

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

**ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ & ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ  
ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗΣ ΖΑΧΑΡΗΣ ΟΠΩΣ ΓΙΝΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ  
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΖΑΧΑΡΗΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ

ΜΕΡΤΖΑΝΙΔΟΥ Χ. ΦΩΤΕΙΝΗ

A.M. 2005113

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΒΑΡΖΑΚΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2013

## Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών του τμήματος Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων της Σχολής Τεχνολόγων Γεωπόνων του Ανωτάτου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Καλαμάτας. Το αναλυτικό μέρος διεξήχθη στο χημικό εργαστήριο της Ελληνικής Βιομηχανίας Ζάχαρης (Εργοστάσιο Πλατέος) κατά την περίοδο Απρίλιος – Μάιος 2013.

Επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων της πτυχιακής μου, καθηγητή κο. Θεόδωρο Βαρζάκα, για την ανάθεση της πτυχιακής εργασίας, για τη βοήθεια του και την καθοδήγησή του κατά την υλοποίηση και αξιολόγηση των πληροφοριών και αναλύσεων, καθώς για το προσωπικό του ενδιαφέρον και τις γνώσεις που απλόχερα μου προσέφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να αποδώσω στον προϊστάμενο χημείου της Ε.Β.Ζ. κο. Λιάπη Αθανάσιο, όπως και στον προϊστάμενο παραγωγής Ε.Β.Ζ. κο. Στραβέλλα για την άμεση βοήθειά τους, καταλυτική για την ολοκλήρωση πτυχιακής μου εργασίας καθώς και την απλόχερη προσφορά φωτογραφικού υλικού που μου προσέφεραν.

Δεν θα μπορούσα να παραλείψω την Αναστασία Κεφαλά, για την ενδελεχή προσφορά της κατά τη δημιουργία αυτού του πονήματος.

Τέλος, ευχαριστώ όλους εκείνους τους ανθρώπους, επιστημονικό και μη προσωπικό της Ελληνικής Βιομηχανίας Ζάχαρης, για την υπομονή τους καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας.

## Περίληψη

Η ζάχαρη από αρχαιοτάτων χρόνων έχει παίξει καθοριστικό ρόλο στη διατροφή του ανθρώπου. Χρησιμοποιείται στη συντήρηση τροφίμων, στην παρασκευή πλούσιων γλυκισμάτων και οπουδήποτε χρειάζεται μια γλυκιά νότα στις δημιουργίες μας.

Η παραγωγή της έχει εξαπλωθεί σε διάφορα μέρη του κόσμου και δεν θα μπορούσε να λείπει από αυτά η χώρα μας. Γίνεται λόγος πως ο ναύαρχος του Μεγάλου Αλεξάνδρου, ο Νήαρχος, ο οποίος διέσχισε τον Ινδό ποταμό το 325π.Χ. την περιέγραψε ως ένα είδος μελιού που βγαίνει από “γλυκά καλάμια”. Στην Ελλάδα η παραγωγή της ζάχαρης γίνεται από ζαχαρότευτλα στις πέντε μονάδες που παρίστανται ανά τον ελλαδικό χώρο.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η διαδικασία της παραγωγής ζάχαρης στο Εργοστάσιο Ελληνικής Βιομηχανίας Ζαχάρεως Πλατέος, καθώς και οι πειραματικές διαδικασίες που διεξάγονται για συγκεκριμένες αναλύσεις σχετικά με αυτή, όπως το χρώμα, η θολερότητα, η κοκκομετρική σύσταση και λοιπές παράμετροι.

## Περιεχόμενα

1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	6
1.1. Η ιστορία της ζάχαρης.....	6
1.2. Ιστορία της ζάχαρης στην Ελλάδα.....	7
1.3. Γενικές πληροφορίες της E.B.Z. ΑΕ.....	8
1.4. Αντικείμενο εργασιών της E.B.Z.....	10
1.5. Παραγωγική διαδικασία.....	11
1.5.1. Παραλαβή – Αποθήκευση τεύτλων.....	11
1.5.1.1. Τα σιλό.....	13
1.5.1.2. Μεταφορά τεύτλων στο εργοστάσιο από την ξηρή ή υγρή εκφόρτωση.....	13
1.5.2. Κοπή των τεύτλων – Κοπτικές μηχανές.....	14
1.5.3. Σταθμός εκχύλισης.....	18
1.5.3.1. Προβλήματα που παρουσιάζονται στο σταθμό εκχύλισης και πιθανά αίτια.....	21
1.5.4. Πρέσσες πολτού.....	22
1.5.4.1. Προβλήματα που παρουσιάζονται στο σταθμό πρεσσών πολτού και πιθανά αίτια.....	22
1.5.5. Ασβεστοκάμιнос.....	23
1.5.5.1. Λειτουργία της καμίνου.....	24
1.5.5.2. Σημεία και χειρισμοί ιδιαίτερης προσοχής.....	26
1.5.6. Καθαρισμός χυμού.....	28
1.5.6.1. Προασβέστωση.....	29
1.5.6.2. Κυρίως ασβέστωση (Ψυχρή – Θερμή).....	30
1.5.6.3.1. Παράγοντες που επηρεάζουν τον 1ο κορεσμό.....	31
1.5.6.3.2. Φιλτράρισμα λασποχυμού 1ου κορεσμού.....	32
1.5.6.3.3. Απογλύκανση λάσπης 1ου κορεσμού.....	32
1.5.6.4. Δεύτερος κορεσμός.....	33
1.5.6.4.1. Φιλτράρισμα λασποχυμού.....	34
1.5.6.4.2. Παράγοντες που επηρεάζουν το φιλτράρισμα.....	34
1.5.6.5. Προβλήματα που παρουσιάζονται κατά τον καθαρισμό χυμού, πιθανά αίτια και αντιμετώπιση.....	35
1.5.6.6. Αποσκλήρυνση αραιού χυμού με εναλλακτές ιόντων.....	37
1.5.7. Θέρμανση των χυμών.....	38
1.5.8. Σταθμός συμπύκνωσης.....	38
1.5.8.1. Βασικές αρχές λειτουργίας της συμπύκνωσης.....	39
1.5.8.2. Προβλήματα που παρουσιάζονται στο σταθμό συμπύκνωσης, πιθανά αίτια και αντιμετώπιση.....	41
1.5.8.3. Χημικός καθαρισμός των σωμάτων συμπύκνωσης.....	42
1.5.8.4. Δοκιμές πριν τη λειτουργία.....	43
1.5.9. Μέτρα για τον περιορισμό της κατανάλωσης ατμού και ενέργειας.....	43
1.5.10. Σταθμός κρυστάλλωσης.....	45
1.5.10.1. Κρυστάλλωση.....	46
1.5.10.2. Φυγοκέντρωση και πλύση.....	48
1.5.10.3. Προβλήματα που παρουσιάζονται στο σταθμό κρυστάλλωσης, πιθανά αίτια και αντιμετώπιση.....	50
1.5.11. Ξήρανση – Κοσκίνισμα – Ενσάκιση – Στοιβασία – Αποθήκευση ζάχαρης.....	51
1.5.11.1. Ξήρανση.....	51
1.5.11.2. Κοσκίνισμα.....	52
1.5.11.3. Απομάκρυνση της σκόνης.....	53
1.5.11.4. Ενσάκιση.....	53

1.5.11.5. Αποθήκευση.....	53
1.5.12. Ξηραντήρια πολτού.....	55
1.5.12.1. Προβλήματα που παρουσιάζονται στο ξηραντήριο πολτού, πιθανά αίτια και αντιμετώπιση.....	56
2. Πειραματική Ανασκόπηση.....	58
2.1. Ο ποιοτικός έλεγχος στην Ε.Β.Ζ.....	58
2.2. Προσδιορισμός αναγόντων ζαχάρων εκπεφρασμένων σε ιμβερτοζάχαρο.....	59
2.3. Προσδιορισμός χρώματος σε διάλυμα ζάχαρης.....	61
2.4. Αγωγιμομετρικός προσδιορισμός.....	62
2.5. Προσδιορισμός του POL σε δείγμα ζάχαρης.....	63
2.6. Προσδιορισμός αδιάλυτων ουσιών σε λευκή ζάχαρη με διήθηση σε φίλτρο μεμβράνης.....	64
2.7. Προσδιορισμός περιεκτικότητας SO <sub>2</sub> σε ζάχαρη.....	67
2.8. Προσδιορισμός κοκκομετρικής σύστασης σε δείγμα ζάχαρης και μέσου μεγέθους κόκκου. 67	
2.9. Έλεγχος θολερότητας.....	68
2.10. Προσδιορισμός υγρασίας σε ζάχαρη.....	69
2.11. Έλεγχος ποιότητας λευκής κρυσταλλικής ζάχαρης ως προς τον χρωματικό τύπο.....	69
3. Βιβλιογραφία.....	71



# 1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

## 1.1. Η ιστορία της ζάχαρης

Σύμφωνα με τους ιστορικούς το ζαχαροκάλαμο καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά στην Ινδία και από εκεί μεταφέρθηκε στην Κίνα. Η καλλιέργεια του γινόταν στους κήπους των σπιτιών. Ο χυμός του ζαχαροκάλαμου παρέμενε σε ανοιχτά δοχεία μέχρι να εξατμιστεί το νερό και να μείνει μία σκληρή μάζα.

Η ύπαρξη της ζάχαρης ήταν γνωστή και στους αρχαίους Έλληνες. Ο ναύαρχος του Μ. Αλεξάνδρου –Νήαρχος– ο οποίος διέσχισε τον Ινδό ποταμό το 325 π.Χ την περιέγραψε σαν ένα είδος μελιού που βγαίνει από «γλυκά καλάμια». Άλλοτε λεγόταν «ινδικό αλάτι» ή «μέλι χωρίς μέλισσες». Ο Ηρόδοτος την έλεγε «επεξεργασμένο μέλι» και ο Πλίνιος ο πρεσβύτερος «μέλι από καλάμι». Για πρώτη φορά στην εποχή του Νέρωνα ονομάστηκε *saccharum* και ο Διοσκουρίδης την περιγράφει σαν ένα είδος σκληρού που ονομάζεται *saccharum* και βρίσκεται μέσα σε καλάμια στην Ινδία. Έχει σύσταση όμοια με το αλάτι και θρυμματίζεται ανάμεσα στα δόντια.

Η σχολή Ιατρικής και Φαρμακολογίας του Πανεπιστημίου Djondisarour της Περσικής Αυτοκρατορίας είχε βρει, γύρω στα 600 μ.Χ, μία μέθοδο επεξεργασίας του χυμού του ζαχαροκάλαμου σε ένα σκληρό προϊόν που μπορούσε να διατηρηθεί χωρίς να υποστεί ζύμωση. Μεγάλη εξαγωγή από το «πέτρινο μέλι» έγινε από την Bokhara στην Κίνα. Ήταν αρκετά ακριβό και χρησίμευε ως φάρμακο.

Μετά την πτώση της Περσικής Αυτοκρατορίας, το Ισλάμ επεκτάθηκε από την ανατολική άκρη του Κασμίρ στην Ισπανία και οι στρατιές των Αράβων διέδωσαν το ζαχαροκάλαμο στις χώρες της Δύσης. Με την ανακάλυψη του Νέου Κόσμου και τα θερμότερα κλίματα, οι φυτείες του ζαχαροκάλαμου ήταν η πρώτη δικαιολογία για το δουλεμπόριο. Επιπλέον οι Πορτογάλοι μετέφεραν τους καταδίκους των φυλακών τους στην Βραζιλία για να δουλέψουν στις φυτείες του ζαχαροκάλαμου.

Οι Ολλανδοί κατασκεύασαν εργοστάσιο επεξεργασίας ζάχαρης στην Αμβέρσα, για την ακατέργαστη ζάχαρη που έπαιρναν από τα νησιά των Καναρίων, από τη Βραζιλία και ακόμα από την Ισπανία και την Πορτογαλία. Από εκεί γινόταν εξαγωγή ζάχαρης στις χώρες της Βαλτικής, στη Γερμανία και στην Αγγλία. Από τους φόρους στο εμπόριο της ζάχαρης, ο βασιλιάς της Ισπανίας Κάρολος ο 5ος έχτισε τα παλάτια της Μαδρίτης και του Τολέδο.

Τα κομμάτια της σκληρής αυτής ζάχαρης ονομάστηκαν στα Αγγλικά «candy» από την σανσκριτική λέξη «Khandā» που σημαίνει μπουκιά ή κομματάκι. Ο John Hawkins ήταν ο πρώτος άγγλος δουλεμπόρος και αναγορεύτηκε ιππότης το 1566 και είχε στο θυρεό του έναν αλυσοδεμένο Αφρικανό.

Στα μέσα του 16ου αιώνα η βασίλισσα της Αγγλίας Ελισάβετ καθιέρωσε επισήμως το δουλεμπόριο, και δημιούργησε κρατικό μονοπώλιο του δουλεμπορίου από τη Δυτική Αφρική. Οι Άγγλοι με την προσάρτηση των δυτικών Ινδιών, εξάπλωσαν και εκεί τις φυτείες του ζαχαροκάλαμου και με την επεξεργασία του χυμού του έφτιαξαν το ρούμι. Με ρούμι αξίας μίας πέννας, μπορούσε κανείς να αγοράσει πολύτιμα γουναρικά από τους Ινδιάνους κυνηγούς της Β. Αμερικής και να τα πουλήσει για μία ολόκληρη περιουσία στην Ευρώπη.

Η εκμετάλλευση της ζάχαρης και της μελάσας έγινε αγγλικό μονοπώλιο και ο νόμος του 1733 για τη μελάσα επέβαλε μεγάλο φόρο στη ζάχαρη ή στη μελάσα που προερχόταν από οποιαδήποτε άλλη χώρα εκτός από τα βρετανικά νησιά της Καραϊβικής. Έτσι η λέξη ζάχαρη έγινε συνώνυμη με το χρήμα. Τεράστιες περιουσίες δημιουργήθηκαν από τη ζάχαρη, το ρούμι και το δουλεμπόριο.

Γύρω στο 1700 η επεξεργασία της ζάχαρης έγινε μεγάλη βιομηχανία στην Γαλλία. Αργότερα όταν το βρετανικό εμπάργκο απέκλεισε τις προμήθειες ακατέργαστης ζάχαρης, οι Γάλλοι αναγκάστηκαν να στραφούν σε άλλες πρώτες ύλες. Ο Ναπολέων απένειμε το παράσημο της Λεγεώνας στον Benjamin Delessert για την ίδρυση εργοστασίου εξαγωγής της ζάχαρης από τα τεύτλα. Άρχισαν έτσι μεγάλες καλλιέργειες τεύτλων και μέσα σε ένα χρόνο η παραγωγή ζάχαρης της Γαλλίας έφτασε περίπου τα 3,5 εκατομμύρια κιλά.<sup>[19][22]</sup>

## **1.2. Ιστορία της ζάχαρης στην Ελλάδα**

Το 1842 ιδρύεται το πρώτο ελληνικό ζαχαουργείο κοντά στο χωριό Καινούργιο της Λοκρίδας, ύστερα από σύμβαση που υπέγραψε το 1839 το Ελληνικό Δημόσιο με Γαλλοβελγική Εταιρία. Η εταιρία όμως χρεωκόπησε και η προσπάθεια εγκαταλείφθηκε.

Το 1892 θεμελιώθηκε το ΣΑΚΧΑΡΟΠΟΙΕΙΟΝ ΧΡΗΣΤΑΚΗ Β. ΖΩΓΡΑΦΟΥ στη Λαζαρίνα της Θεσσαλίας. Λειτουργήσε από το 1894 μέχρι το 1909 και η συνολική παραγωγή ζάχαρης πλησίασε τους 8.000 τόννους. Ο σκληρός ανταγωνισμός της ξένης ζάχαρης και η αδυναμία καταπολέμησης των ζωικών εχθρών των τεύτλων ήταν οι κύριοι λόγοι που οδήγησαν το ζαχαουργείο σε κλείσιμο.

Το 1960 ιδρύθηκε η Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης Α.Ε. με έδρα τη Θεσσαλονίκη. Το 1961 λειτούργησε το πρώτο εργοστάσιο στη Λαρίσα, το 1962 στο Πλατύ, στο 1963 στις Σέρρες. Η δυναμικότητα επεξεργασίας τεύτλων των 3 πρώτων εργοστασίων ήταν 2.000 τόννοι το 24ωρο. Το 1972 λειτούργησε το τέταρτο εργοστάσιο στην Ξάνθη και το 1975 το πέμπτο εργοστάσιο στην Ορεστιάδα με δυναμικότητα 3.000 τόννων τεύτλων το 24ωρο το καθένα. Η τελική ονομαστική δυναμικότητα των εκχυλίσεων των εργοστασίων μετά από σταδιακές επεκτάσεις και βελτιώσεις ανήλθε σε:

- Λάρισα 8.000 τόννοι
- Πλατύ 8.000 τόννοι
- Σέρρες 5.000 τόννοι
- Ξάνθη 6.000 τόννοι
- Ορεστιάδα 5.400 τόννοι

Το 2002 στην ιδιοκτησία της EBZ πέρασε το ζαχαουργείο του ZABALJ στη Σερβία, με δυναμικότητα εκχύλισης 4.500 τόννων και στις αρχές του 2003 ολοκληρώθηκε η αγορά και του δεύτερου ζαχαουργείου CRVENKA στη Σερβία, με δυναμικότητα εκχύλισης 6.000 τόννων. Από το 2006 με τη λειτουργία των εργοστασίων Πλατέος, Σερρών και Ορεστιάδας το σύνολο της ονομαστικής δυναμικότητας των εκχυλίσεων ανέρχεται σε 17.400 τόνους τεύτλων.

