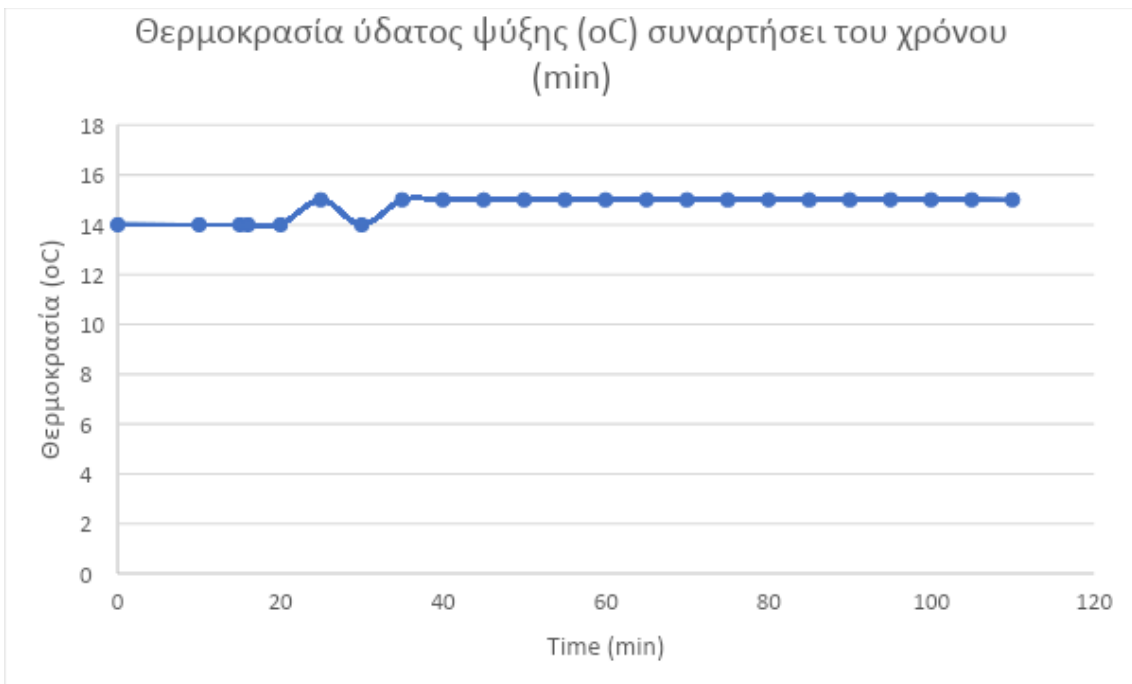
50	96	15	1200
55	96	15	1400
60	96	15	1680
65	96	15	1740
70	96	15	1930
75	96	15	2100
80	96	15	2200
85	96	15	2350
90	96	15	2500
95	96	15	2650
100	96	15	2800
105	96	15	3050
110	96	15	3350



Διάγραμμα 5.1 Ποσότητα παραγόμενου αποστάγματος (ml) συναρτήσει χρόνου (min)



Διάγραμμα 5.2 Θερμοκρασία δοχείου (°C) συναρτήσει του χρόνου (min)



Διάγραμμα 5.3 Θερμοκρασία ύδατος ψύξης (°C) συναρτήσει του χρόνου (min)

Από τα ανωτέρω διαγράμματα και πίνακες διαπιστώνουμε πως για χρήση μόνο νερού στο μείγμα το αποστακτήριο που κατασκευάστηκε λειτουργεί ικανοποιητικά καθώς παρατηρούμε τα κάτωθι:

1. Η έναρξη της παραγωγής του τελικού αποστάγματος διαπιστώνεται ότι ξεκινά στο 16 λεπτό.
2. Θερμοκρασία δοχείου (°C) παρατηρούμε ότι έχει μια ανοδική τάση μέχρι το 16 λεπτό και ακολούθως παραμένει σταθερή στους 96 °C.
3. Το νερό ψύξης καθόλη την διαδικασία της παραγωγής του αποστάγματος παραμένει σταθερή στους 15 °C κάτι το οποίο υποδηλώνει πως η λειτουργία του εναλλάκτη θερμότητας είναι ικανοποιητική (απαγωγή θερμότητας και παροχή ψυκτικού ύδατος)

5.3 2^η δοκιμή λειτουργίας

Στην συνέχεια εκτελέστηκε η δεύτερη δοκιμή λειτουργίας με αναλογίες του μείγματος και αποτελέσματα ως ακολούθως:

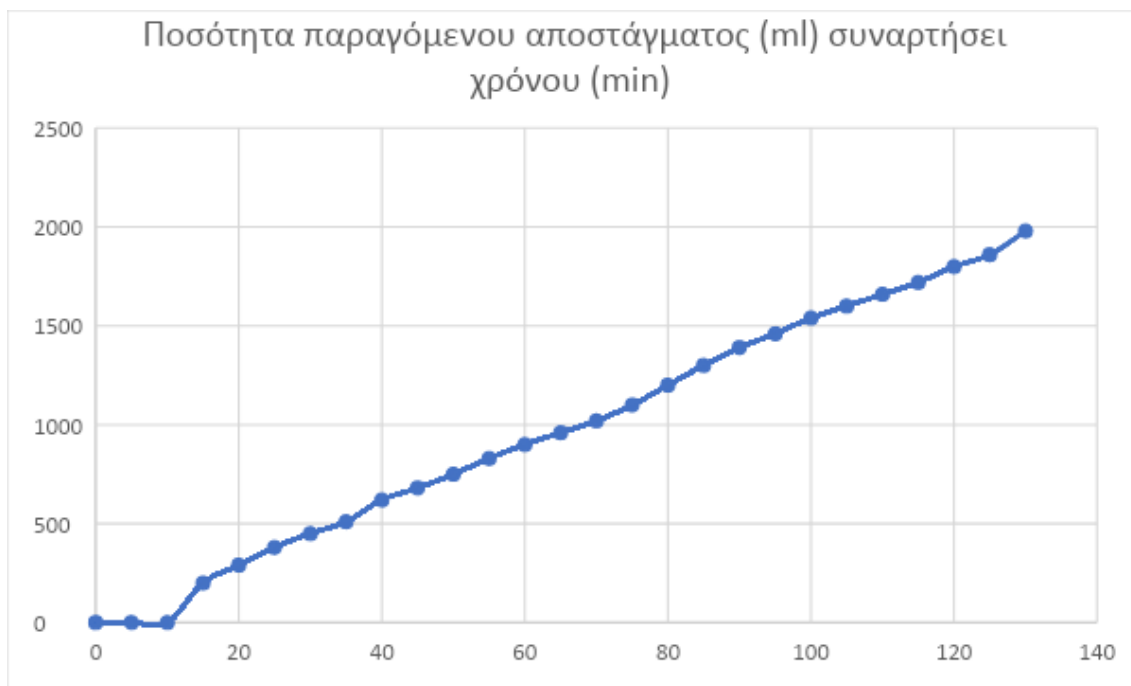
Πίνακας 5.3 Αναλογία του προς απόσταξη μείγματος

Αλκοόλ	% Αλκοόλ	Juniper // Άρκευθος	Corriander // Κολιάνδρο	Angelica root // Ρίζα Αγγελικής	Pepper // Πιπέρι	Green tea // Πράσινο τσάι	Νερό
Lt	λ	gr	gr	gr	gr	gr	Lt
2	48%	17	9	2.8	3	1	2

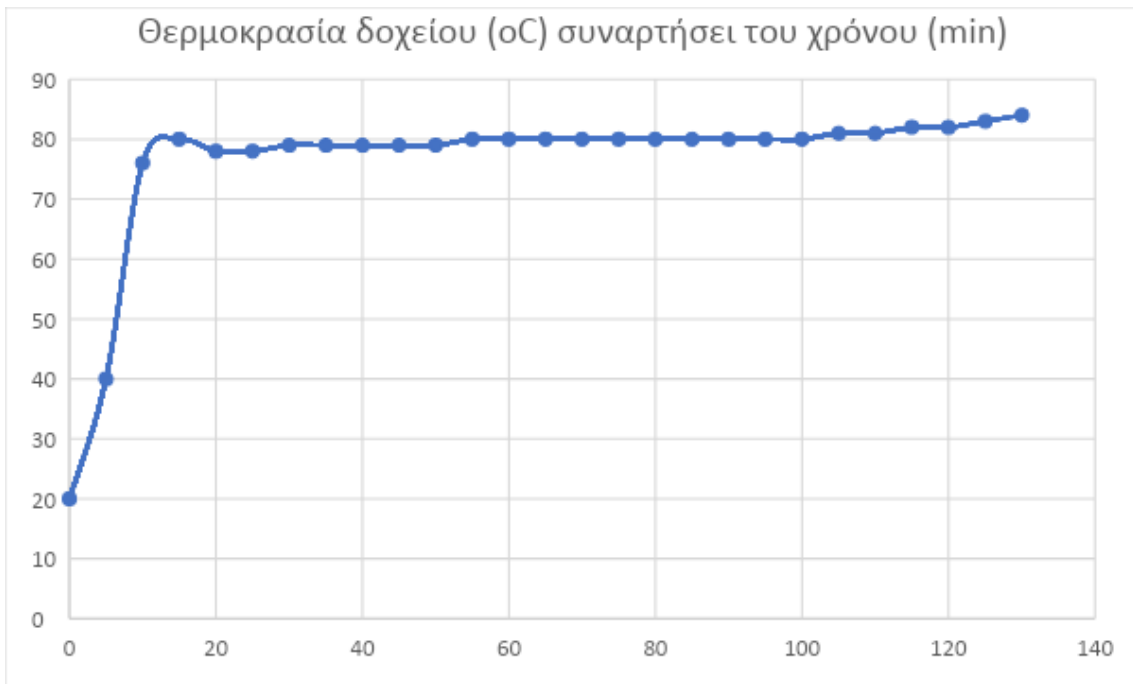
Πίνακας 5.4 Δοκιμαστική λειτουργία Νο2

Χρόνος [min]	Θερμοκρασία δοχείου (oC)	Θερμοκρασία ύδατος ψύξης (oC)	Παραγόμενο απόσταγμα (ml)
0	20	16	0
5	40	16	0
10	76	16	0
15	80	16	200
20	78	16	290
25	78	16	380
30	79	16	450
35	79	16	510
40	79	16	620
45	79	16	680
50	79	16	750
55	80	16	830
60	80	16	900
65	80	16	960
70	80	16	1020
75	80	16	1100
80	80	16	1200