Τα εργοστάσια επεξεργάζονται τεύτλα από τα τέλη Αυγούστου μέχρι τα τέλη Νοεμβρίου έως αρχές Δεκεμβρίου όλο το 24ωρο χωρίς διακοπή. Τον υπόλοιπο χρόνο το τακτικό προσωπικό ασχολείται με τη συντήρηση των μηχανημάτων, με βελτιώσεις και προσθήκες νέου εξοπλισμού καθώς και την προετοιμασία για την επόμενη καμπάνια. Στην περίοδο λειτουργίας προσλαμβάνεται έκτακτο προσωπικό στα εργοστάσια.<sup>[6][13][23]</sup>

### **1.3. Γενικές πληροφορίες της Ε.Β.Ζ. ΑΕ**

Η εταιρεία "ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΖΑΧΑΡΗΣ Α.Ε." με διακριτικό τίτλο "Ε.Β.Ζ. Α.Ε.", ιδρύθηκε το 1960 (ΦΕΚ 153/9.5.1960) και έχει έδρα τον Δήμο Θεσσαλονίκης. Στα Κεντρικά Γραφεία έχουν την έδρα τους το Διοικητικό Συμβούλιο, η Γενική Διεύθυνση και οι επιτελικές Διευθύνσεις και Υπηρεσίες της EBZ.

Η Εταιρεία είναι καταχωρημένη στα Μητρώα Ανωνύμων Εταιρειών του Υπουργείου



Ανάπτυξης, με αριθμό Μ.Α.Ε. 8246/ 62/ Β/ 86/ 61. Η διάρκεια της Εταιρείας ορίστηκε αρχικώς σε 30 χρόνια μέχρι 31/12/1990 ενώ από την 1/1/1991 παρατάθηκε για 20 ακόμη χρόνια μέχρι την 31/12/2010. Η διάρκεια της Εταιρείας μπορεί να παρατείνεται μετά από απόφαση της Γενικής Συνέλευσης των Μετόχων.

Ο κύριος σκοπός της Εταιρείας σύμφωνα με το καταστατικό της είναι η ίδρυση, ο εξοπλισμός, η εκμετάλλευση και λειτουργία Εργοστασίων Ζάχαρης. Στους σκοπούς επίσης της Εταιρείας περιλαμβάνεται η αυτοτελής ή/και με συμμετοχή τρίτων:

(1) Ίδρυση, εξοπλισμός και εκμετάλλευση εργοστασίων παραγωγής ζάχαρης και κάθε είδους γλυκαντικών ουσιών αμύλου, αμυλούχων, αλκοόλης και γενικότερα προϊόντων ζύμωσης και σχετικών προϊόντων, καθώς επίσης και προϊόντων μεταποίησης των παραπάνω προϊόντων, ως και επεξεργασίας παραπροϊόντων και κτηνοτροφών.

(2) Παραγωγή και επεξεργασία πολλαπλασιαστικού υλικού ζαχαρότευτλων, καθώς και άλλων φυτών.

(3) Παραγωγή των πρώτων υλών των εργοστασίων της Εταιρείας.

(4) Ανάπτυξη αυτοδύναμου δικτύου προώθησης προϊόντων.

(5) Κατασκευή, συναρμολόγηση και επισκευή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού των εργοστασίων της Εταιρείας και γεωργικών μηχανημάτων.

(6) Διεξαγωγή επιστημονικής έρευνας σε όλους τους τομείς δραστηριότητας της Εταιρείας.

(7) Εμπορία (εισαγωγή, εξαγωγή κλπ) και τυποποίηση των ανωτέρω προϊόντων, παραπροϊόντων, πρώτων υλών, πολλαπλασιαστικού υλικού, γεωργικών προϊόντων, μηχανημάτων κλπ.

(8) Ίδρυση μονάδας παραγωγής, επεξεργασίας, μεταποίησης και εμπορίας πάσης φύσεως ζωοτροφών.

(9) Παροχή υπηρεσιών σε τρίτους, όπως σύνταξη μελετών, παροχή τεχνικής βοήθειας, εκμετάλλευση ειδικής τεχνολογίας (ευρεσιτεχνίες, τεχνογνωσία κλπ.).

(10) Ανάπτυξη αγροτοβιομηχανικών δραστηριοτήτων στην Ελλάδα και το εξωτερικό, ως και σύσταση θυγατρικών Εταιρειών για την εμπορία ζάχαρης, παραπροϊόντων της, αγροτοβιομηχανικών και λοιπών προϊόντων.<sup>[23]</sup>

#### **1.4. Αντικείμενο εργασιών της Ε.Β.Ζ.**

Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΖΑΧΑΡΗΣ Α.Ε. είναι ο μοναδικός παραγωγός ζάχαρης στην Ελλάδα και συγκαταλέγεται μεταξύ των μεγαλύτερων βιομηχανιών ζάχαρης στην Ευρώπη. Αποτελεί την σημαντικότερη γεωργική βιομηχανία της χώρας, καθώς πάνω από 20.000 τευτλοπαραγωγοί εξαρτούν το εισόδημα τους από την λειτουργία της.

Κύρια δραστηριότητα της Εταιρείας αποτελεί η παραγωγή και η εμπορία ζάχαρης, καθώς και η εμπορία των παραπροϊόντων της ζάχαρης. Η Εταιρεία παράγει λευκή κρυσταλλική ζάχαρη, ενώ κατά την διαδικασία της παραγωγής προκύπτει μια σειρά από παραπροϊόντα, τα οποία ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία διατίθενται στην αγορά. Συγκεκριμένα τα προϊόντα που παράγει ή εμπορεύεται η Εταιρεία είναι τα εξής:

- Λευκή Κρυσταλλική Ζάχαρη
- Μελάσα
- Ζαχαρόπιτα
- Νωπός Πολτός
- Τευτλόσπορος

Η λευκή κρυσταλλική ζάχαρη είναι το κύριο προϊόν της Εταιρείας, ενώ προκειμένου να καλύψει τυχόν επιπλέον ζήτηση πραγματοποιεί και εισαγωγές ζάχαρης από χώρες της Ε.Ε. Επίσης η Εταιρεία εισάγει και εμπορεύεται ζάχαρη για ενεργητική τελειοποίηση η οποία χρησιμοποιείται από τις κονσερβοποιίες. Το προϊόν της ζάχαρης που παράγει η Εταιρεία είναι, από άποψη ποιότητας, ένα από τα καλύτερα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η μελάσα είναι παραπροϊόν της ζάχαρης και χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή οινοπνεύματος, ζυμών και ζωοτροφών. Η ζαχαρόπιτα είναι ζωοτροφή και παρασκευάζεται από ξηρό πολτό (παραπροϊόν της ζάχαρης) με την προσθήκη μελάσας. Ο νωπός πολτός είναι ζωοτροφή με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε νερό από ότι η ζαχαρόπιτα.

Η Εταιρεία δραστηριοποιείται επίσης στην παραγωγή τευτλοσπόρου ζαχαρότευτλων που, μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, πωλεί στους καλλιεργητές τεύτλων και ένα μέρος το εξάγει σε Σποροπαραγωγικούς Οίκους του εξωτερικού. Για τον σκοπό αυτό η Εταιρεία διαθέτει στο Πλατύ σύγχρονη μονάδα επεξεργασίας και κουφετοποίησης του σπόρου.

Προκειμένου η Εταιρεία να ελέγξει πλήρως την ποιότητα των τεύτλων που

προμηθεύεται, εκτός από του σπόρους που διαθέτει στους παραγωγούς, αναλαμβάνει και την διενέργεια των απαραίτητων ψεκασμών για την φυτοπροστασία καθώς και κάθε άλλη υπηρεσία που θα εξυπηρετούσε την ποιότητα της παραγόμενης πρώτης ύλης. Επίσης το άρτια οργανωμένο και πλήρως καταρτισμένο δίκτυο γεωπόνων και τεχνικών που διαθέτει είναι πάντα κοντά στον τευτλοπαραγωγό και του παρέχει τις απαραίτητες συμβουλές για την πραγματοποίηση μιας παραγωγικής και ποιοτικής σοδειάς. Με τον τρόπο αυτό η Εταιρεία ελέγχει την διαδικασία της τευτλοκαλλιέργειας σε όλα τα στάδια (σπορά - φυτοπροστασία - συγκομιδή), εξασφαλίζοντας με αυτό τον τρόπο όσο το δυνατόν καλύτερης ποιότητας ζαχαρότευτλα.<sup>[5][11]</sup>

## **1.5. Παραγωγική διαδικασία**

### **1.5.1. Παραλαβή – Αποθήκευση τεύτλων**

Τα τεύτλα αφού προηγουμένως αποφυλλωθούν μεταφέρονται στο εργοστάσιο είτε οδικά με φορτηγά, τρακτέρ, Unimog κλπ, είτε σιδηροδρομικά (με ανοιχτά βαγόνια). Ανάλογα με τις συνθήκες συγκομιδής περιέχουν ένα ποσοστό ξένων υλών (φύλλα, πέτρες, χώματα, λοιπά ζιζάνια κλπ) που κυμαίνεται μεταξύ ευρέων ορίων.

Κατά μέσο όρο το ποσοστό αυτό για τη χώρα μας φτάνει το 4 - 5%. Η παρουσία των ξένων υλών προκαλεί ζημιές στο σύστημα μεταφοράς και κοπής των τεύτλων και στη συνέχεια προβλήματα στην εκχύλιση αυτών.

Το εργοστάσιο είναι εξοπλισμένο με σύστημα περισυλλογής και απομάκρυνσης των ξένων υλών με ειδικές χάρες, δονητές, χορτοπαγίδες, λιθοπαγίδες κλπ. Όταν τα τεύτλα φτάσουν στο εργοστάσιο ζυγίζονται και ακολουθεί η εκφόρτωσή τους ή με την ξηρά οδό, στις εγκαταστάσεις των ανατρεπτικών μηχανημάτων και από εκεί στα σιλό για αποθήκευση ή με την υγρά οδό, όπου με τη βοήθεια νερού τα τεύτλα από τα βαγόνια μέσω καναλιών πηγαίνουν κατευθείαν στο εργοστάσιο για κατεργασία.



*Εικόνα 1: Παραλαβή των τεύτλων*

Κατά την εκφόρτωση γίνεται:

- Τυχαία δειγματοληψία για κάθε φορτίο (με αυτόματο δειγματολήπτη) και από το δείγμα αυτό στο χημείο τεύτλων προσδιορίζεται ο ζαχαρικός τίτλος - το POL. Ο προσδιορισμός του POL θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή γιατί βάση αυτού γίνεται η πληρωμή των παραγωγών και η χρέωση του εργοστασίου με “εισαχθείσα ζάχαρη”.
- Η εκτίμηση των ξένων υλών. Η σωστή εκτίμηση των ξένων υλών είναι η βασική προϋπόθεση για ένα σωστό προσδιορισμό της ποσότητας της ζάχαρης που θα εισαχθεί στο εργοστάσιο γιατί με την υποεκτίμηση των ξένων υλών χρεώνεται το εργοστάσιο πέτρες, φύλλα, χώματα κοκ για την εισαχθείσα ζάχαρη, ενώ με την υπερεκτίμηση των ξένων υλών έχουμε πλαστή εικόνα των αποτελεσμάτων του εργοστασίου επειδή η “εισαχθείσα ζάχαρη” είναι περισσότερη από αυτήν που στην πραγματικότητα αγοράζεται.

Έτσι πρέπει να ζυγίζονται καθημερινά οι ποσότητες των ξένων υλών (φύλλα, χόρτα, πέτρες) που μαζεύονται από τις χορτοπαγίδες και λιθοπαγίδες, να εκτιμώνται τα κακώς αποκορυφωμένα τεύτλα και το προσκολλημένο σε αυτά χώμα ώστε να έχουμε καθημερινά ένα πρόχειρο ισοζύγιο ξένων υλών.

Στις διατάξεις εκφόρτωσης και αποχωρισμού των ξένων υλών, ενώ θα έπρεπε να γίνεται όσο το δυνατόν καλύτερη απομάκρυνση αυτών, δεν θα πρέπει να πληγώνονται τα τεύτλα, διότι έτσι δημιουργούνται εστίες μικροβιολογικών μολύνσεων και απωλειών.

Σύμφωνα με πειράματα που έχουν γίνει, η πτώση των τεύτλων από ταινία σε ταινία ή από οποιαδήποτε άλλη μεταφορική δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το ένα μέτρο, ενώ η αντλία τεύτλων ή οι άλλες διατάξεις μεταφοράς κατά τη διάρκεια της πλύσης των τεύτλων, δεν θα πρέπει να δημιουργούν θραύσματα.

Η αποφυγή του πληγώματος και θρυματισμού των τεύτλων συμβάλλει:

- Στον περιορισμό της μόλυνσης του περιβάλλοντος (γιατί το νερό μεταφοράς περιέχει λιγότερη οργανική επιβάρυνση, όταν τα τεύτλα δεν είναι πολύ πληγωμένα) και
- Για τεύτλα που δεν οδηγούνται απευθείας στο Εργοστάσιο, αλλά αποθηκεύονται στα Σιλό, δεν θα πρέπει ο χρόνος παραμονής τους να ξεπερνάει τις 8-16 ώρες τους θερινούς μήνες (Αύγουστο, Σεπτέμβριο), ώστε να αποφεύγονται αλλοιώσεις που έχουν σαν συνέπεια μεγάλες απώλειες στην αυλή, ενώ από τα τέλη Σεπτεμβρίου σε συνδυασμό με τις επικρατούσες θερμοκρασίες και τις μετεωρολογικές προβλέψεις της ΕΜΥ σταδιακά ο χρόνος μπορεί να αυξηθεί, ώστε μετά τις 10 Οκτωβρίου να έχουν τεύτλα από τα Σιλό 2 ή 3 ημερών. Αυτό βοηθάει τη δημιουργία αποθεμάτων για την αντιμετώπιση διακοπών προσκόμισης από βροχοπτώσεις.
- Μόνο για το τελείωμα της καμπάνιας ενδείκνυται (στο μήνα Νοέμβριο ή Δεκέμβριο) να γίνει αποθεματοποίηση (ακόμα και έξω από τα Σιλό του εργοστασίου), να συγκομιστούν όλα τα τεύτλα για να μην παρατείνεται ή να μη διακοπεί η καμπάνια από έλλειψη τεύτλων.<sup>[1][6]</sup>

#### **1.5.1.1. Τα σιλό**

Πρόκειται για υπαίθρια πλατώ με διαμερίσματα που συγκοινωνούν με ελαφρά κλίση περίπου 2% με τα κανάλια - αυλάκια μεταφοράς των τεύτλων. Τα Σιλό είναι εφοδιασμένα με συστήματα αερισμού και με ακροφυσία νερού για την προώθηση των τεύτλων στο εργοστάσιο.<sup>[12]</sup>

#### **1.5.1.2. Μεταφορά τεύτλων στο εργοστάσιο από την ξηρή ή υγρή εκφόρτωση**

Η μεταφορά των τεύτλων από την ξηρή ή υγρή εκφόρτωση στο Εργοστάσιο γίνεται με νερό μέσω καναλιών και αντλιών. Η αναλογία του νερού μεταφοράς ποικίλλει και εξαρτάται κατά ένα ποσοστό από το ύψος των ξένων υλών, το είδος των μηχανικών μέσων και της αντλίας που χρησιμοποιείται.

Η ποσότητα του νερού είναι περίπου 600-800% επί των τεύτλων. Από την άλλη το pH



του νερού μεταφοράς πρέπει να παρακολουθείται και να ρυθμίζεται με χλωράσβεστο ή ασβέστη, ώστε να είναι περίπου ίσο με 7,0 - 8,5. Στη γερμανική βιβλιογραφία αναφέρονται και τιμές pH μέχρι 11,0. Όμως όσον αφορά τις υψηλές αυτές τιμές, έχουν παρατηρηθεί έντονοι αφρισμοί για τα ελληνικά δεδομένα.<sup>[2]</sup>



Εικόνα 2: Πλύσιμο των τεύτλων

### 1.5.2. Κοπή των τεύτλων – Κοπτικές μηχανές

Οι κοπτικές μηχανές τροφοδοτούνται με τεύτλα από το Σιλό που βρίσκεται πάνω από αυτές. Κόβουν τα τεύτλα σε τεμαχίδια με μεγάλη επιφάνεια, όσο το δυνατόν ομοιόμορφα και με μικρό ποσοστό MUS. Από την ποιότητα των τεμαχιδίων εξαρτάται το ύψος της κατεργασίας και η ποσότητα του ακατέργαστου χυμού %ε.τ. (Abzug) και εν μέρει η ποιότητά του. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των τεμαχιδίων και τη δυναμικότητα των κοπτικών μηχανών είναι:

- Η ποιότητα των τεύτλων.
- Ο τύπος της μηχανής και των μαχαιριών.
- Ο αριθμός στροφών της μηχανής.
- Ο αριθμός μαχαιριών.
- Η καλή προπαρασκευή των μαχαιριών (ακόνισμα, τοποθέτηση).
- Η έγκαιρη αλλαγή μαχαιριών.
- Η υπερκείμενη στήλη τεύτλων (κανονικό απόθεμα στο σιλό).