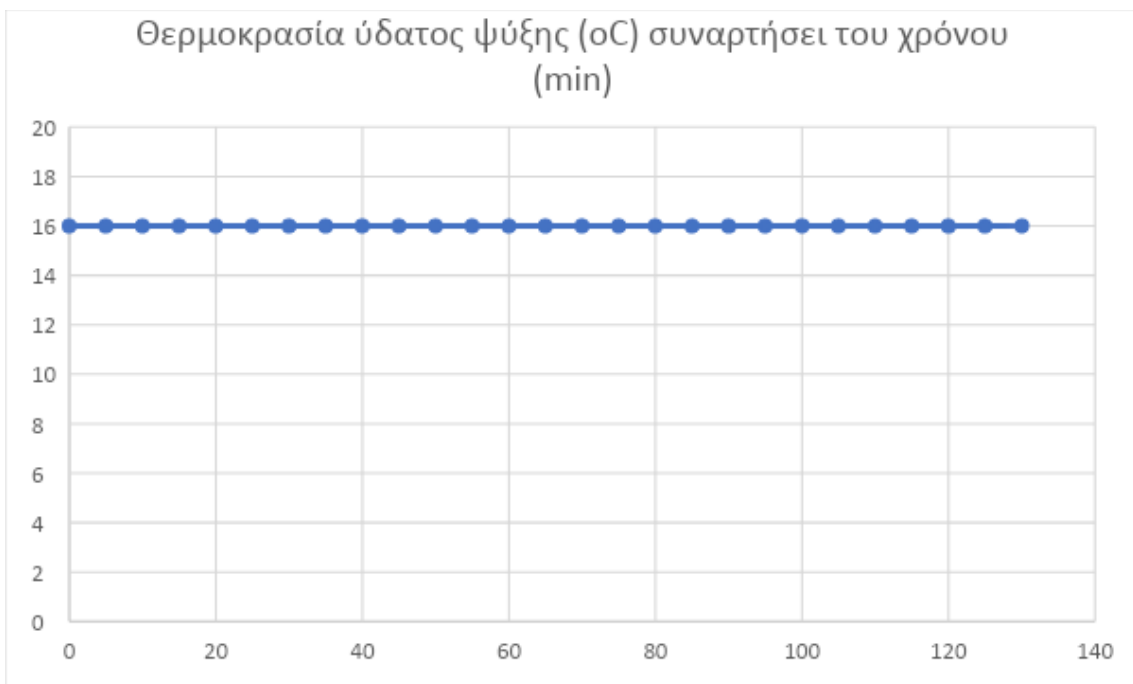
85	80	16	1300
90	80	16	1390
95	80	16	1460
100	80	16	1540
105	81	16	1600
110	81	16	1660
115	82	16	1720
120	82	16	1800
125	83	16	1860
130	84	16	1980



Διάγραμμα 5.4 Ποσότητα παραγόμενου αποστάγματος (ml) συναρτήσει χρόνου (min)



Διάγραμμα 5.5 Θερμοκρασία δοχείου (°C) συναρτήσει του χρόνου (min)



Διάγραμμα 5.6 Θερμοκρασία ύδατος ψύξης (°C) συναρτήσει του χρόνου (min)

5.4 3^η δοκιμή λειτουργίας

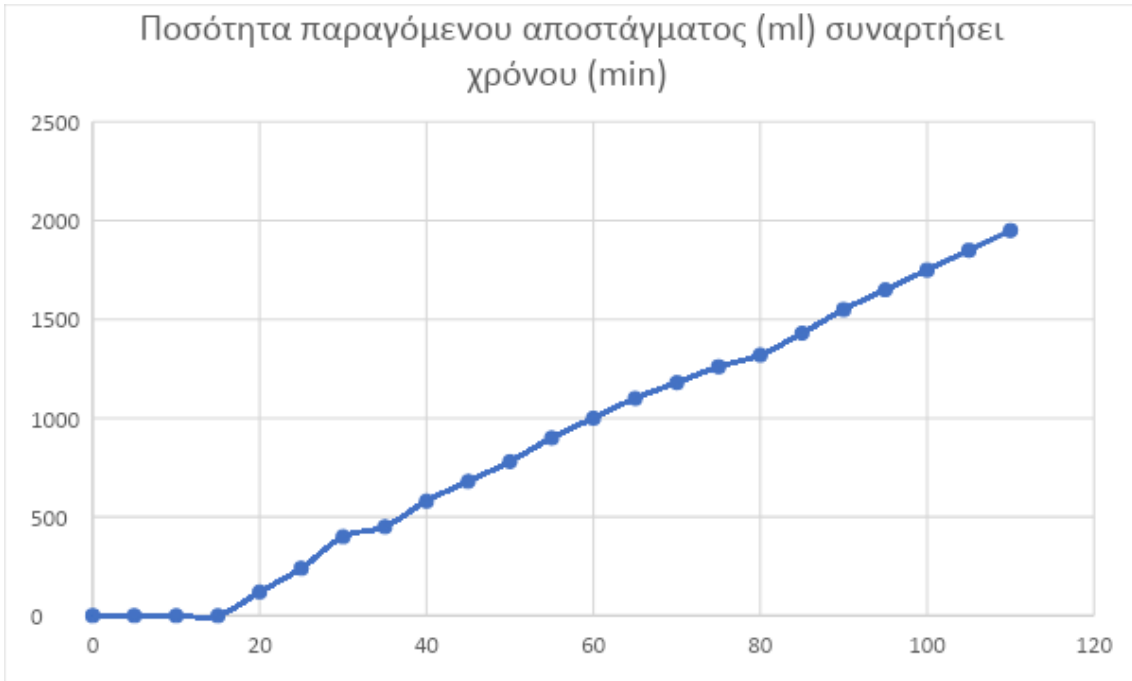
Στην συνέχεια εκτελέστηκε η τρίτη δοκιμή λειτουργίας με αναλογίες του μείγματος και αποτελέσματα ως ακολούθως:

Πίνακας 5.5 Αναλογία του προς απόσταξη μείγματος

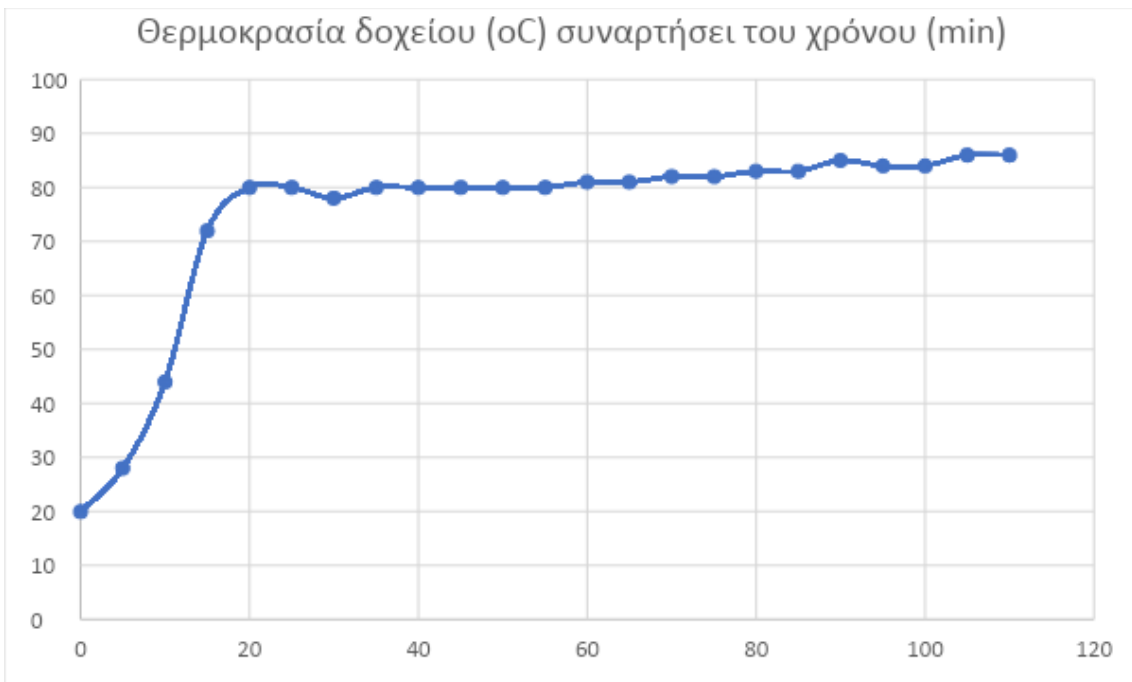
Αλκοόλ	% Αλκοόλ	Juniper // Άρκευθος	Corriander // Κολιάνδρο	Angelica root // Ρίζα Αγγελικής	Pepper // Πιπέρι	Green Tea // Πράσινο τσάι	Νερό
Lt		gr	gr	gr	Gr	gr	Lt
2	38,4 %	17	9	2.8	3	1	3

Πίνακας 5.6 Δοκιμαστική λειτουργία Νο3

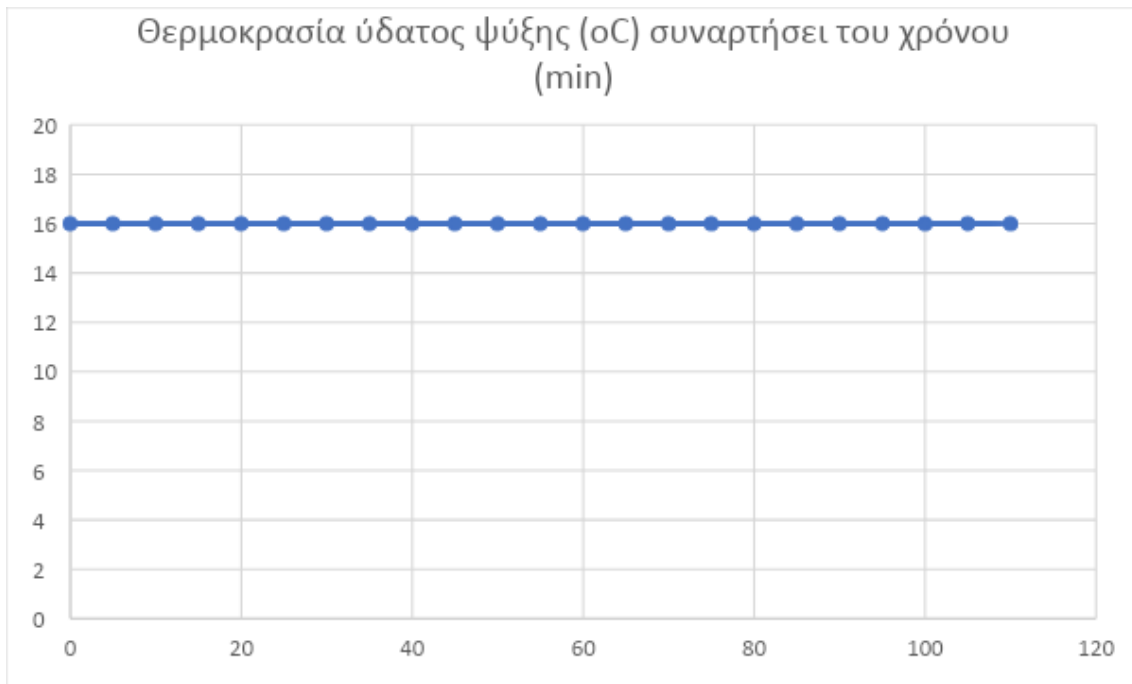
Χρόνος [min]	Θερμοκρασία δοχείου (oC)	Θερμοκρασία ύδατος ψύξης (oC)	Παραγόμενο απόσταγμα (ml)
0	20	16	0
5	28	16	0
10	44	16	0
15	72	16	0
20	80	16	120
25	80	16	240
30	78	16	400
35	80	16	450
40	80	16	580
45	80	16	680
50	80	16	780
55	80	16	900
60	81	16	1000
65	81	16	1100
70	82	16	1180
75	82	16	1260
80	83	16	1320
85	83	16	1430
90	85	16	1550
95	84	16	1650
100	84	16	1750
105	86	16	1850
110	86	16	1950



Διάγραμμα 5.7 Ποσότητα παραγόμενου αποστάγματος (ml) συναρτήσει χρόνου (min)