Ειδικότερα για κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις:

#### (α) Ποιότητα τεύτλων

Επειδή η ποιότητα της πρώτης ύλης μεταβάλλεται, δεν υπάρχουν κανόνες παραγωγής καλών τεμαχιδίων σε κάθε περίπτωση, γι' αυτό χρειάζεται συχνή παρακολούθηση. Γενικά:

- Για τεύτλα αποθηκευμένα σε καλή κατάσταση μπορούν να χρησιμοποιούνται 22άρια

μαχαίρια, οπότε τα τεμαχίδια είναι λεπτά, μεγάλου μήκους, ελαστικά και με μικρό ποσοστό MUS.

- Για τεύτλα πλούσια σε νερό (με μεγάλη σπαργή) δίνουν καλά τεμαχίδια και 19άρια μαχαίρια.
- Για τεύτλα που έχουν αναβλαστήσει ή έχουν αρχίσει να σαπίζουν χρειάζονται 17άρια μαχαίρια με συχνό καθαρίσμα των μαχαιριών με ατμό και συχνή αλλαγή.
- Τεύτλα υψηλού ζαχαρικού τίτλου δίνουν κατά κανόνα μικρά τεμαχίδια αλλά λίγο MUS. [3][13]

### (β) Κοπτικές μηχανές

Ο τύπος των μηχανών που υπάρχουν σήμερα στην Ε.Β.Ζ είναι του περιστρεφόμενου τυμπάνου και του οριζόντιου περιστρεφόμενου δίσκου με ρυθμιζόμενη ταχύτητα περιστροφής (60-80 στρ/min), στις οποίες τα παραγόμενα τεμαχίδια πέφτουν ελεύθερα στην ταινία μεταφοράς που τα οδηγεί στις εκχυλίσεις. Στο δίσκο είναι προσαρμοσμένες οι κασετίνες που θα πρέπει να εξασφαλίζουν εύκολη και ασφαλή αλλαγή των μαχαιριών, να τοποθετούνται ακριβώς επί του δίσκου των κοπτικών μηχανών και να παρέχουν απρόσκοπτη αλαγωγή των προσφάτων τεμαχιδίων.

Οι κοπτικές μηχανές είναι επίσης εφοδιασμένες με ασφαλιστικές θυρίδες που τις θέτουν εκτός αυτόματα, όταν κατά τη λειτουργία συναντήσουν αντίσταση σε σκληρό αντικείμενο (πέτρες, σιδηρά αντικείμενα, ξύλα κλπ).

Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι μια μηχανή εργάζεται αποδοτικά και δίνει καλύτερης ποιότητας τεμαχίδια όταν η εξωτερική περιφερειακή ταχύτητα του δίσκου ισούται με 6,8m/sec. Έτσι για παράδειγμα για ταχύτητα  $U=6,8\text{m/sec}$  και διάμετρο δίσκου  $D$  ίση με 2.200mm από τον τύπο:

$$U = \frac{D \cdot \Pi \cdot \eta}{60}, \text{ όπου } \eta = \text{στροφές/min έχουμε } \eta = \frac{6,8 \cdot 60}{3,14 \cdot 2,2} = 60 \text{ στροφές/min περίπου. [4][8]}$$



Εικόνα 3: Κοπτική μηχανή.

#### (γ) Αριθμός στροφών

Αν ο αριθμός στροφών του δίσκου της μηχανής είναι κάτω του ευνοϊκού σημείου, τα τεμαχίδια γίνονται χοντρότερα και δημιουργείται περισσότερο MUS, διότι τα υπερκείμενα τεύτλα ωθούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα στα κοπτικά μαχαίρια από αυτήν με την οποία απομακρύνονται τα έτοιμα τεμαχίδια και έτσι σπάζουν οι άκρες των τεμαχιδίων.

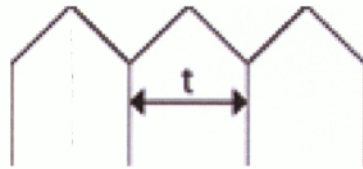
Αν ο αριθμός στροφών είναι μεγαλύτερος, η ποιότητα των τεμαχιδίων χειροτερεύει (γίνονται πολύ λεπτά τα τεμαχίδια) γιατί αντιστρόφως τα τεύτλα καθυστερούν να έρθουν σε επαφή με τα μαχαίρια. Ομαλή και συνεχής μεταβολή των στροφών γίνεται με κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

Στις κασετίνες προσαρμόζονται τα μαχαίρια των κοπτικών μηχανών που αποτελούνται από χαλύβδινη πλάκα στην οποία έχουν κατασκευαστεί δόντια με φραιζα. Τα δόντια τα διακρίνουμε σε Α και Β. Στις μισές κασετίνες τοποθετούνται μαχαίρια Α και στις άλλες μισές Β με την ίδια πάντα σειρά Α-Β και ποτέ Α-Α ή Β-Β. <sup>[5][10]</sup>

#### (δ) Αριθμός μαχαιριών

Τα μαχαίρια χαρακτηρίζονται σαν 15άρια, 27άρια, 19άρια, 22άρια που είναι ο αριθμός

δοντιών (κορυφών) σε μήκος 137mm. Ο χαρακτηρισμός αυτός διατηρήθηκε παρ' όλο που το μήκος των μαχαιριών άλλαξε και έγινε 167mm ή 200mm και αυξήθηκε ο αριθμός των κορυφών επειδή η απόσταση μεταξύ των κορυφών έμεινε η ίδια. Το μέγεθος των δοντιών χαρακτηρίζεται από τη διάσταση  $t$  σε mm.



Εικόνα 4: Τα δόντια της κοπτικής μηχανής

Το κανονικό ύψος των μαχαιριών αυξάνεται στα τεύτλα κακής ποιότητας. Το ανώτατο δυνατό ύψος είναι όταν οι κάτω κορυφές των μαχαιριών βρίσκονται 1,0mm κάτω από την ακμή της κασετίνας.

Για τη σωστή και ομοιόμορφη τοποθέτηση των μαχαιριών υπάρχουν τυποποιημένοι οδηγοί που καθορίζουν απόσταση και ύψος. Η απόσταση πρέπει να είναι τέτοια ώστε η σχισμή να μην φράσσεται από χόρτα και ίνες, ούτε όμως να κόβονται τα τεύτλα σε φέτες. Το δε ύψος δεν πρέπει να ρυθμίζεται με κτύπημα με σφυρί ή να γίνεται ανύψωση με κάμψη του μαχαιριού. <sup>[6][17]</sup>

#### (ε) Μηχανές που χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία των μεταχειρισμένων μαχαιριών

Μηχανή επαναφοράς στην οριζόντια θέση: με αυτήν επιτυγχάνεται το αυτό ύψος σε όλο το μήκος. Έχει σημασία για το ακόνισμα που θα ακολουθήσει και τη σωστή τοποθέτηση στην κασετίνα.

Μηχανή ευθυγράμμισης των δοντιών: γίνεται με ειδικό σφυριδοτροχό τοποθετημένο στη μηχανή. Η ευθυγράμμιση έχει μεγάλη σημασία για το σωστό ακόνισμα και την τοποθέτηση στην κασετίνα. Στην ίδια μηχανή βρίσκεται και μεταλλική βούρτσα όπου γυαλίζεται το μαχαίρι και απομακρύνονται τα γρέζια που προκύπτουν από την ευθυγράμμιση.

Ακονιστικές μηχανές: υπάρχουν αυτόματες μηχανές προακόνισματος και τελικού ακονίσματος. Κατά το προακόνισμα το μαχαίρι ακονίζεται σε βάθος 6-8mm και πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή ώστε το βάθος να είναι ομοιόμορφο σε όλα τα μαχαίρια. Αυτό

γίνεται με φραιζες 74°, ενώ το λεπτό ακόνισμα γίνεται με φραιζες 87°. Στο εργοστάσιο Λάρισας υπάρχει συγκρότημα αυτόματου ακονίσματος των μαχαιριών, ενώ στο εργοστάσιο Πλατέος συγκρότημα αυτόματης προετοιμασίας και ακονίσματος.<sup>[12]</sup>

#### (στ) Αλλαγή των μαχαιριών

Η αλλαγή των μαχαιριών σε κάθε κοπτική μηχανή πρέπει να γίνεται τουλάχιστον μια φορά το δωρο ή συχνότερο αν αυτό επιβάλλουν οι συνθήκες λειτουργίας.<sup>[12]</sup>

### **1.5.3. Σταθμός εκχύλισης**

Στους σταθμούς εκχύλισης προσπαθούμε να παραλάβουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό ζάχαρης από τα τεμαχίδια και φροντίζουμε ο χυμός να είναι κατά το δυνατόν πυκνότερος, μεγαλύτερης καθαρότητας και ευκατέργαστος. Οι παράγοντες που επιδρούν στην εκχύλιση είναι:

- Η θερμοκρασία εκχύλισης
- Η επιφάνεια των πρόσφατων τεμαχιδίων (και η ποιότητα αυτών)
- Η ποσότητα και ποιότητα του νερού εκχύλισης (σκληρότητα, pH)
- Η διάρκεια της εκχύλισης.

Τα τεμαχίδια που προκύπτουν από τις κοπτικές μηχανές (πρόσφατα τεμαχίδια) ζυγίζονται στον ταινιοζυγό αυτομάτως και μπαίνουν στους εκχυλιστήρες συνεχούς λειτουργίας τύπου DDS ή πύργους Buckau - Wolf, ενώ μπαίνει συνεχώς ζεστό νερό (φρέσκο και πρεσσών).

Η εκχύλιση DDS αποτελείται από μια επιμήκη κεκλιμένη κλειστή σκάφη, μήκους περίπου 23m και πλάτους 4-6m με κυλινδρικό πυθμένα. Τα φρέσκα τεμαχίδια μπαίνουν στο κατώτερο άκρο με ελεύθερη πτώση χωρίς προθέρμανση, διατρέχουν όλη την εγκατάσταση και βγαίνουν σαν εκχυλισθέντα τεμαχίδια από το ανώτερο άκρο με ένα περιστρεφόμενο τροχό.

Η προώθηση των τεμαχιδίων επιτυγχάνεται με δύο ατέρμονες κοχλίες. Η απόσταση των στοιχείων μεταξύ των δύο ελίκων μειώνεται συνέχεια όσο πλησιάζουμε προς την έξοδο των τεμαχιδίων και αυτό για να μην γλυστρούν τα τεμαχίδια προς τα πίσω. Οι έλικες πρέπει μόλις να καλύπτονται από τα τεμαχίδια και ο χυμός να ρέει σχετικά βαθειά για να



αποφεύγεται η ανομοιόμορφη ροή και ο σχηματισμός ρυακίων. Η σκάφη έχει κλίση περίπου 8° και επιτρέπει τη διατήρηση σταθερής στάθμης χυμού σε όλο το μήκος της. Η στάθμη εξαρτάται από την ποιότητα των τεμαχιδίων, το ύψος της κατεργασίας και τον αριθμό στροφών. Οι έλικες στρέφονται με ταχύτητα 0,3 - 1,1 στρ/min. Ο εκχυλιστήρας εργάζεται κατ' αντιστροφή. Δηλαδή, τα μεν τεμαχίδια των τεύτλων μπαίνουν από το κάτω μέρος της σκάφης, το δε νερό εκχύλισης (φρέσκο και πρεσσών) από το πάνω μέρος.

Το σημείο εισόδου του φρέσκου νερού βρίσκεται λίγο πριν από τον τροχό εκκένωσης, ενώ το σημείο εισόδου του νερού πρεσσών, σε απόσταση περίπου 1,5m από αυτόν. Ο ακατέργαστος χυμός βγαίνει από το κάτω μέρος της DDS αφού περάσει μέσα από μια σίτα που συνεχώς καθαρίζεται από ένα ζεύγος βραχιόνων.

Η θέρμανση του εκχυλιστήρα γίνεται με αχνούς από τη συμπύκνωση με τη βοήθεια μανδύων ατμού που βρίσκονται στο κάτω μέρος του εκχυλιστήρα. Ο χρόνος θέρμανσης των τεμαχιδίων είναι περίπου 115-130', ενώ ο χρόνος παραμονής των τεμαχιδίων μέσα στον εκχυλιστήρα (είσοδος - έξοδος) είναι περίπου 125-140'.

Ο πύργος Buckau - Wolf αποτελείται από δύο ομόκεντρους κυλίνδρους. Στον εσωτερικό είναι προσαρμοσμένα πτερύγια υπό μορφή ατέρμονα κοχλία. Το ίδιο και στο εσωτερικό του εξωτερικού κυλίνδρου.

Τα πρόσφατα τεμαχίδια προθερμαίνονται και μαζί με τον χυμό εισάγονται από το κάτω μέρος του πύργου με ειδική αντλία. Ο εσωτερικός κύλινδρος στρέφεται με ταχύτητα 0,5-1,1 στρ/min. Χαρακτηριστικό του πύργου είναι ότι έχει ζεματιστήρα στον οποίο η θερμοκρασία ανεβαίνει απότομα μέχρι το επιθυμητό σημείο. Ο ζεματιστήρας είναι κυλινδρικού τύπου σε οριζόντια θέση και η προώθηση των τεμαχιδίων γίνεται με ατέρμονα κοχλία.

Στο εμπρόσθιο μέρος του πύργου υπάρχει αγωγός τροφοδοσίας, ενώ στο κάτω μέρος της ίδιας πλευράς και πίσω από ειδική σίτα γίνεται η λήψη του ακατέργαστου χυμού. Συνολικά ο χυμός που κυκλοφορεί στο ζεματιστήρα (δύο κύκλων) φτάνει το 400% ε.τ. Ο χρόνος παραμονής των τεμαχιδίων στο ζεματιστήρα είναι 8-10', ενώ ο χρόνος εκχύλισης - συμπεριλαμβανομένου και του χρόνου του ζεματιστήρα - είναι 70-85'. Η θερμοκρασία του ακατέργαστου χυμού κατά την έξοδο είναι 40-45°C. Από το επάνω μέρος του πύργου βγαίνουν τα εκχυλισθέντα τεμαχίδια με τη βοήθεια ειδικών βραχιόνων από περισσότερες της μίας θυρίδες και οδηγούνται με ατέρμονα κοχλία στο σταθμό πρεσσών. Γενικά:

Η θερμοκρασία στην εκχύλιση δεν πρέπει να ξεπερνά τους 72°C, διότι πάνω από τους

80°C οι μεσοκυττάριοι χώροι στενεύουν και δυσκολεύεται η έξοδος της ζάχαρης, ενώ οι πηκτινικές ύλες και οι άλλες ύλες του κυτταρικού χυμού (μη ζάχαρα) διαλύονται στο νερό και δυσκολεύεται έτσι η επεξεργασία του ακατέργαστου χυμού και η συμπίεση του πολτού. Στο μέσο της εκχύλισης η θερμοκρασία δεν θα πρέπει να είναι κάτω από 68°C για να εξασφαλίζεται η σωστή εκχύλιση και να αποφεύγεται η μικροβιολογική δραστηριότητα. Η ρύθμιση των θερμοκρασιών εξαρτάται και από την ποιότητα της πρώτης ύλης (πχ. φρέσκα τεύτλα επιδέχονται και υψηλότερες θερμοκρασίες), ενώ με αλλοιωμένα τεύτλα οι θερμοκρασίες της εκχύλισης θα πρέπει να κατεβούν.<sup>[11][12]</sup>



Εικόνα 5: Σταθμός εκχύλισης.

Το νερό εκχύλισης πρέπει να είναι καθαρό, χωρίς διαλυμένες ουσίες, άλατα (Na, K) και σκληρότητα με pH 5,0 - 5,5 (διότι αυτό είναι το άριστο σημείο "OPTIMUM" της μη διαλυτοποίησης των πηκτινών) και τελικά η θερμοκρασία του νερού πρεσσών δεν θα πρέπει να πέφτει κάτω από τους 65°C, ενώ του φρέσκου νερού κάτω από τους 60°C.