Διάγραμμα 5.8 Θερμοκρασία δοχείου (°C) συναρτήσει του χρόνου (min)



Διάγραμμα 5.9 Θερμοκρασία ύδατος ψύξης (οC) συναρτήσει του χρόνου (min)

5.5 4^η δοκιμή λειτουργίας

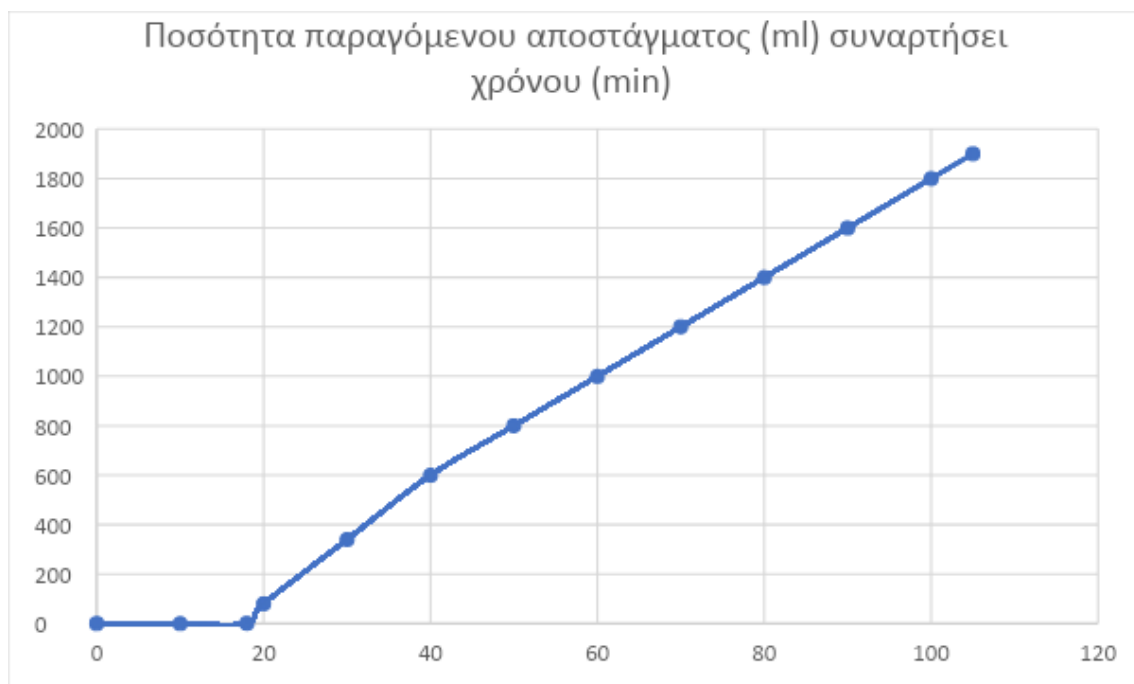
Στη συνέχεια εκτελέστηκε η τέταρτη και τελευταία δοκιμή λειτουργίας με αναλογίες του μείγματος και αποτελέσματα ως ακολούθως:

Πίνακας 5.7 Αναλογία του προς απόσταξη μείγματος

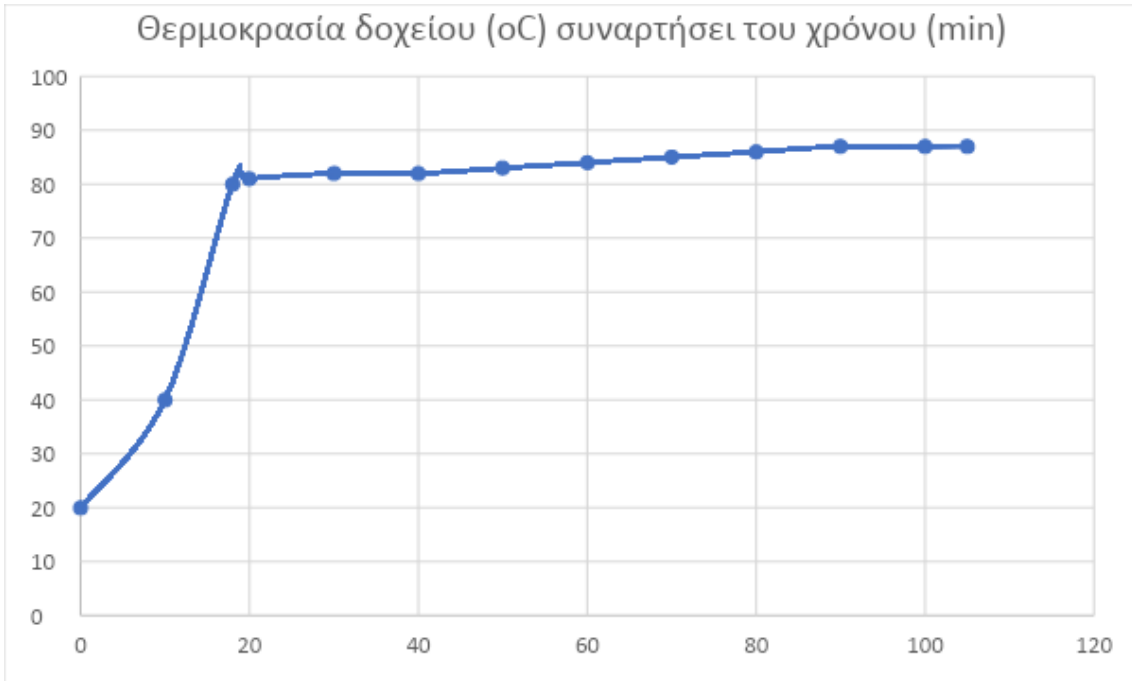
Αλκοόλ	% Αλκοόλ	Juniper // Άρκευθος	Corriander // Κολιάνδρο	Angelica root // Ρίζα Αγγελικής	Pepper // Πιπέρι	Green Tea // Πράσινο Τσάι	Νερό
Lt	όλ	gr	gr	gr	gr	gr	Lt
2	32%	17	9	2.8	3	1	4