Το pH του ακατέργαστου χυμού, όπως και των δειγμάτων χυμού από διάφορα σημεία κατά μήκος (για τις DDS) και καθ' ύψος (για τους πύργους Buckau - Wolf) της εκχύλισης δεν θα πρέπει να πέφτει κάτω του 6,0. Το αντίθετο δείχνει μικροβιολογική δραστηριότητα που πρέπει να αντιμετωπίζεται με σοκ φορμαλίνης σε συνδυασμό με άλλα αντισηπτικά. Το pH του νερού πρεσσών δεν θα πρέπει να πέφτει κάτω του 5,0 - 5,4.

Το φρέσκο νερό με SO<sub>2</sub> (που δρα και ως ισχυρό απολυμαντικό) οξυνίζεται μέχρι pH 5,5 - 5,8. Με το κατάλληλο νερό εκχύλισης πετυχαίνεται η αφαίρεση όλης της ζάχαρης των τεμαχιδίων, το καλό πρεσσάρισμα των εκχυλισθένων και η ευκολότερη απομάκρυνση των μη ζαχάρων από τον ακατέργαστο χυμό. Στην πράξη, για νερό εκχύλισης χρησιμοποιείται φρέσκο νερό (βιομηχανικό νερό + συμπυκνώματα ατμών), καθώς και νερό πρεσσών.

Ο χρόνος εκχύλισης των τεμαχιδίων πρέπει να είναι τέτοιος ώστε ούτε οι απώλειες σε ζάχαρη να είναι μεγάλες, ούτε όμως και ο ακατέργαστος χυμός να περιέχει πολλά μη

ζάχαρα. Η ποσότητα του ακατέργαστου χυμού (ABZUG) υπολογίζεται % κατά βάρος των τεύτλων. Η ποσότητα του ακατέργαστου χυμού (άρα και του νερού που προστίθεται) για να έχουμε λογικές απώλειες εξαρτάται από την ποιότητα των τεμαχιδίων, τη θερμοκρασία εκχύλισης, τη διάρκεια εκχύλισης και το POL των τεμαχιδίων. Για εκχυλίσεις DDS, το βάρος του ακατέργαστου χυμού δεν θα πρέπει να ξεπερνάει τα 110% ε.τ. με απώλειες κατά το δυνατόν 0,21 - 0,26% ε.τ.

Επί κανονικών συνθηκών λειτουργίας έχει υπολογιστεί ότι με αύξηση του ABZUG κατά 1,0%, οι απώλειες μειώνονται κατά 0,01% POL ε.τ. Στην ονομαστική δυναμικότητα λειτουργίας των εκχυλίσεων, οι πύργοι Buckau - Wolf που διαθέτει το εργοστάσιο Λάρισας δεν μπορούν να έχουν τόσο χαμηλό ABZUG, μπορούν όμως να είναι γύρω στο 120% ε.τ. με τις ίδιες απώλειες.<sup>[7][8][9]</sup> Η ποσότητα του ακατέργαστου χυμού υπολογίζεται από τη σχέση:

$$ABZUG = \frac{POL \text{ τεμαχιδίων} - POL \text{ συμπιεσθέντων } \% \text{ ε.τ.}}{POL \text{ ακατέργαστου χυμού}}, \text{ ενώ η ποσότητα του}$$

φρέσκου νερού εκχυλίσεως υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Ποσότητα ακατέργαστου χυμού} + \text{Ποσότητα νερού πολτού} - 100$$

### 1.5.3.1. Προβλήματα που παρουσιάζονται στο σταθμό εκχύλισης και πιθανά αίτια

(α) Χαμηλή καθαρότητα που μπορεί να οφείλεται:

- Στην ποιότητα των τεύτλων.
- Στην ποιότητα του νερού εκχύλισης (όταν δεν είναι καθαρό και περιέχει πολλά άλατα).
- Στην υψηλή θερμοκρασία της εκχύλισης.
- Στο μεγάλο χρόνο παραμονής των τεμαχιδίων στην εκχύλιση.
- Στο pH του νερού εκχύλισης (όταν είναι αλκαλικό).
- Στην παρουσία πουλπιδίων στο νερό πρεσσών.

(β) Υψηλή περιεκτικότητα σε ιμπερτοζάχαρο μπορεί να οφείλεται σε:

- Τραυματισμό και μακρά αποθήκευση των τεύτλων.
- Χαμηλό pH στην εκχύλιση (pH < 5).

- Κακή πλύση των τεύτλων.
- Παράλειψη προσθήκης αντισηπτικών.

(γ) Αφρισμοί στην εκχύλιση μπορεί να οφείλονται:

- Στην ποιότητα των τεύτλων.
- Στον τρόπο λειτουργίας του εκχυλιστήρα (πχ. οι ανακυκλώσεις στους πύργους Buckau - Wolf της Λάρισας).

Η αντιμετώπιση γίνεται με τη χρησιμοποίηση του κατάλληλου αντιαφριστικού.<sup>[12][13]</sup>

#### 1.5.4. Πρέσσες πολτού

Υπάρχουν πρέσσες διαφόρων τύπων που επιτυγχάνουν Ξ.Ο. του πεπεσμένου πολτού από 22 - 28% και με προσθήκη αλάτων  $[CaSO_4, Ca(HPO_4), Ca(HSO_3)_2]$  στο νερό εκχύλισης μέχρι 34%. Τα νερά πρεσσών που επιστρέφουν στην εκχύλιση δεν θα πρέπει να έχουν θερμοκρασία κάτω από 65°C.<sup>[14]</sup>

##### 1.5.4.1. Προβλήματα που παρουσιάζονται στο σταθμό πρεσσών πολτού και πιθανά αίτια

Όταν τα εκχυλισθέντα τεμαχίδια δεν πρεσσάζονται καλά, μπορεί να οφείλεται:

- Στην ποιότητα των τεμαχιδίων (πολύ μεγάλα ή πολύ μαλακά).
- Στο υψηλό pH του νερού εκχύλισης (μεγαλύτερο από 6,5).
- Στη χαμηλή θερμοκρασία των εκχυλισθέντων (αν είναι πολύ κρύα).
- Στην ανομοιομορφη τροφοδοσία των πρεσσών.
- Στο χαμηλό MARK των τεύτλων.
- Στη χρήση μεγάλης ποσότητας φορμαλίνης.
- Στον αριθμό στροφών της πρέσσας.
- Στην ενδεχόμενη φθορά των διακένων μεταξύ ελίκων και του σώματος της πρέσσας.

Όταν το POL των συμπιεσθέντων τεύτλων είναι υψηλό μπορεί να οφείλεται:



- Στα χοντρά τεμαχίδια.
- Στη χαμηλή θερμοκρασία εκχύλισης.
- Στη μικρή παραμονή των τεμαχιδίων στην εκχύλιση.
- Στην ελλιπή προσθήκη νερού.<sup>[11][15]</sup>

### 1.5.5. Ασβεστοκάμινος

Στη Βιομηχανία Ζάχαρης χρησιμοποιούνται αποκλειστικά ασβεστοκάμινοι κατακόρυφου κυλινδρικού τύπου με ενεργό ύψος ενδεικτικά 22-51m και δυνατότητα “φόρτωσης” περίπου 140-450 τόνους ασβεστόλιθου/24ωρο. Χωρίζονται από πάνω προς τα κάτω σε τρεις ζώνες επενδεδυμένες εσωτερικά με πυρίμαχα υλικά (Schamotte, μαγνησίτη ή δολομίτη), οι οποίες είναι:

Ζώνη προθέρμανσης: βρίσκεται στο πάνω μέρος της ασβεστοκαμίνου. Σε αυτή ξηραίνονται και θερμαίνονται ο ασβεστόλιθος και το κωκ, ενώ απομακρύνονται τα πτητικά συστατικά αυτού. Τα αέρια φτάνουν με θερμοκρασία 900°C και βγαίνουν με 50°C, θερμαίνοντας τον ασβεστόλιθο και το κωκ μέχρι 800°C. Η καύση όμως δεν αρχίζει εδώ, επειδή το ποσοστό οξυγόνου είναι μικρό. Το ίδιο ισχύει και για τη διάσπαση του ανθρακικού ασβεστίου.

Ζώνη καύσης: βρίσκεται στο μέσον της ασβεστοκαμίνου και είναι ο χώρος όπου γίνεται η καύση του κωκ και η διάσπαση του ανθρακικού ασβεστίου. Η θερμοκρασία του ασβεστόλιθου από 800°C φτάνει τους 1150°C και το κωκ στη θερμοκρασία αυτή καίγεται, ενώ στο εσωτερικό του ασβεστόλιθου παραμένει ακόμα αδιάσπαστος πυρήνας.

Ζώνη ψύξης: στη ζώνη αυτή που βρίσκεται στο κάτω μέρος συμπληρώνεται η αποβολή του CO<sub>2</sub>. Τη θερμοκρασία που χρειάζεται την παίρνει από την ίδια την άσβεστο, αφού εξωτερικά είναι πολύ θερμότερη απ’ ό,τι στο εσωτερικό. Τότε ο ασβεστόλιθος (που έχει ήδη μετατραπεί σε άσβεστο) κατεβαίνει προς την έξοδο και ψύχεται με ρεύμα αέρα που αποκτά 600°C στην είσοδό του στη ζώνη καύσης. Τέλος, στο κάτω μέρος της καμίνου φτάνει η άσβεστος με θερμοκρασία 50 - 80°C. Σε κάθε ασβεστοκάμινο υπάρχουν κατά διαστήματα ανοίγματα παρατηρήσεων απ’ όπου μπορεί κανείς να παρακολουθεί την πρόοδο της καύσης. Στο συγκρότημα της ασβεστοκαμίνου επίσης ανήκουν:

Ο σταθμός παραγωγής ασβεστογάλακτος: αποτελείται από το τύμπανο σβέσης, δονητές, αναδευτήρες, υδροκυκλώνες. Εδώ η άσβεστος διαλύεται σε ειδικό



περιστρεφόμενο τύμπανο. Η τροφοδοσία σε ασβεστο και νερό γίνεται από το ένα άκρο του τυμπάνου, ενώ από το άλλο παίρνουμε το γάλα της ασβέστου, αφού έχουν ήδη αποχωριστεί τα αδιάλυτα και τα άκαυστα.

Οι πλυντρίδες του CO<sub>2</sub> (αερίου κορεσμού): το αέριο CO<sub>2</sub> βγαίνει από την ασβεστοκάμινο με θερμοκρασία 60 - 120°C, ψύχεται και καθαρίζεται σε πλυντρίδες - συνήθως χυτοσιδηρές (καθότι το ανθρακικό οξύ προσβάλλει το σίδηρο) - διαφόρων τύπων. Πριν χρησιμοποιηθεί το αέριο, εισάγεται στο κάτω μέρος της πλυντρίδας, ενώ από πάνω κατακλιμαίνεται νερό. Έπειτα με αντλίες οδηγείται στον καθαρισμό χυμού.<sup>[13][14]</sup>



Εικόνα 6: Η ασβεστοκάμινος.

#### 1.5.5.1. Λειτουργία της καμίνου

Πριν τεθεί σε λειτουργία η ασβεστοκάμινος πρέπει να ληφθεί υπόψη αν πρόκειται για εντελώς νέα θερμοδομή. Στην περίπτωση αυτή χρειάζεται προηγουμένως ξήρανση με ξύλα για λίγες μέρες πριν την καμπάνια. Μετά αρχίζει το γέμισμα και ακολουθεί το άναμμα. Υπάρχει μια τάση, κατά το αρχικό άναμμα, να χρησιμοποιείται μαζί με τα ξύλα και μεγάλη ποσότητα κωκ, περίπου 1 τόνος, ενώ θα ήταν επαρκής ποσότητα 150-300kg και όπως ο κατασκευαστής έχει προδιαγράψει για κάθε ασβεστοκάμινο. Η δικαιολογία της προσθήκης μεγαλύτερης ποσότητας κωκ στο αρχικό άναμμα είναι ο φόβος μήπως δεν

ανάψει η ασβεστοκάμιнос, πράγμα αδικαιολόγητο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την καταστροφή της πυριμάχου επένδυσης μέσω σχηματισμού πετρωμάτων υπερόπτου ασβέστου που σχηματίζει μπαλάκια και φράζουν την κανονική εξαγωγή της ασβέστου στους δονητές από τις πρώτες κιάλας μέρες λειτουργίας της ασβεστοκαμίνου.

Για την κανονική λειτουργία και απόδοση της ασβεστοκαμίνου πρέπει το μέγεθος του ασβεστολίθου και του κωκ να είναι ομοιόμορφο (χωρίς μπάζα ο ασβεστόλιθος και χωρίς σκόνη το κωκ). Η Υπηρεσία Παραγωγής και τα Χημικά Εργαστήρια πρέπει να παρακολουθούν στενά την ποιότητα και το μέγεθος του προσκομιζόμενου ασβεστόλιθου. Η θεωρητική ποσότητα του απαιτούμενου κωκ είναι 6,0% επί ασβεστόλιθου και οι μοντέρνες ασβεστοκάμινοι επιτυγχάνουν 7,0% επί ασβεστόλιθου με κωκ 7.040 kcal/kg.

Η ομοιόμορφη ανάμιξη του μίγματος κωκ – ασβεστόλιθου πριν την τροφοδοσία της ασβεστοκαμίνου έχει μεγάλη σημασία για την υψηλή απόδοση και την αποφυγή τοπικών υπερθερμάνσεων, που έχουν σαν αποτέλεσμα την καταστροφή της πυριμάχης επένδυσης της ασβεστοκαμίνου. Επίσης είναι καλό να προβλέπεται ένα κοσκίνισμα του κωκ και του ασβεστόλιθου πριν μπουν στα σιλό αναμονής. Τα τελευταία είναι σκόπιμο να έχουν χωρητικότητα παραμονής του μίγματος 24 - 40 ώρες, ώστε να γεμίζουν με εργασία τον χειριστή φορτωτή ή γερανού μόνο της πρωινής βάρδιας. Δεν πρέπει να αναμιγνύονται διαφορετικών προελεύσεων ασβεστόλιθοι, διότι κάθε ασβεστόλιθος έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά. Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας της ασβεστοκαμίνου, μπορεί να έχουμε σκληρή ή μαλακή καύση που τη διακρίνουμε από την ταχύτητα διάλυσης της ασβέστου στο νερό.

Ένα κομμάτι ασβέστου “μαλακής καύσης” όταν το ρίξουμε σε ένα δοχείο νερό, μετά από μερικά λεπτά έχει πλήρως διαλυθεί, ενώ ένα κομμάτι ασβέστου “σκληρής καύσης – υπέροπτος άσβεστος” χρειάζεται περισσότερο χρόνο. Εξωτερικά η άσβεστος που έχει υποστεί “σκληρή καύση” παρουσιάζει ρωγμές. Το άεριο της ασβεστοκαμίνου που προέρχεται από τη διάσπαση του ασβεστόλιθου και την καύση του κωκ, χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό χυμού στον 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> κορεσμό. Πρέπει να έχει περιεκτικότητα 36 – 42% CO<sub>2</sub>, μια ελαφρά περίσσεια οξυγόνου γύρω στα 2% που εξασφαλίζεται με την πλήρη καύση, ενώ δεν θα πρέπει να περιέχει πάνω από 1% CO που δείχνει ατελή καύση και είναι τοξικό.

Ασφυκτικό είναι και το CO<sub>2</sub>. Αν ο αέρας περιέχει 4% CO<sub>2</sub> εμφανίζονται βόμβος στα

αυτιά, κεφαλόπονος, ταχυκαρδία, κατάσταση υπερδιέργειας και κόπωση. Αν το ποσοστό στον αέρα ξεπεράσει το 8 – 10% προκαλείται λιποθυμία και θάνατος. Αυτοί που θα τρέξουν για βοήθεια θα πρέπει να δένονται, ώστε σε περίπτωση που δεν μπορούν να βγουν, να υπάρχει τρόπος να τους τραβήξουν αμέσως.

Το CO<sub>2</sub> επειδή είναι βαρύτερο του αέρα συγκεντρώνεται στα χαμηλά σημεία της ασβεστοκαμίνου και των δοχείων. Τυχόν διαρροή αερίων της ασβεστοκαμίνου σε χώρους εργασίας πχ. Στον κωνικό πυθμένα εξαγωγής της ασβέστου ή στον πυθμένα δοχείου 1ου και 2ου κορεσμού που τίθενται εκτός λειτουργίας (λόγο προσωρινών διακοπών ή μετά την καμπάνια), ή στο χώρο που είναι εγκατεστημένες και λειτουργούν οι αντλίες CO<sub>2</sub>, πρέπει να ελέγχονται με αναμμένο κερί ή με συσκευή ανίχνευσης αερίων (πχ. συσκευή dräger). Σε κάθε επέμβαση όπου υπάρχει πιθανότητα περιεκτικότητας CO<sub>2</sub> να χρησιμοποιείται μάσκα με ρύθμιση πίεσης (0,2bar) από τη γραμμή του Kompresseur.

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στο σταθμό γάλακτος ασβέστου, ώστε να μην απορρίπτεται με τα απόσβεστα αδιάλυτη άσβεστος, με αποτέλεσμα την αύξηση κατανάλωσης ασβεστολίθου – κωκ, την αύξηση του κόστους του τελικού προϊόντος, ενδεχομένως και τη μείωση κατεργασίας του εργοστασίου, λόγω ανεπάρκειας ασβέστου.

Η απομάκρυνση της άμμου του ασβεστογάλακτος γίνεται με τη χρήση δονητών, υδροκυκλώνων και αμμοδιαχωριστών. Πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή, γιατί η ύπαρξη άμμου στο ασβεστόγαλα δημιουργεί κινδύνους φθοράς των αντλιών, εμφράξεις, ακόμα και καταβύθιση άμμου στα δοχεία κορεσμού. Στο γάλα ασβέστου που βγαίνει από το τύμπανο, υπάρχουν ακόμα μικρά αδιάλυτα τεμαχίδια ασβέστου. Η διάλυση επιταχύνεται όταν το γάλα αναδεύεται έντονα σε δοχεία αναμονής με αναδευτήρα με προπέλα και χρόνο παραμονής 4 – 6 ωρών.

Η πυκνότητα του ασβεστογάλακτος θα πρέπει να είναι γύρω στα 20 – 23Be. Για τη σβέση της ασβέστου πρέπει να χρησιμοποιείται όλο το διήθημα των περιστροφικών φίλτρων ή όλο το φτωχό διήθημα των περιστροφικών φίλτρων με κελλία και εν ανάγκη πλούσιο διήθημα. Ακόμα και με τεύτλα χαμηλής καθαρότητας, όταν η ασβεστοκάμιμος έχει υψηλή απόδοση σε άσβεστο, η κατανάλωση ασβεστολίθου δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το 4,5%ετ. Η χρησιμοποίηση μεγαλύτερου ποσοστού ασβέστου πάνω από 85% επί μη ζαχάρων έχει ευνοϊκή επίδραση στην ποιότητα των χυμών, τη διήθηση και τα χρώματα, αλλά είναι αντιοικονομική, ενώ το ποσοστό ασβέστου 85% επί μη ζαχάρων είναι ικανό και

επαρκές.<sup>[15][16]</sup>

#### **1.5.5.2. Σημεία και χειρισμοί ιδιαίτερης προσοχής**

Κατά το άναμμα της ασβεστοκαμίνου πρέπει η αναρρόφηση να είναι τέτοια ώστε το αέριο να περνά από το καμίνι και να μη μένει κάτω, όπως συμβαίνει στα καμίνια μεγάλου ύψους. Εντανπική λειτουργία του ανεμιστήρα επιταχύνει την καύση των ξύλων, οι φωτιές ανεβαίνουν πολύ γρήγορα προς τα πάνω και το κωκ δεν προλαβαίνει να καεί. Αν σταματήσει ο τεχνητός ελκυσμός του αέρα, πρέπει να ανοίξει ο κώνος επάνω για να έχουμε φυσικό ελκυσμό αερίων.

Όταν η ζώνη καύσης ανεβαίνει, αυτό είναι ένδειξη ότι το κωκ καίγεται γρήγορα. Η γρήγορη καύση αποδίδεται στο πολύ μικρό μέγεθος του κωκ ή στην πολύ μεγάλη αναρρόφηση του αέρα. Όταν στη ζώνη καύσης η θερμοκρασία είναι υψηλή, τότε μειώνουμε την αναρρόφηση του αέρα και εξάγουμε τον ασβέστη συχνά σε μικρές ποσότητες.

Κατά το γέμισμα της ασβεστοκαμίνου με μεγάλα κομμάτια πέτρας, αφήνονται μεγάλα ανοίγματα που έχει σαν αποτέλεσμα να περνά πιο εύκολα ο αέρας στα σημεία αυτά, η καύση να γίνεται πιο έντονη και να έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας στην περιοχή αυτή. Αν η περιοχή βρίσκεται κοντά στη θερμοδομή, είναι πιθανόν να καταστραφεί λόγω τοπικής υπερθέρμανσης. Φθορά στη θερμοδομή γίνεται και από χτύπημα της πέτρας κατά το γέμισμα. Αν η πέτρα που εξάγεται είναι άψητη, αυτό αποδίδεται κυρίως:

- Στο μεγάλο μέγεθος της πέτρας.
- Στην κακή αναλογία πέτρας – κωκ.
- Στην χαμηλή ζώνη καύσης.
- Στο γρήγορο τράβηγμα της ασβέστου.

Όταν η πέτρα που εξάγεται είναι υπέρωπτος “νεκρά άσβεστος”, αυτό αποδίδεται κυρίως στην υψηλή θερμοκρασία καύσης, σε συνδυασμό με υψηλό ποσοστό προσμίξεων – ακαθαρσιών του ασβεστολίθου. Έχει βρεθεί ότι στην περίπτωση που υπάρχει 6% SiO<sub>2</sub> με θερμοκρασία καύσης 1200°C σε διάστημα 2 ωρών, ο ασβεστόλιθος μετατρέπεται σε “νεκρά – υπέρωπτο άσβεστο”.

Όταν υπάρει άκαυστο κωκ αυτό αποδίδεται κυρίως στο μεγάλο μέγεθος του κωκ, στη



γρήγορη εξαγωγή της ασβέστου – οπότε και η παραμονή του κωκ στο καμίνι είναι πολύ μικρή – και στο ότο υπάρχουν θέσεις στη ζώνη καύσης, όπου η θερμοκρασία δεν έχει ξεπεράσει τους 750°C (που είναι και η θερμοκρασία καύσης του κωκ).

Όταν στην αναρρόφηση της αντλίας κενού το αέριο έχει υψηλή θερμοκρασία, αυτό σημαίνει ότι δεν λειτουργεί η πλυντρίδα του αερίου (δεν υπάρχει νερό). Όταν το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) έχει τιμή μεγαλύτερη από 0,5%, αυτό αποδίδεται στην έλλειψη αέρα, οπότε πρέπει να αυξηθεί η αναρρόφηση του αέρα είτε με τον κάτω ανεμιστήρα, είτε με τις αντλίες κενού, καθώς και στο μεγάλο ποσοστό του κωκ, το οποίο θα πρέπει να ελαττωθεί. Στο σταμάτημα χρησιμοποιούνται μεγάλα τεμάχια κωκ, ανοίγεται ο κώνος ή η καπνοδόχος και δουλεύεται η αντλία με μικρότερη δυναμικότητα.

Κατά τη διάρκεια της μεσοκαμψίας, τα μαγνησιτικά τούβλα της πυροδομής της ασβεστοκαμίνου θα πρέπει να προφυλάγονται από την υγρασία. Η καλύτερη προστασία είναι να αφήνεται η άσβεστος μέσα στο καμίνι μετά την καμψία και να απομακρύνεται όταν αρχίζει το γέμισμα για την επόμενη χρήση ή όταν χρειάζεται επισκευή η πυρίμαχη επένδυση.

Αφροί στο τύμπανο σβέσης και στο διαχωριστή οφείλονται στη διάσπαση οργανικών ενώσεων μη ζαχάρων. Για το λόγο αυτό είναι προτιμότερο η προσθήκη απογλυκάσματος να γίνεται 1,5m προ της εξόδου εκ του τυμπάνου. Υψηλή περιεκτικότητα ζάχαρης στο απογλύκασμα δημιουργεί επίσης αφρούς και απώλειες.

Η δημιουργία αχνών κατά τη σβέση αποδίδεται στη χρησιμοποίηση πολύ ζεστού νερού. Θερμοκρασία νερού 30°C είναι αρκετή για να έχουμε στο τύμπανο σβέσης θερμοκρασία 95°C. Το κακό σβύσιμο αποδίδεται στη χαμηλή θερμοκρασία του νερού σβέσης (πολύ κρύο) που πήρε αμέσως τη θερμότητα, με αποτέλεσμα να γίνεται επιφανειακά, καθώς και στη μεγάλη περιεκτικότητα της πέτρας σε οξείδιο του Μαγνησίου (MgO). Το MgO “σβήνει” πολύ πιο δύσκολα από την άσβεστο. Όταν το Be του ασβεστογάλακτος δεν είναι σταθερό, αυτό σημαίνει ότι η ποιότητα του νερού στο τύμπανο δεν είναι ανάλογη με την τροφοδοσία σε άσβεστο. Τέλος, όταν στο ασβεστόγαλα υπάρχουν άμμος και τέφρα, σημαίνει ότι τα κόσκινα και οι κυκλώνες δεν λειτουργούν σωστά.<sup>[14][18][20]</sup>

#### **1.5.6. Καθαρισμός χυμού**

Σκοπός του καθαρισμού χυμού είναι η απομάκρυνση των μη ζαχάρων του ακατέργαστου χυμού για μια καλύτερης ποιότητας ζάχαρη και για μικρότερο ποσοστό



ζαχαρομελάσσας: 30 – 40% των μη ζαχάρων απομακρύνονται στο στάδιο του καθαρισμού χυμού, ενώ τα υπόλοιπα μη ζάχαρα συνοδεύουν τους χυμούς μέχρι το τέλος και γίνονται αιτία για το σχηματισμό μελάσσας.

Ακόμα, σκοπός του καθαρισμού είναι η λήψη θερμοευσταθών χυμών, η καταστροφή του ιμβερτοζαχάρου (τουλάχιστον κατά 90%) και η απομάκρυνση της σκληρότητας (αλάτων ασβεστίου). Επίσης, σκοπός του καθαρισμού χυμού είναι η λήψη διηθησίμων χυμών και η σωστή απογλύκανση της απορριπτόμενης των φίλτρων. Κριτήρια για τα παραπάνω αποτελέσματα είναι ο συντελεστής διήθησης (FK), η καθαρότητα των χυμών, το χρώμα, το ιμβερτοζάχαρο και η σκληρότητα του αραιού και πυκνού χυμού που εξαρτώνται επίσης από την ποιότητα των τεύτλων.

Σήμερα στα εργαστήρια της EBZ ο καθαρισμός χυμού γίνεται σύμφωνα με την “κλασική μέθοδο” κατά την οποία διακρίνουμε τέσσερα κυρίως στάδια

1. Την προασβέστωση.
2. Την κυρίως ασβέστωση (Ψυχρή – Θερμή).
3. Τον 1<sup>ο</sup> κορεσμό.
4. Τον 2<sup>ο</sup> κορεσμό.<sup>[7][8][12]</sup>

#### **1.5.6.1. Προασβέστωση**

Από το 1985 όλα τα εργοστάσια της EBZ διαθέτουν δοχεία προοδευτικής προασβέστωσης τύπου Brieghel – Müller. Το δοχείο της προασβέστωσης μπορεί να περιγραφεί σαν μια οριζόντια σκάφη χωρισμένη σε έξι διαμερίσματα. Τα χωρίσματα γίνονται με μεταλλικά πτερύγια που παρέχουν τη δυνατότητα, ανάλογα με τη θέση τους, να μεταβάλλεται η ροή του χυμού μέσα στο δοχείο. Υπάρχει επίσης σύστημα ανάδευσης. Η προασβέστωση γίνεται με προσθήκη λάσπης στο πρώτο διαμέρισμα (από τα φίλτρα καθιζήτηρες 1ου κορεσμού) και στη συνέχεια με προσθήκη ασβεστογάλακτος στο τελευταίο διαμέρισμα του δοχείου(σε συνεχή ροή με τον ακατέργαστο). Η προσθήκη της συνολικής ασβέστου είναι τόση ώστε να πετυχαίνεται σταδιακή αύξηση του pH από 6,0 σε pH = 10,8 – 11,2 και αλκαλικότητα 0,14 – 0,30% CaO.

Στο στάδιο αυτό έχουμε εξουδετέρωση των όξινων συστατικών του ακατέργαστου χυμού, κατακρύμνιση των κολλοειδών ουσιών με θρόμβωση (πχ. πρωτεϊνών, χρωστικών)

και ποιοτική βελτίωση του ιζήματος (βελτίωση του συντελεστή διήθησης FK). Κριτήριο του ποσοστού της προστιθέμενης λάσπης και ασβεστογάλακτος είναι το ολικό ασβέστιο που βρίσκεται με αναλύσεις στο χυμό προασβέστωσης και πρέπει να είναι στην έξοδο της προασβέστωσης 1,2 – 1,3 CaO%



Εικόνα 7: Διαδικασία προασβέστωσης.

Καθημερινά πρέπει να βρίσκεται το Optimum αλκαλικότητας της προασβέστωσης με σειρά αναλύσεων στο Χημείο Ελέγχου Παραγωγής με διάφορες ποσότητες ασβεστίου στον ακατέργαστο χυμό ώσπου να βρεθεί η άριστη τιμή, της ποσότητας ασβεστίου που θα πρέπει να προστεθεί προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη διαύγαση. Η θερμοκρασία προασβέστωσης είναι 40 – 65°C. Σε ορισμένα από τα εργοστάσια (Λάρισα, Σέρρες), η προσθήκη της λάσπης των φίλτρων 1<sup>ου</sup> κορεσμού στον ακατέργαστο χυμό (μέχρι pH = 8,0) γίνεται σε ξεχωριστό δοχείο που παρεμβάλλεται ανάμεσα στην εκχύλιση και στο δοχείο της προασβέστωσης. Το pH στην αρχή της προασβέστωσης πρέπει να είναι μεταξύ 8,7 – 9,0 για να αποφεύγεται η μικροβιολογική μόλυνση.<sup>[17][21]</sup>

#### 1.5.6.2. Κυρίως ασβέστωση (Ψυχρή – Θερμή)

Ο λασποχυμός προασβέστωσης οδηγείται σε ένα δοχείο με ανάδευση (δοχείο ψυχράς ασβέστωσης) όπου γίνεται προσθήκη μέρους ή όλης της ποσότητας του υπόλοιπου ασβεστογάλακτος. Από το δοχείο της ψυχράς ασβέστωσης ο λασποχυμός οδηγείται σε προθερμαντήρες όπου θερμαίνεται μέχρι 88°C και εν συνεχεία οδηγείται στο δοχείο της θερμής ασβέστωσης.

Στην κύρια ασβέστωση γίνονται διάφορες χημικές αντιδράσεις. Σκοπός της κυρίως ασβέστωσης είναι και η προσθήκη της αναγκαίας ποσότητας ασβέστου για τον 10 κορεσμό. Η ποσότητα της προστιθέμενης ασβέστου στην ψυχρή και θερμή ασβέστωση είναι συνάρτηση της περιεκτικότητας σε μη ζάχαρα του ακατέργαστου χυμού και δεν θα

πρέπει να ξεπερνάει το 85% CaO επί μη ζαχάρων. Στην πράξη, για 120m<sup>3</sup> χυμού χρειάζονται 10 – 12m<sup>3</sup> ασβεστόγαλα 20°Be. Στο στάδιο αυτό προστίθεται περίπου 1 – 1,5 %CaO, οπότε το ολικό ασβέστιο μετά τη θερμή ασβέστωση είναι 2,4 – 2,9 %CaO (max 3,5 %CaO). Το pH ξεπερνά το 12,0, η αλκαλικότητα είναι 1,5 – 1,9 %CaO, η θερμοκρασία μετά το πέρασμα του χυμού από ειδικούς προθερμαντήρες φτάνει τους 85 – 88°C, ενώ ο χρόνος που διαρκεί η θερμή ασβέστωση θα πρέπει να είναι 8 – 10 λεπτά.

Συντόμευση του χρόνου έχει σαν αποτέλεσμα να προκληθούν ανωμαλίες στη συμπύκνωση (πχ. Πτώση της αλκαλικότητας, έντονος χρωματισμός του πυκνού χυμού, αφρισμοί), που σημαίνει ότι η διάσπαση των αμιδίων και του ιμβερτοζάχαρου δεν ολοκληρώθηκε και θα συνεχιστεί στη συμπύκνωση.

Επιμήκυνση του χρόνου (10 – 20 λεπτά) είναι επιζήμια, διότι η ισχυρώς αλκαλική αντίδραση συμβάλλει στη μετατροπή των πρωτεϊνών σε διαλυτές, με αποτέλεσμα την ελάττωση της καθαρότητας του χυμού.<sup>[11][12]</sup>

### 1.5.6.3. Πρώτος κορεσμός

Στον πρώτο κορεσμό η αντίδραση του διοξειδίου του άνθρακα με τον ασβεστοχυμό έχει σκοπό την απομάκρυνση της περίσσειας της ασβέστου σαν αδιάλυτο ανθρακικό ασβέστιο. Το ανθρακικό ασβέστιο που σχηματίζεται προσροφά τα διάφορα μη ζάχαρα, κυρίως όμως τα έγχρωμα κολλοειδή που υπάρχουν στον ασβεστωμένο χυμό και βοηθάει τη διήθηση του λασποχυμού. Στην πραγματικότητα, κατά τον 1<sup>ο</sup> κορεσμό γίνεται συμπληρωματικός καθαρισμός του χυμού με προσρόφηση. Στα δοχεία του 1<sup>ου</sup> κορεσμού, το αέριο CO<sub>2</sub> μπαίνει από το κάτω μέρος, ενώ ο λασποχυμός από το πάνω και βγαίνει από τη βάση του δοχείου.