Πίνακας 5.8 Δοκιμαστική λειτουργία Νο4

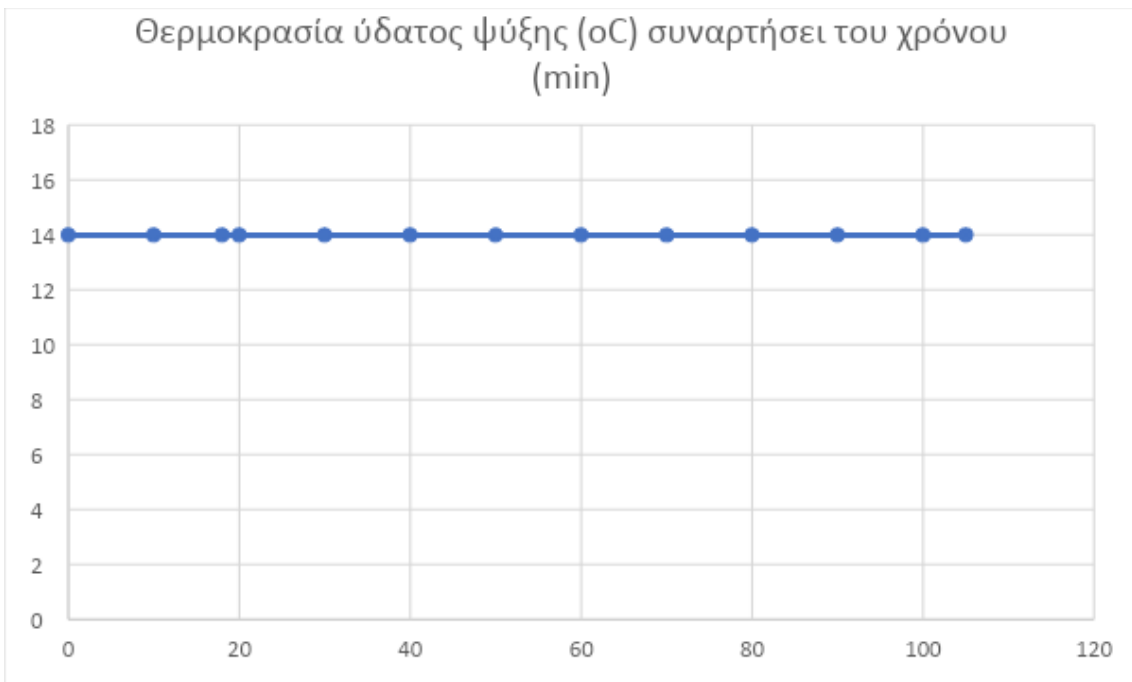
Χρόνος [min]	Θερμοκρασία δοχείου (oC)	Θερμοκρασία ύδατος ψύξης (oC)	Παραγόμενο αποστάγμα (ml)
0	20	14	0
10	40	14	0
18	80	14	1
20	81	14	80
30	82	14	340
40	82	14	600
50	83	14	800
60	84	14	1000
70	85	14	1200
80	86	14	1400
90	87	14	1600
100	87	14	1800
105	87	14	1900



Διάγραμμα 5.10 Ποσότητα παραγόμενου αποστάγματος (ml) συναρτήσει χρόνου (min)



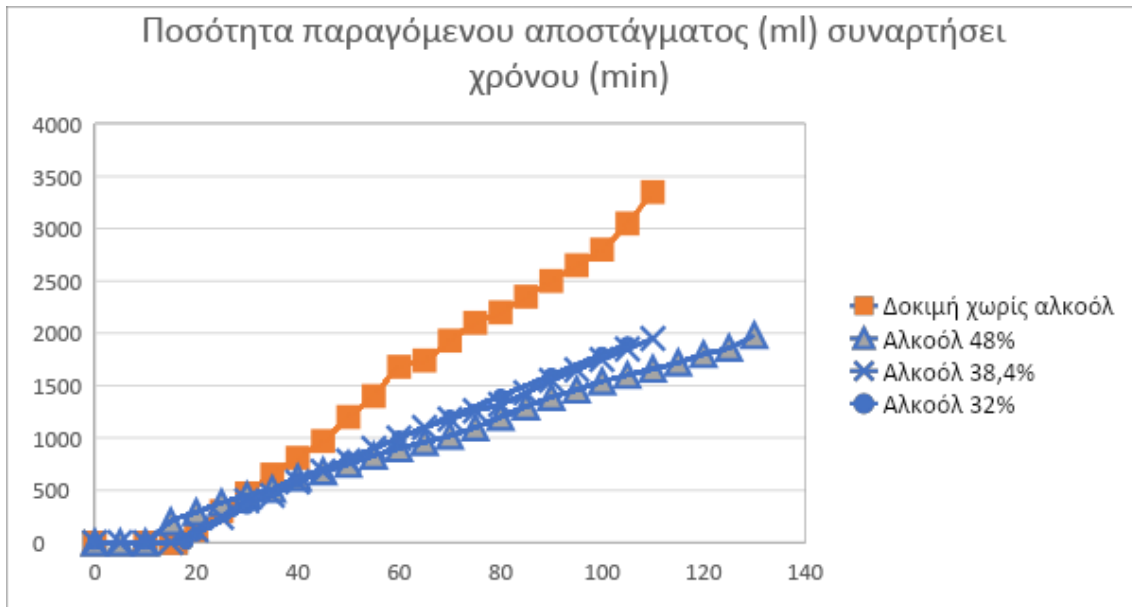
Διάγραμμα 5.11 Θερμοκρασία δοχείου (°C) συναρτήσει του χρόνου (min)