Η ρύθμιση του pH και συνεπώς και της αλκαλικότητας, γίνεται αυτόματα με ηλεκτρόδια υάλου, που ανάλογα με την τιμή του pH, δίνει εντολή σε μια αυτόματη βάνα παροχής αερίου CO<sub>2</sub>.<sup>[14][15]</sup>

#### 1.5.6.3.1. Παράγοντες που επηρεάζουν τον 1<sup>ο</sup> κορεσμό

- Η ποσότητα της ασβέστου, που θα πρέπει να είναι 2 – 3% ε.τ. Μικρότερη ποσότητα δίνει ζελατινώδη ιζήματα που διηθούνται δύσκολα, ενώ μεγαλύτερη δίνει ιζήματα εύκολα στη διήθηση, αλλά αντικοινομικά, λόγω της μεγαλύτερης κατανάλωσης της ασβέστου.
- Η θερμοκρασία που θα πρέπει να είναι 85 – 88°C. Χαμηλή θερμοκρασία ευνοεί το σχηματισμό λεπτών κρυστάλλων  $\text{CaCO}_3$ , με αποτέλεσμα η διήθηση να είναι δυσκολότερη και να σχηματίζονται αφροί στο δοχείο 1ου κορεσμού.
- Ο χρόνος, που θα πρέπει να είναι περίπου 7 – 10 λεπτά. Μικρός χρόνος δίνει ιζήμα λεπτοκρυσταλλικό με πολύ καλές προσροφητικές ιδιότητες, αλλά δυσκολίες κατά τη διήθηση.
- Η αλκαλικότητα, που πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0,08 – 0,10%  $\text{CaO}$ . Χαμηλές αλκαλικότητες ευνοούν τη διήθηση, αλλά μπορούν να προκαλέσουν σχηματισμό χρώματος και αύξηση των αλάτων ασβεστίου. Υψηλές αλκαλικότητες δίνουν καλύτερους χυμούς, αλλά δυσκολεύουν τη διήθηση.
- Η ποιότητα του αερίου κορεσμού. Το  $\text{CO}_2$  θα πρέπει να έχει περιεκτικότητα 36 – 42%. Όσο πλουσιότερο είναι, τόσο ευνοϊκότερη είναι η επίδραση.
- Συνοπτικά, μπορούμε να πούμε ότι μια καλή διαδικασία κορεσμού απαιτεί μια λεπτή καλή διανομή του αερίου στο χυμό, στροβιλώδη ροή προς τα πάνω του μίγματος αερίου – χυμού, ταχύ διαχωρισμό των αερίων από το χυμό στην επιφάνεια αυτού, αυξημένη πίεση του αερίου στις φυσαλίδες και μακρύ δρόμο των φυσαλίδων μέσα στο χυμό.<sup>[16][17]</sup>

#### 1.5.6.3.2. Φιλτράρισμα λασποχυμού 1<sup>ου</sup> κορεσμού

Μετά τον 1ο κορεσμό ακολουθεί το φιλτράρισμα του λασποχυμού σε φιλτρόπρεσες, στατικούς καθιζητήρες ή σε φίλτρα – καθιζητήρες με εντελώς αυτόματη λειτουργία. Εδώ το μεν ιζήμα με μορφή παχειάς λάσπης αποχωρίζεται από το χυμό και μέρος αυτής οδηγείται στην προασβέστωση, η υπόλοιπη δε στα περιστροφικά φίλτρα κενού για την απογλύκανση, ενώ παράλληλα το διήθημα οδηγείται στον 2<sup>ο</sup> κορεσμό.<sup>[16]</sup>



### 1.5.6.3.3. Απογλύκανση λάσπης 1<sup>ου</sup> κορεσμού

Η λάσπη, όπως προκύπτει από τα φίλτρα 1ου κορεσμού συμπαρασύρει ορισμένη ποσότητα ζάχαρης. Για την παραλαβή της ποσότητας αυτής, η λάσπη οδηγείται σε ειδικά περιστροφικά φίλτρα κενού, όπου απογλυκαίνεται με τη βοήθεια ζεστού νερού.

Τα φίλτρα λειτουργούν με κενό 200 – 250mm στήλης Hg με στροφές τυμπάνου 20 – 25 στροφές/ώρα, η δε ποσότητα του προστιθέμενου για την απογλύκανση νερού πρέπει να ελέγχεται συνέχεια, ώστε στο σημείο αυτό να μην επιβαρύνεται το εργοστάσιο με μεγάλες ποσότητες νερού, που θα είχε αρνητική επίπτωση στο ισοζύγιο θερμότητας.

Ο πλακούντας της λάσπης πρέπει να έχει το κατάλληλο πάχος, 8 – 12mm, το δε φιλτρόπανο να είναι σε καλή κατάσταση (όχι ζαχαρωμένο και χωρίς επικαθίσεις αλάτων). Πρέπει να γίνεται πλύση του πανιού σε καθορισμένα διαστήματα με διάλυμα HCl 3% ή αντικατάσταση αυτού, όταν είναι απαραίτητη. Στόχος είναι οι απώλειες στην απογλυκανθείσα λάσπη να μην ξεπερνούν το 0,05%ε.τ. που αντιστοιχεί σε POL λάσπης 0,4 – 0,6%. Η λάσπη μετά τα φίλτρα οδηγείται στις χωματοδεξαμενές με Ξ.Ο. 30-50%. Δεν πρέπει να είναι περισσότερο αραιωμένη, γιατί αυτό θα είναι σε βάρος του χρόνου παραμονής της στις χωματοδεξαμενές, λόγω ενδεχομένου προβλήματος στη διαθέσιμη χωρητικότητά τους. Το διήθημα που προκύπτει από τα περιστροφικά φίλτρα, εν μέρει οδηγείται στο σταθμό παραγωγής ασβεστογάλακτος και εν μέρει στο δοχείο αναμονής των φίλτρων 1ου κορεσμού.<sup>[18]</sup>

### 1.5.6.4. Δεύτερος κορεσμός

Ο 2<sup>ος</sup> κορεσμός που είναι το επόμενο στάδιο του καθαρισμού χυμού έχει σκοπό την απομάκρυνση των αλάτων ασβεστίου από το διήθημα 1. Η παρουσία αλάτων ασβεστίου αιτιολογείται από τις αποθέσεις στους αυλούς της συμπύκνωσης και από την αύξηση της παραγόμενης μελάσσας στην παραπέρα επεξεργασία (δηλαδή απώλεια ζάχαρης).

Η αλκαλικότητα του 2<sup>ου</sup> κορεσμού βρίσκεται με TEST OPTIMUM αλκαλικότητας, συναρτήσει της ελάχιστης περιεκτικότητας αλάτων ασβεστίου. Με βάση την ευνοϊκή τιμή αλκαλικότητας γίνεται διόρθωση της αλκαλικότητας του χυμού στα δοχεία 2ου κορεσμού, έτσι ώστε να είναι κοντά στην “άριστη” τιμή.

Το pH του 2<sup>ου</sup> κορεσμού είναι περίπου 9,0 και ρυθμίζεται με ρυθμιστική βάννα παροχής CO<sub>2</sub> που παίρνει εντολή από αυτόματο πεχάμετρο. Μεγάλη σημασία για το 2ο κορεσμό



έχει η “φυσική αλκαλικότητα” του χυμού, που είναι η αλκαλικότητα που δίνουν τα άλατα Καλίου και Νατρίου στο διήθημα 1. Η τιμή της “φυσικής αλκαλικότητας” είναι 0,02 – 0,05% CaO. Έτσι η ολική αλκαλικότητα ισούται με τη φυσική αλκαλικότητα συν την αλκαλικότητα αλάτων CaO.

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της φυσικής αλκαλικότητας, τόσο καλύτερη γίνεται η απασβέστωση του χυμού. Όταν υπάρχει μικρή φυσική αλκαλικότητα (και αυτό φαίνεται από τα πολλά άλατα ασβεστίου στο χυμό), ρίχνουμε διάλυμα σόδας στο χυμό κατά την έξοδό του από τα δοχεία 2ου κορεσμού. Η προσθήκη αυτή γίνεται μόνο όταν η τιμή του pH είναι κάτω του 8,2 γιατί η προσθήκη της σόδας προκαλεί αύξηση του ποσοστού της μελάσσας. Η θερμοκρασία στο 2ο κορεσμό πρέπει να είναι από 92 – 95°C (για να επιτευχθεί διάσπαση των δισανθρακικών αλάτων και περιορισμός της σκληρότητας του χυμού).

Σε ορισμένα εργοστάσια, η θερμοκρασία αυτή ξεπερνά τους 100°C που συμβάλλει βέβαια στη διάσπαση των δισανθρακικών, αλλά συντελεί στην αύξηση κατανάλωσης ατμού, γιατί συνδέεται με πολλές θερμικές απώλειες. Καλή απομάκρυνση των δισανθρακικών επιτυγχάνεται με χρόνο παραμονής του χυμού μετά το 2<sup>ο</sup> κορεσμό σε δοχείο με ανάδευση για χρόνο τουλάχιστον 20 λεπτά. Η συνέχεια του 2<sup>ου</sup> κορεσμού αναλύεται παρακάτω.<sup>[16][17]</sup>

#### **1.5.6.4.1. Φιλτράρισμα λασποχυμού**

Το φιλτράρισμα λασποχυμού 2<sup>ου</sup> κορεσμού γίνεται με φιλτρόπρεσσες, φίλτρα κηρίων ή φίλτρα καθιζητήρες. Το διήθημα που προκύπτει είναι ο αραιός χυμός, που μετά τη διόδου από προθερμαντήρες οδηγείται στην 1<sup>η</sup> βαθμίδα συμπύκνωσης. Σε ορισμένα εργοστάσια το δεύτερο διήθημα υφίσταται θείωση και στη συνέχεια φιλτράρισμα σε φίλτρα ασφαλείας και μετά τη διόδου του από προθερμαντήρες οδηγείται στην 1<sup>η</sup> βαθμίδα συμπύκνωσης.

Η λάσπη από το φιλτράρισμα του λασποχυμού του 2ου κορεσμού και εκείνη των φίλτρων ασφαλείας, όπου υπάρχουν, μπορεί να οδηγηθεί ή στο δοχείο της ψυχράς ασβέστωσης ή στο δοχείο αναμονής 1<sup>ου</sup> κορεσμού.<sup>[9][10]</sup>

#### 1.5.6.4.2. Παράγοντες που επηρεάζουν το φιλτράρισμα

##### (α) Η υφή της λάσπης.

- Όταν η λάσπη (ίζημα) είναι κοκκώδης και κρυσταλλική, η διήθηση γίνεται γρήγορα.
- Όταν τα μόρια της λάσπης είναι λεπτόκοκκα, η διήθηση είναι βραδεία γιατί φράσσονται οι διηθητικοί πόροι του πλακούντα και προβάλλουν έτσι μεγαλύτερη αντίσταση.
- Όταν η λάσπη δεν είναι ομοιόμορφη, δηλαδή αποτελείται από πολύ μεγάλα και πολύ μικρά μόρια, η διήθηση παρεμποδίζεται πάλι για τον παραπάνω λόγο.
- Όταν η λάσπη είναι ζελατινώδης είναι η πιο δύσκολα διηθούμενη λάσπη. Αυτή σχηματίζεται όταν δεν λειτουργεί καλά ο καθαρισμός χυμού.<sup>[10][16]</sup>

##### (β) Η διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο πλευρών του πλακούντα της λάσπης.

Η δύναμη δυναμική που εξαναγκάζει το χυμό να περάσει μέσα από τους τριχοειδείς πόρους του πλακούντα. Όταν ο πλακούντας της λάσπης έχει τέτοια σύσταση ώστε να μη συμπιέζεται (δηλαδή να μένει αφράτη επάνω στο φιλτρόπανο), τότε η ταχύτητα διήθησης είναι απ' ευθείας ανάλογη με τη διαφορά πίεσης και τότε η διήθηση γίνεται γρήγορα. Όταν ο πλακούντας της λάσπης συμπιέζεται εύκολα, τότε οι πόροι του πλακούντα στενεύουν και η διήθηση επιβραδύνεται.

Η πίεση εκείνη στην οποία έχουμε την πιο μεγάλη ταχύτητα διήθησης για μια ορισμένη λάσπη λέγεται "κρίσιμη πίεση". Όταν έχουμε τιμές μεγαλύτερες της κρίσιμης πίεσης, τότε πρέπει να γίνεται καθαρισμός των φίλτρων και πλύση των φιλτρόπανων με διάλυμα υδροχλωρικού οξέος 3%.<sup>[17][18]</sup>

##### (γ) Η θερμοκρασία

Η υψηλή θερμοκρασία ελαττώνει το ιξώδες των υγρών, γι' αυτό και οι λασποχυμοί πριν τη διήθηση θερμαίνονται γύρω στους 90°C.

##### (δ) Η διάρκεια διήθησης

Όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος λειτουργίας ενός φίλτρου, τόσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του πλακούντα της λάσπης και, κατά συνέπεια, μεγαλύτερη η αντίσταση στη ροή

του χυμού, αποτέλεσμα της οποίας είναι η ελάττωση της ταχύτητας διήθησης.<sup>[17]</sup>

#### **1.5.6.5. Προβλήματα που παρουσιάζονται κατά τον καθαρισμό χυμού, πιθανά αίτια και αντιμετώπιση**

Αφροί στο δοχείο 1ου κορεσμού σημαίνει ότι:

- Δεν έχουν καταστραφεί οι αφρογόνες ουσίες στην κύρια ασβέστωση (απαιτείται η χρήση αντιαφριστικών).
- Έχει διακοπεί ή μειωθεί η παροχή αερίου κορεσμού, σαν συνέπεια σταματήματος της αντλίας παροχής αερίου CO<sub>2</sub>.

Όταν ο λασποχυμός 1ου κορεσμού δεν κατακάθεται γρήγορα μπορεί να οφείλεται στη χαμηλή θερμοκρασία του 1ου κορεσμού ή στην ελλειπή προσθήκη ασβεστογάλακτος στην κύρια ασβέστωση.

Όταν ο λασποχυμός κατακάθεται πολύ γρήγορα, αλλά το διήθημα 1 είναι θολό, σημαίνει ότι το διήθημα είναι υπερκορεσμένο και το pH του είναι μικρότερο του 11,0.

Όταν η λάσπη του 1<sup>ου</sup> κορεσμού είναι πολύ μαλακή, μπορεί να οφείλεται (α) σε όχι σωστή λειτουργία του δοχείου της προασβέστωσης, (β) στη μικρή προσθήκη ασβεστογάλακτος, τόσο στην προασβέστωση, όσο και στην κύρια ασβέστωση, (γ) σε λάθη κατά τον κορεσμό (μικρή αλκαλικότητα), (δ) στην περιεκτικότητα πολλών κολλοειδών στο χυμό, (ε) στη μεγάλη περιεκτικότητα πουλπιδίων του ακατέργαστου χυμού (κακή λειτουργία του διαχωριστή) και (στ) σε μικροβιολογική μόλυνση στην εκχύλιση.

Όταν η λάσπη των φίλτρων κενού έχει μεγάλο POL, μπορεί να οφείλεται (α) στις πολλές στροφές του τυμπάνου, (β) στη μικρή ποσότητα του νερού που ψεκάζεται, (γ) στην κακή ποιότητα της λάσπης και (δ) στην υψηλή κατεργασία.

Όταν το φιλτρόπανο σκληραίνει, οφείλεται στην αντίδραση μεταξύ ασβέστου (που περιέχεται στο χυμό) και διοξειδίου του άνθρακα (του συμπυκνώματος) πάνω στο πανί, με σχηματισμό ανθρακικού ασβεστίου.

Όταν το χρώμα του διηθήματος II δεν είναι λαμπερό, τότε (α) αν είναι πρασινωπό, οφείλεται στη μεγάλη παραμονή του χυμού κατά την παραγωγική διαδικασία (το οξυγόνο ενώθηξε με τον σίδηρο του χυμού και δημιουργήθηκαν νέες χρωστικές), ενώ (β) αν είναι καφέ, σημαίνει ότι δεν ολοκληρώθηκε η καταστροφή του ιμβερτοζάχαρου στην κύρια ασβέστωση, διότι δεν ήταν υψηλή η θερμοκρασία ή ήταν μικρός ο χρόνος παραμονής του

χυμού στο δοχείο της κύριας ασβέστωσης, ή το pH του χυμού δεν ήταν κατάλληλο.

Πολύ υψηλό pH στην κυρίως ασβέστωση μπορεί να προκαλέσει καταστροφή ζάχαρης και αύξηση του χρώματος.

Όταν η περιεκτικότητα αλάτων είναι υψηλή, μπορεί να οφείλεται (α) στη μακρά παραμονή των τεμαχιδίων στην εκχύλιση, (β) στη μεγάλη θερμοκρασία της εκχύλισης, (γ) στην κακή ποιότητα του νερού εκχύλισης (νερό αλκαλικό), (δ) στην κακή ποιότητα των τεύτλων ή των διαφόρων χυμών, (ε) στη μικρή προσθήκη ασβεστογάλακτος στην κύρια ασβέστωση, (στ) στην απότομη αύξηση του pH στην προασβέστωση και (ζ) στη μικρή παραμονή του χυμού στην προασβέστωση.