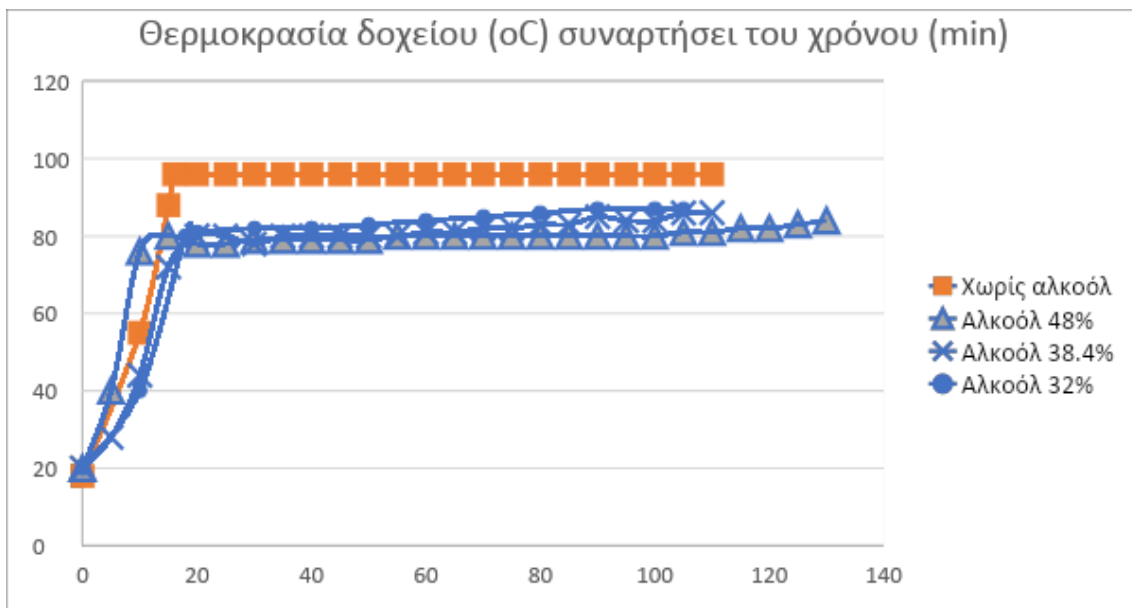
Διάγραμμα 5.12 Θερμοκρασία ύδατος ψύξης (°C) συναρτήσει του χρόνου (min)

5.5 Σύγκριση αποτελεσμάτων

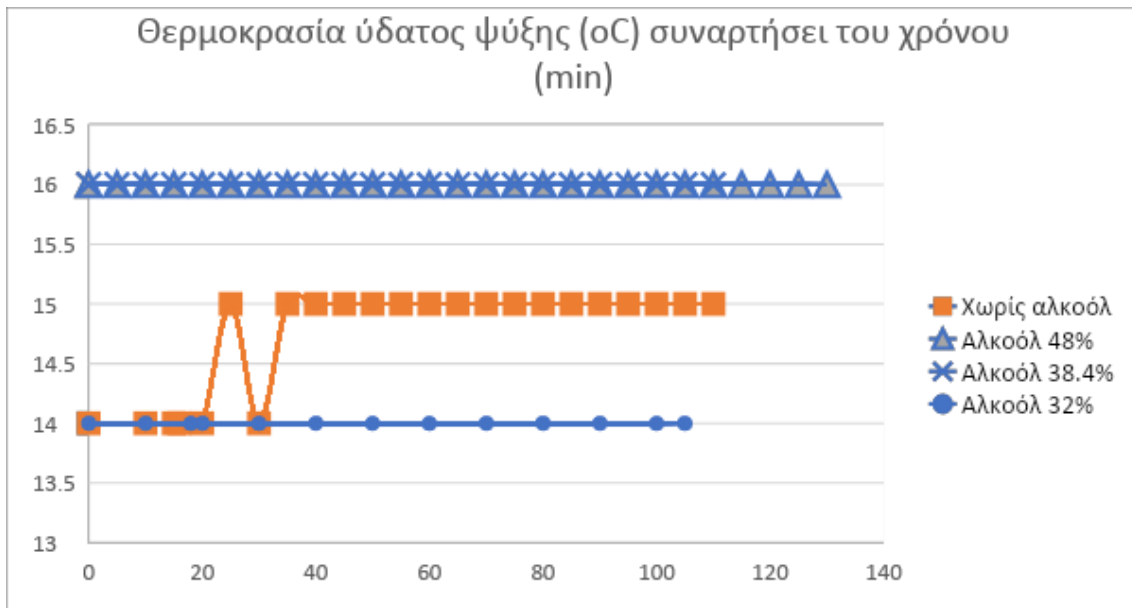
Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα για τις τέσσερις περιπτώσεις των δοκίμων σε συγκριτικά διαγράμματα τα οποία φαίνονται κάτωθι



Διάγραμμα 5.13 Σύγκριση ποσότητας παραγόμενου αποστάγματος (ml) συναρτήσει χρόνου (min)



Διάγραμμα 5.14 Σύγκριση θερμοκρασιών δοχείου (°C) συναρτήσει του χρόνου (min)



Διάγραμμα 5.15 Σύγκριση θερμοκρασιών ύδατος ψύξης (οC) συναρτήσει του χρόνου (min)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

6.1 Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η κατασκευή ενός αποστακτήρα 10 lt με κλασματική απόσταξη ο οποίος θα έχει εφαρμογή για παραγωγή Gin. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της κατασκευής του ακολούθησαν τέσσερις δοκιμές λειτουργίας όπου καταγράφηκαν και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα και προέκυψαν τα κάτωθι συμπεράσματα:

A) Αρχικά η λειτουργία όλων των επιμέρους συστημάτων του αποστακτηρίου λειτούργησαν σε ικανοποιητικό βαθμό κάτι το οποίο δείχνει τον σωστό σχεδιασμό και διαστασιολόγηση του τελικού αποστακτήρα.

B) Όσον αφορά την ποσότητα του παραγόμενου αποστάγματος (ml) συναρτήσει χρόνου (min) φαίνεται ότι και στις τέσσερις περιπτώσεις ακολουθεί την ίδια τάση, με τη μόνη παρατήρηση που μπορεί να εκμαιευτεί να είναι ότι όταν στο δοχείο βρασμού υπάρχει μόνο νερό και καθόλου ακκκόολ (περίπτωση A) παράγονται περισσότερα ml αποστάγματος σε σχέση με τις υπόλοιπες περιπτώσεις (πχ για χρόνο 100 min για την περίπτωση A υπήρχε παραγωγή 2800ml αποστάγματος ενώ για τις περιπτώσεις B, Γ και Δ υπήρχε παραγωγή 1540 ml, 1750 ml και 1800 αντίστοιχα.

Γ) Σε όλες τις περιπτώσεις το πρώτο απόσταγμα ξεκινούσε να παράγεται σε χρόνο 15-18 min.

Δ) Στο σύνολο των περιπτώσεων η θερμοκρασία του δοχείου παρέμενε σταθερή μετά την έναρξη παραγωγής με μέσο όρο θερμοκρασίας δοχείου ανά περίπτωση να είναι ως εξής :

- Περίπτωση A για 0% αλκοόλ: 96 °C
- Περίπτωση B για 48% αλκοόλ: 81,03 °C
- Περίπτωση Γ για 38,4% αλκοόλ: 82,34 °C
- Περίπτωση Δ για 32% αλκοόλ: 84 °C

E) Όσον αφορά τον εναλλάκτη θερμότητας, από τα αποτελέσματα, φαίνεται ότι λειτουργεί και αποδίδει ικανοποιητικά καθώς σε όλες τις περιπτώσεις η θερμοκρασία του ύδατος ψύξης παραμένει σταθερή καθ' όλη την διάρκεια της απόσταξης και δεν παρατηρούνται διακυμάνσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. R.J. Forbes, *A Short History of the Art of Distillation*, Brill, Leiden, 1948 reprint from 1970.
2. H. Schelenz, *Zur Geschichte der pharmazeutischen Destilliergerä'te*, Miltitz, Leipzig, 1911.
3. E.O. von Lippmann, *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie*, Springer, Berlin, 1919.
4. E. Blass, T. Liebl, M. Ha'berl, *Extraktionsein historischer Ru'ckblick*, *Chem. Ing. Tech.* 69 (1997) 431e437.
5. M. Levey, *Chemistry and Chemical Technology in Ancient Mesopotamia*, Elsevier, Amsterdam, 1959.
6. J. Needham, H. Ping-Yu'', L. Gwei-Djen, N. Sivin, *Science and Civilisation in China*, in: *Chemistry and Chemical Technology Pt. 4, Spagyric, Discovery and Invention: Apparatus, Theories and Gifts*, vol. 5, Cambridge University Press, 1980.
7. E. Krell, *Zur Geschichte der Labordestillation*, in: E.H.W. Giebeler, K.A. Rosenbauer(Eds.), *Historia Scientiae Naturalis*, GIT-Verlag, Darmstadt, 1982.
8. A. Libavius, *Praxis alchimiae*, Frankfurt, 1604, *Alchymia*, Frankfurt, 1606 urn:nbn:de:bvb:12-bsb10073209e2.
9. J. French, *Art of Distillation*, London, 1651.
10. J.S. Elsholtz, *Destillatoria Curiosa*, Berlin, 1674. urn:nbn:de:bvb:12-bsb10072415e6.
11. P. Berdelle-Hilge, *Es ist alles viel a'ter e Die Verfahrenstechniken im 19. Jahrhundert*, Fa. Philipp Hilge, Bodenheim, 1987.
12. F.A. Henglein, *Grundriß der Chemischen Technik*, eleventh Aufl., Verlag Chemie, Weinheim, 1963.
13. F. Bacon, *Novum Organum*, 1620.
14. A. Clow, N.L. Clow, *Die Schwefelsä'ure in der industriellen Revolution*, in: A.E. Musson (Ed.), *Wissenschaft und Technik im 18. Jahrhundert*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt, 1977.
15. F.W. Gibbs, *Brain Higgins und sein Kreis*, in: A.E. Musson (Ed.), *Wissenschaft und Technik im 18. Jahrhundert*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt, 1977.
16. F.A. Henglein, *Grundriß der Chemischen Technik*, second Aufl., Verlag Chemie, Weinheim, 1939.
17. R.H. Perry, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, third ed., McGraw-Hill, New York, 1950. Chapter Distillation, p. 655.
18. D. Savalle, *Appareils et procé'de's nouveaux de distillation*, Masson, Paris, 1876.
19. D. Savalle, *Progré's ré'cents de la distillation*, Masson, Paris, 1873.
20. A.P. Dubrunfaut, *Traite' complet de l'art de la distillation*, second ed., 1825. Bruxelles.
21. G.-P. Blu'mer, G. Collin, H. Ho'ke, *Tar and pitch*, in: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH, 2011.
22. Κανονισμός (ΕΕ) 2019/787 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 17ης Απριλίου 2019
23. E.U. Definitions of Categories of Alcoholic Beverages 110/2008, M(b), 2008
24. Jump up to: a b Definitions ("Standards of Identity") for Distilled Spirits, Title 27 of the U.S. Code of Federal Regulations, Chapter 1, Part 5, Section 5.22 ,(c) Class 3