Όταν η φυσική αλκαλικότητα είναι χαμηλή και το pH του πυκνού χυμού μικρότερο του 8,4, τότε προστίθεται σόδα.

Όταν έχουμε υποκορεσμό στο 2<sup>ο</sup> κορεσμό, ο χυμός επιβαρύνεται με αλκάλια που καταστρέφουν τη ζάχαρη και δημιουργούν μεγάλη πτώση της αλκαλικότητας στη συμπύκνωση.

Όταν έχουμε καλά τεύτλα και η φυσική αλκαλικότητα είναι υψηλή, συνιστάται να διατηρείται ελαφρώς υποκορεσμός στο 2<sup>ο</sup> κορεσμό (τότε έχουμε χρώμα και αλκαλικότητα πυκνού χυμού σε ανεκτά όρια).

Όταν έχουμε υπερκορεσμό στο 2<sup>ο</sup> κορεσμό, τότε δημιουργούνται όξινα ανθρακικά άλατα, που στη συμπύκνωση διασπώνεται σε ανθρακικό ασβέστιο, με αποτέλεσμα τις έντονες επικαθίσεις. Η θείωση του χυμού όταν είναι υπερκορεσμένος δημιουργεί πρόσθετες επικαθίσεις στη συμπύκνωση.

Στο σταθμό των φίλτρων θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να αποφεύγονται τυχόν υπερχειλίσεις των δοχείων χυμών που αυξάνουν τις απροσδιόριστες απώλειες.

Κάθε δοχείο πρέπει να έχει στο άνω μέρος ένα σημείο υπερχειλίσης και να καταλήγει σε ένα κοινό δοχείο που θα βρίσκεται σε χαμηλότερη στάθμη, όπως γίνεται στο Πλατύ, όπου όλες οι υπερχειλίσεις καταλήγουν στο δοχείο ψυχρής ασβέστωσης, χωρητικότητας περίπου 400m<sup>3</sup>. Αν αυτό δεν είναι εφικτό, να καταλήγουν σε κανάλι περισυλλογής που θα βρίσκεται στο ισόγειο, με υπόγειο φρεάτιο περισυλλογής και κατακόρυφη αντλία ανάκτησης. Οι ανακτώμενοι χυμοί από το φρεάτιο περισυλλογής πρέπει να εισάγονται στην ψυχρή ή θερμή ασβέστωση και όχι στην προασβέστωση που είναι ευαίσθητη. Καλή λειτουργία του καθαρισμού χυμού εξασφαλίζεται με σταθερή παροχή χυμού και σταθερές

όλες τις άλλες παραμέτρους λειτουργίας.<sup>[20]</sup>

#### **1.5.6.6. Αποσκλήρυνση αραιού χυμού με εναλλακτές ιόντων**

Η χρησιμοποίηση των εναλλακτών ιόντων στην παραγωγή ζάχαρης (υπάρχει η δυνατότητα αυτή στο εργοστάσιο Ξάνθης) γίνεται με εναλλαγή του ασβεστίου – με νάτριο – του αραιού χυμού (αποσκλήρυνση), όπου αποφεύγεται ή περιορίζεται η δημιουργία επικαθήσεων στις συσκευές συμπύκνωσης και κρυστάλλωσης. Σαν μέσο αναγέννησης των ρητινών χρησιμοποιείται το NaCl. Πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η διατήρηση της δυναμικότητας της συμπύκνωσης και η λήψη καλύτερης ποιότητας ζάχαρης. Μειονεκτήματα είναι το υψηλό κόστος του χρησιμοποιούμενου άλατος, η αύξηση του ποσοστού μελάσσας (επειδή το νάτριο είναι περισσότερο μελασσογενές από το ασβέστιο) και η ευκολότερη διάβρωση των αυλών της συμπύκνωσης, λόγω μείωσης της ρυθμιστικότητας.

Μια άλλη μέθοδος αναγέννησης της ρητίνης είναι η μέθοδος GRILLUS που χρησιμοποιεί τον πυκνό χυμό σαν μέσο εναλλαγής του καλίου του πυκνού χυμού με το ασβέστιο της ρητίνης.

Τέλος, τα εναλλακτικά ιόντα χρησιμοποιούνται και μέσω της ολοκληρωτικής αφαλάτωσης των χυμών, δηλαδή με απομάκρυνση των κατιόντων και ανιόντων, που έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης και μείωση του ποσοστού μελάσσας.<sup>[7][8]</sup>

#### **1.5.7. Θέρμανση των χυμών**

Για την προθέρμανση του χυμού πριν τη θερμή ασβέστωση, πρέπει να χρησιμοποιούνται διαδοχικά τα εξής μέσα:

- Θέρμανση με αχνούς κρυστάλλωσης του χυμού εκχύλισης.
- Θερμό συμπύκνωμα ατμών από το σταθμό συμπύκνωσης, θερμοκρασίας 95 – 100°C, που μετά την ψύξη από τους εναλλάκτες χρησιμοποιείται για την πλύση της λάσπης των περιστροφικών φίλτρων και για άλλες ανάγκες των περιστροφικών φίλτρων.
- Αχνοί 5<sup>ης</sup> βαθμίδας και αχνοί 4<sup>ης</sup> βαθμίδας.

Για τον προθερμαντήρα πριν τα φίλτρα 1ου κορεσμού, εφ' όσον υπάρχει, μπορούν να



χρησιμοποιηθούν αχνοί 4<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> βαθμίδας. Για τον προθερμαντήρα πριν το 2ο κορεσμό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αχνοί 3<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> βαθμίδας. Τέλος, για τους προθερμαντήρες αραιού χυμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαδοχικά αχνοί 4<sup>ης</sup>, 3<sup>ης</sup>, 2<sup>ης</sup>, 1<sup>ης</sup> βαθμίδας και απ' ευθείας ατμός εξαγωγής στροβίλων. [7][15]

### **1.5.8. Σταθμός συμπύκνωσης**

Σκοπός του σταθμού συμπύκνωσης είναι η απομάκρυνση της μεγαλύτερης ποσότητας του νερού από τον αραιό χυμό, ώστε να οδηγηθεί στην κρυστάλλωση ένα σιρόπι (πυκνός χυμός) με Βχ πάνω από 60. Σ' ένα εργοστάσιο π.χ. 8.000 τόννων τεύτλων/24ωρο πρέπει να εξατμισθεί στο σταθμό συμπύκνωσης 8.000 τόνοι νερό.

Αν η εξάτμιση δεν ολοκληρωθεί στο σταθμό συμπύκνωσης, ολοκληρώνεται στο σταθμό κρυστάλλωσης με αποτέλεσμα μείωση της δυναμικότητας του σταθμού κρυστάλλωσης και αύξηση της κατανάλωσης ατμού και καυσίμου του εργοστασίου.

Σκοπός επίσης της συμπύκνωσης είναι η διανομή ατμών της κατάλληλης θερμοκρασίας και πίεσης στα διάφορα σημεία όπου χρειάζεται ατμός (κυρίως εκχύλιση, καθαρισμός χυμού, κρυστάλλωση, ξηραντήριο ζάχαρης).<sup>[17]</sup>

#### **1.5.8.1. Βασικές αρχές λειτουργίας της συμπύκνωσης**

Ο αραιός χυμός μετά τον καθαρισμό χυμού με 12 – 15% σε ξηρά συστατικά (Βχ) από τα οποία 11 – 14% περιεκτικότητα σε ζάχαρη, συμπυκνώνεται σε πυκνό χυμό με 60 – 70% Βχ και 56 – 65% περιεκτικότητα σε ζάχαρη.

Αυτό επιτυγχάνεται στο σταθμό συμπύκνωσης σε βαθμίδες. Συνήθως χρησιμοποιούνται 4 ή 5 βαθμίδες συμπύκνωσης με ένα ή περισσότερα σώματα. Το κάθε δοχείο – σώμα έχει στο εσωτερικό του κατακόρυφους σωλήνες (αυλούς) μέσα στους οποίους κυκλοφορεί χυμός, ενώ στο εξωτερικό ατμός που συμπυκνώνεται σε νερό. Το νερό που παράγεται από τη συμπύκνωση του ατμού στην 1η βαθμίδα μαζί με λίγο συμπλήρωμα από τη 2η βαθμίδα χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των λεβήτων (γι' αυτό θα πρέπει πάντα να είναι ελεύθερο ιχνών ζάχαρης).

Για να επιτευχθεί η επιθυμητή συμπύκνωση του χυμού με κατά το δυνατόν μικρότερη κατανάλωση ατμού, κάθε σώμα συμπύκνωσης θερμαίνεται με αχνούς από το αμέσως

προηγούμενο σώμα. Το 1ο σώμα συμπύκνωσης θερμαίνεται με ατμό στροβίλων και λεβήτων, μετά από μείωση της πίεσης και ψύξη. Εδώ ο ατμός δίνει τη θερμότητά του και συμπύκνωμα. Ο συμπυκνούμενος χυμός της 1ης βαθμίδας αποδίδει αχνό που θερμαίνει τη 2η βαθμίδα κοκ.

Σε ορισμένα εργοστάσια της EBZ εφαρμόζεται η θερμοσυμπίεση, κατά την οποία μέρος αχνών 2ης βαθμίδας, μέσω του ατμοθαλάμου της 3<sup>ης</sup> βαθμίδας, μετά από ανάμιξη με ατμό υψηλής πίεσης από τους λέβητες, επανεισάγεται στον ατμοθάλαμο της 1ης βαθμίδας. Επιτυγχάνεται έτσι οικονομία καυσίμων. Είναι επίσης δυνατή η ανακύκλωση ατμού 1ης βαθμίδας μέσω του ατμοθαλάμου της 2ης βαθμίδας.

Η συμπύκνωση του αραιού χυμού συνοδεύεται από διάφορες χημικές διαδικασίες που οφείλονται κυρίως στην αλλαγή των συνθηκών διαλυτότητας και στις αμοιβαίες αντιδράσεις των ουσιών που είναι διαλυμένες, στις υψηλές συγκεντρώσεις και στις σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, όπως για παράδειγμα:

- Η διάσπαση του αμιδικού αζώτου με έκλυση  $\text{NH}_3$ , που συμβαίνει όταν δεν γίνεται σωστά ο καθαρισμός χυμού.
- Η μερική οξειδωτική διάσπαση της ζάχαρης.
- Η μείωση του pH.
- Ο σκοτεινός χρωματισμός, που προέρχεται από καραμελοποίηση και σχηματισμό μελανοϊδινών.
- Οι αποθέσεις αλάτων (ασβεστίου κλπ).

Κατά τη λειτουργία του σταθμού συμπύκνωσης πρέπει να τηρούνται ευνοϊκές στάθμες χυμού και πίεσης ατμών. Η στάθμη του χυμού μπορεί να ρυθμιστεί στα επί μέρους σώματα με το χέρι ή καλύτερα αυτομάτως. Σε κάθε σώμα συμπύκνωσης πρέπει να προσάγεται τόσος χυμός, ώστε η θερμαινόμενη επιφάνεια να καλύπτεται με ζέοντα χυμό ακριβώς. Σε περίπτωση με ζέοντος χυμού είναι γεμάτη ως τη μέση. Η φαινόμενη στάθμη στους σωλήνες ένδειξης στάθμης πρέπει να τηρείται περίπου στο 1/3 στα πρώτα σώματα και μέχρι το μισό στα τελευταία. Μια πολύ χαμηλή στάθμη χυμού οδηγεί σε σχηματισμό καραμέλας, ενώ μια υψηλή στάθμη περιορίζει την ταχύτητα ροής του μίγματος χυμού – ατμού στους αυλούς θέρμανσης και περιορίζεται έτσι ο συντελεστής θερμικής μεταφοράς.

Η πίεση του σταθμού εισαγωγής στην 1<sup>η</sup> βαθμίδα πρέπει να είναι τόση, ώστε να εξασφαλίζεται μια πίεση ατμού εξόδου από την 3<sup>η</sup> βαθμίδα μερικά δέκατα της

ατμόσφαιρας (0,2 – 0,5 atm), δηλαδή 104 – 111°C και να εξασφαλίζεται η χρήση ατμών 3ης βαθμίδας στην κρυστάλλωση.

Όταν ο σταθμός συμπύκνωσης δεν αποδίδει, λόγω επικαθήσεων αλάτων, στη θερμαινόμενη επιφάνεια πρέπει να αυξηθεί η πίεση του εισερχόμενου ατμού στην 1η βαθμίδα (αντίθλιψη του στροβίλου). Αύξηση όμως της αντίθλιψης μειώνει την απόδοση του στροβίλου. Η πίεση αυτή δεν πρέπει να ξεπερνά τις 3atm (ένδειξη μανομέτρου), που σημαίνει ότι η θερμοκρασία του χυμού στο πρώτο σώμα δεν πρέπει να ξεπερνά τους 130°C (κατά προτίμηση περίπου 125°C).

Μείωση της πίεσης και θερμοκρασίας στην τελευταία βαθμίδα της συμπύκνωσης, πχ. μέχρι 80°C, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της δυναμικότητάς της. Όταν ο σταθμός συμπίκνωσης έχει υψηλή δυναμικότητα μπορεί να μειωθεί μέσω της μείωσης της αντίθλιψης ή μέσω μεταφοράς των καταναλώσεων αχνών της κρυστάλλωσης, από την 3η στη 2<sup>η</sup> βαθμίδα. Όταν συγκεντρωθεί αέρας, αμμωνία ή άλλα μη συμπυκνώσιμα αέρια στους θαλάμους θέρμανσης, εμποδίζεται η θερμική μεταφορά, γιατί ο ατμός δεν έρχεται σε επαφή με τη θερμαινόμενη επιφάνεια. Για το λόγο αυτό τα μη συμπυκνώσιμα αέρια πρέπει να απομακρύνονται συνέχεια.

Για την παρακολούθηση της λειτουργίας της συμπύκνωσης, συμβάλλει θετικά η καταγραφή των θερμοκρασιών και πιέσεων των ατμών και των δευτερογενώς παραγομένων ατμών (αχνών), που μπορεί να γίνεται και με αυτόματη συνεχή καταγραφή. Αύξηση της διαφοράς των θερμοκρασιών δείχνει αύξηση των επικαθήσεων. Με προσθήκη βοηθητικού αντικαθαλτωτικού σε ποσοστό αθροιστικά μέχρι 10ppm στον αραιό χυμό και σε δύο – τρία σημεία μεταξύ των σωμάτων συμπύκνωσης, μπορεί να επιτευχθεί ομαλή λειτουργία 100 ημερών, χωρίς διακοπή, για τον καθαρισμό των σωμάτων συμπύκνωσης από επικαθήσεις.<sup>[11][12][13]</sup>

### **1.5.8.2. Προβλήματα που παρουσιάζονται στο σταθμό συμπύκνωσης, πιθανά αίτια και αντιμετώπιση**

Όταν η απόδοση της συμπύκνωσης δεν είναι ικανοποιητική και το Bx είναι μικρότερο του 60, πιθανές αιτίες είναι:

- Οι επικαθήσεις που υπάρχουν στους αυλούς.
- Η συγκέντρωση αέρα, αμμωνίας ή άλλων μη συμπυκνώσιμων αερίων στους

ατμοθαλάμους που θα πρέπει να απομακρυνθούν.

- Η ανεπαρκής απομάκρυνση του συμπυκνώματος.
- Όταν η πίεση και η θερμοκρασία ατμού στο θερμοθάλαμο έχουν μειωθεί, συνήθως συμβαίνει να μην έχουν απομακρυνθεί πλήρως ο αέρας και η αμμωνία από τον ατμοθάλαμο. Ο αφρισμός των χυμών αποδίδεται στα εξής:
- Στην περιεκτικότητα πολλών οργανικών μη ζαχάρων στο χυμό.
- Στην απότομη πτώση των πιέσεων των χυμοθαλάμων.
- Στην κακή λειτουργία του καθαρισμού χυμού (η χρήση αντιαφριστικών βοηθάει προσωρινά, είναι όμως πιθανό να δημιουργήσει πρόσθετες επικαθήσεις).
- Όταν το χρώμα του πυκνού χυμού δεν είναι καλό, μπορεί να οφείλεται:
- Στην ύπαρξη πολύ ιμβερτοζάχαρου, λόγω κακής λειτουργίας της κυρίως ασβέστωσης.
- Στην ύπαρξη καραμέλας (η ζάχαρη καίγεται στους αυλούς). Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυξάνουμε τη στάθμη του χυμού.
- Στην υψηλή θερμοκρασία. Για άνοδο κατά 10°C το χρώμα του χυμού τριπλασιάζεται.
- Στην κακή ποιότητα των τεύτλων (λόγω ασθενειών ή μακράς παραμονής τους στα σιλό).

Υπερβολική πτώση αλκαλικότητας στη συμύκνωση σημαίνει ότι δεν δουλεύει σωστά η κυρίως ασβέστωση, ή δεν υπάρχει επαρκής φυσική αλκαλικότητα. Αύξηση της αλκαλικότητας στη συμύκνωση σημαίνει ότι ο αραιός χυμός είναι υπερκορεσμένος από το 2° κορεσμό.

Άσπρες επικαθήσεις στα φιλιστρίνια οφείλονται στο οξαλικό ασβέστιο. Αν οι επικαθήσεις είναι έντονες, ελέγχουμε την κυρίως ασβέστωση. Όταν υπάρχουν ίχνη ζάχαρης στο συμπύκνωμα της 1ης βαθμίδας, σημαίνει έλλειψη στεγανότητας ή διάτρηση στους αυλούς. Τα ίχνη της ζάχαρης παρουσιάζονται όταν η πίεση στο χώρο του χυμού γίνει μεγαλύτερη από την πίεση στο χώρο του ατμού, που συμβαίνει μόνο στην περίπτωση σταματήματος. Τέλος, όταν εμφανιστούν ίχνη ζάχαρης στο συμπύκνωμα της 2<sup>ης</sup> βαθμίδας, οφείλονται συνήθως στο συμπαρασυρμό ιχνών ζάχαρης. Αυτό αποφεύγεται με τη χρησιμοποίηση δακτυλίων RASHIG, σαν χυμοπαγίδες.<sup>[10][14][15]</sup>



### 1.5.8.3. Χημικός καθαρισμός των σωμάτων συμπύκνωσης

Όταν οι επικαθήσεις στη θερμαντική επιφάνεια της συμπύκνωσης μειώσουν το συντελεστή μεταφοράς θερμότητας, γίνεται αναγκαία η διακοπή της λειτουργίας για καθαρισμό ορισμένων σωμάτων, ιδίως των τελευταίων της συστοιχίας, όπου οι επικαθήσεις είναι πιο έντονες. Μπορεί να εκμεταλλευθεί κανείς διακοπή προσκόμισης τεύτλων, λόγω βροχής, για να κάνει την πλύση.

Ο καθαρισμός των σωμάτων γίνεται με πλύση με βρασμό επί 8 ώρες, με διάλυμα ανθρακικής σόδας 8% για μετατροπή του οξαλικού ασβεστίου σε ανθρακικό. Μετά την απομάκρυνση των προϊόντων της πρώτης αλκαλικής πλύσης, ακολουθεί δεύτερη αλκαλική πλύση με ανθρακική σόδα με την ίδια αναλογία. Έπειτα από πλύση με νερό, ακολουθεί πλύση με διάλυμα HCl και σύγχρονη προσθήκη αντιδιαβρωτικού. Θα πρέπει η περιεκτικότητά του να διατηρείται στο 1%. Αυτό επιτυγχάνεται με συνεχή έλεγχο με αναλύσεις και νέα προσθήκη HCl. Η θερμοκρασία δεν πρέπει να ξεπερνά τους 100°C, ενώ γίνεται συνεχής κυκλοφορία με αντλία. Ακολουθεί εξουδετέρωση με ανθρακική σόδα (βρασμός επί 24 ώρες).

Ο παραπάνω καθαρισμός όταν γίνεται κατά τη διάρκεια της καμπάνια, αποτελεί λεπτό χειρισμό, γιατί στα διπλανά σώματα κυκλοφορεί χυμός και υπάρχει κίνδυνος διεύδυσης σόδας ή οξέος στο χυμό ή στα συμπυκνώματα, σε περίπτωση ανεπαρκούς στεγανότητας των βαλβίδων διαχωρισμού. Ο καθαρισμός των σωμάτων, μετά το τέλος λειτουργίας του σταθμού γίνεται με την ίδια διαδικασία αρχίζοντας από τα τελευταία σώματα, κατά το διάστημα που γίνεται εξάντληση της Β' δάσης. Το πρώτο σώμα μπορεί να καθαριστεί με οξύ, όταν θα έχει σταματήσει πλέον ο στρόβιλος.

Ορισμένα ιζήματα που περιέχουν καραμέλα και απανθρακωμένη ζάχαρη μπορούν να καθαριστούν μόνο με βρασμό με καυστική σόδα. Οι ανοξείδωτοι αυλοί τύπου AISI 304 (χρωμονικελιούχοι – ωστενικοί) είναι σχετικά ανθεκτικοί στο υδροχλωρικό οξύ κατά την παραπάνω κατεργασία, ενώ οι ανοξείδωτοι αυλοί τύπου AISI 403 (χρωμιούχοι – φερριτικοί), είναι πολύ ευπαθείς και συστήνεται η αλκαλική μόνο πλύση τους με NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> και Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, που υποβοηθείται και με μηχανικό καθάρισμα.<sup>[8][20]</sup>

### 1.5.8.4. Δοκιμές πριν τη λειτουργία

Πριν την καμπάνια πρέπει απαραίτητως να γίνονται ψυχρές και θερμές δοκιμές για να

ελεγχθούν τα κυκλώματα για τυχόν διαρροές.

#### **1.5.9. Μέτρα για τον περιορισμό της κατανάλωσης ατμού και ενέργειας**

- Συνεχής αξιοποίηση της υπάρχουσας δυναμικότητας επεξεργασίας και περιορισμός στενών περασμάτων στην παραγωγική διαδικασία. Μειωμένη κατεργασία αυξάνει την ειδική κατανάλωση θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, γιατί οι απώλειες αυξάνουν ποσοστιαία και σε μερικές περιπτώσεις εκθετικά.
- Απλό και ελεγχόμενο θερμικό σχήμα χωρίς πλεονάζουσες συνδέσεις για αποφυγή μη ελεγχόμενων ροών μεταξύ των βαθμίδων εξάτμισης.
- Αύξηση του Βχ πυκνού χυμού και ζαχαροδιαλύματος σε τιμές το ελάχιστον 65 – επιθυμητό 70Βχ.
- Αραίωση χυμού εκχύλισης 106 – 110%ε.τ.
- Αξιοποίηση της θερμότητας των συμπυκνωμάτων με εκτόνωση από βαθμίδα σε βαθμίδα.
- Αποφυγή εκτόνωσης συμπυκνωμάτων ή ροής ατμού στην ατμόσφαιρα.
- Χρησιμοποίηση απλού σχήματος κρυστάλλωσης προς αποφυγή αχρήστων ανακρυσταλλώσεων. Ανάμιξη εάν το επιτρέπει η ποιότητα Β' ζάχαρης με την Α'.
- Περιορισμός χρήσης νερού στην κρυστάλλωση (μετρητές).
- Χρήση αραιού χυμού και όχι νερού στην παρασκευή ζαχαροδιαλύματος.
- Θέρμανση των σιροπίων μέσω προθερμαντήρων ή με δεύτερο ατμό, όταν είναι απ' ευθείας.
- Καμμία χρήση ζωντανού ατμού για θερμάνσεις, εκτός από τον τελευταίο προθερμαντήρα αραιού χυμού.
- Χρήση Β' ατμού στο ξηραντήριο ζάχαρης.
- Έλεγχος των διατομών αγωγών ατμού, μήπως υπάρχουν στενά περάσματα ή θέσεις στραγγαλισμού, που προκαλούν πτώση πίεσης και θερμοκρασίας.
- Προσεκτικός καθαρισμός των θερμαινόμενων επιφανειών όλων των συσκευών μεταφοράς θερμότητας και περιορισμού των επικαθήσεων κατά την καμπάνια (προσοχή στις μολύνσεις που αυξάνουν τα άλατα ασβεστίου). Χρήση

αντιαποθετικών ή αποσκήρυνση χυμού.

- Επιμελής μόνωση όλων των αγωγών και συσκευών που έχουν θερμοκρασία πάνω από 50 – 60°C.
- Αποφυγή ενδιάμεσης ψύξης από το χυμό εκχύλισης μέχρι τον αραιό χυμό με συνεχή τρόπο εργασίας. Αποφυγή χρήσης ενδιάμεσων δοχείων, που δεν χρειάζονται και περιορισμός ανοικτών δοχείων, όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή.
- Συνεχής και επιμελής ενεργειακός έλεγχος (ισοζύγιο θερμότητας, καυσαέρια λεβήτων) παραγωγής χυμού εκχύλισης χαμηλής θερμοκρασίας και θέρμανσή του με απορριπτόμενη θερμότητα (αχνοί κρυστάλλωσης, συμπυκνώματα, αχνοί 5ης βαθμίδας).
- Πρώτη ύλη (τεύτλα) υψηλής καθαρότητας. Με καθαρότητα πυκνού χυμού 94, σε σύγκριση με καθαρότητα 91, επιτυγχάνεται μείωση κατανάλωσης ατμού κατά 3kg/100kg τεύτλων. Χαμηλά άλατα ασβεστίου και χαμηλά χρώματα στον πυκνό χυμό ευνοούν την ενεργειακή οικονομία.
- Παραγωγή ατμού υψηλής πίεσης 45 – 75BAR, 450° - 500°C και αποφυγή στραγγαλισμού του ατμού σε εγκαταστάσεις μείωσης της πίεσης.
- Χρήση θερμικής ή καλύτερα μηχανικής συμπίεσης αχνών (από δεύτερη βαθμίδα μέσω ατμοθαλάμου τρίτης και σε ατμοθάλαμο πρώτης).
- Χρήση αχνών τρίτης και κατά προτίμηση τέταρτης βαθμίδας στην κρυστάλλωση.
- Η χρήση αυτοματισμών ευνοεί την οικονομία θερμότητας.<sup>[16][17]</sup>

#### 1.5.10. Σταθμός κρυστάλλωσης

Ο πυκνός χυμός που προκύπτει από τη συμπύκνωση μετά από διήθηση και ενδεχομένως θείωση, οδηγείται στο σταθμό κρυστάλλωσης για την παραλαβή της ζάχαρης (ζαχαρόζης). Αυτή γίνεται σε δύο στάδια:

- 1ο Στάδιο: στις συσκευές κρυστάλλωσης και ανάμιξης σχηματίζονται οι κρύσταλλοι της ζάχαρης.
- 2ο Στάδιο: στις φυγοκέντρους δίνεται ο διαχωρισμός της ζάχαρης από το μητρικό σιρόπι.

Σκοπός εργασίας της κρυστάλλωσης είναι η υψηλή απόδοση σε κρυστάλλους με την κατά το δυνατόν μεγαλύτερη εξάντληση του μητρικού σιροπιού, η δημιουργία ζαχαρόμαζας που να μπορεί εύκολα να φυγοκεντρηθεί και η δημιουργία καλής ποιότητας ζάχαρης. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τους παραπάνω στόχους είναι ο βαθμός υπερκορεσμού του μητρικού σιροπιού, το ιξώδες του, το είδος και η ποσότητα των μη ζαχάρων, η ταχύτητα κρυστάλλωσης και η διαφορά θερμοκρασίας.<sup>[12][13]</sup>

#### **1.5.10.1. Κρυστάλλωση**

Η επεξεργασία του πυκνού χυμού σε ζαχαρόμαζα (έψηση) γίνεται σε συσκευές κενού, έτσι ώστε το νερό εξατμίζεται, η συσκευή τροφοδοτείται αντίστοιχα με πυκνό χυμό. Ανεξάρτητα συσκευής, κάθε συσκευή κρυστάλλωσης έχει τα εξής τμήματα:

- Το χώρο της ζαχαρόμαζας.
- Θερμαντικό σώμα (με κατακόρυφους σωλήνες).
- Διατάξεις εισαγωγής σιροπιών και άλλων υλών.
- Διάταξη συγκράτησης των σταγονιδίων της ζαχαρόμαζας που παρασύρονται από τους χυμούς (χυμοπαγίδα).
- Σύνδεση της συσκευής μέσω δικλείδας με τον καταρράκτη ψύξης των ατμών.
- Διατάξεις εκροής της ζαχαρόμαζας και εισαγωγής ατμού.
- Διατάξεις για τον έλεγχο της έψησης (παράθυρα παρατηρήσεως, κρουνοί ελέγχου, θερμόμετρο, δείκτη κενού κλπ).

Η συσκευή πριν από κάθε έψηση πρέπει να καθαρίζεται από τους κρυστάλλους της προηγούμενης έψησης. Η διαδικασία έψησης διακρίνεται σε τρία μέρη: (α) το σχηματισμό κρυστάλλων, (β) την αύξηση των κρυστάλλων και (γ) την τελική έψηση της ζαχαρόμαζας.

##### (α) Σχηματισμός κρυστάλλων

Όταν ο δείκτης κενού δείχνει 25 – 35cm κενό, εισάγεται στον κρυσταλλωτήρα μια ποσότητα χυμού (περί το 1/3 της δυναμικότητας της συσκευής) που συμπυκνώνεται σε θερμοκρασία 80 – 85°C (στην περίπτωση που κατεργαζόμαστε υγιή τεύτλα) ή στους 88 – 90°C (όταν ο πυκνός χυμός προέρχεται από χαλασμένα, κτυπημένα ή άγουρα τεύτλα), ποτέ όμως πάνω από 92°C (διότι στις υψηλές θερμοκρασίες εμφανίζεται έντονη αποσύνθεση της ζάχαρης).



Όταν επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός υπερκορεσμού, γίνεται ο εμβολιασμός του σιροπίου με γαλάκτωμα (ζάχαρης άχνης και ισοπροπυλικής αλκοόλης). Αν θέλουμε να πάρουμε μεγάλους κρυστάλλους επεμβαίνουμε σε μικρότερο βαθμό υπερκορεσμού. Αντίθετα, για μικρούς κρυστάλλους ενεργούμε σε μεγαλύτερο βαθμό υπερκορεσμού.<sup>[17]</sup>

### (β) Αύξηση των κρυστάλλων

Εφ' όσον σχηματίζονται οι κρύσταλλοι, τροφοδοτούνται με νέο μητρικό σιρόπι με προσοχή, ώστε οι κρύσταλλοι ούτε να διαλυθούν, αλλά ούτε να σχηματιστούν νέοι λεπτοί. Αυτό επιτυγχάνεται με ρύθμιση του υπερκορεσμού που πρέπει να τηρείται χαμηλότερα απ' ότι κατά τον αρχικό σχηματισμό των κρυστάλλων και μάλιστα με ρύθμιση της εξάτμισης και της εισαγωγής του χυμού.

### (γ) Τελική έψηση (σφίξιμο) της ζαχαρόμαζας

Όταν τα 3/4 της χωρητικότητας του βραστήρα έχουν γεμίσει και οι κρύσταλλοι έχουν αποκτήσει το επιθυμητό μέγεθος αρχίζει – μετά την τελευταία εισαγωγή του χυμού – η απομάκρυνση της τελικής ποσότητας νερού, μέχρι να έχουμε το επιθυμητό Βχ, περίπου 93. Η διάρκεια της έψησης εξαρτάται από την πυκνότητα και καθαρότητα των χρησιμοποιούμενων σιροπίων.

Η έτοιμη ζαχαρόμαζα είναι μίγμα διαυγών κρυστάλλων και σκοτεινόχρωμου σιροπίου με 6 – 7% νερό, περίπου 85% ζάχαρη και περίπου 8% μη ζάχαρα.

Η τελική κρυστάλλωση συνεχίζεται στους αναδευτήρες με ανάμιξη και ψύξη και επηρεάζεται από τους ίδιους παράγοντες που επηρεάζεται και η έψηση. Το μητρικό σιρόπι, που κατά το άδειασμα της της ζαχαρόμαζας στον αναδευτήρα έχει ένα βαθμό υπερκορεσμού 1,25 στους 75°C, αυξάνει τον υπερκορεσμό του, λόγω πτώσεως της θερμοκρασίας του στους 50°C, που συνήθως γίνεται η φυγοκέντριση. Η οριακή θερμοκρασία με την οποία η ζαχαρόμαζα αδειάζει από τον βραστήρα είναι 65 – 70°C.

Η διαδικασία της κρυστάλλωσης είναι η ίδια τόσο για την παραγωγή Α' ζαχαρόμαζας, όσο και για τις Β, Γ και αφφινάρισματος. Διαφέρει μόνο η καθαρότητα του σιροπίου τροφοδοσίας και ως εκ τούτου ο χρόνος έψησης, ο οποίος αυξάνει με την αύξηση της περιεκτικότητας των μη ζαχάρων.

Σε ορισμένα από τα εργοστάσια της EBZ, η παραπάνω διαδικασία κρυστάλλωσης για το

Α' προϊόν γίνεται μέσω αυτόματου συστήματος που στηρίζεται είτε στη μέτρηση της αγωγιμότητας, είτε στη μέτρηση της συνεκτικότητας.<sup>[11][15]</sup>



Εικόνα 8: Ο σταθμός κρυστάλλωσης.

#### 1.5.10.2. Φυγοκέντρηση και πλύση

Η ζάχαρη ξεχωρίζεται από το μητρικό σιρόπι με φυγοκέντρηση της ζαχαρόμαζας σε φυγοκέντρους συνεχούς ή ασυνεχούς λειτουργίας. Οι φυγόκεντροι αποτελούνται από ένα τύμπανο, που στο εσωτερικό του υπάρχει κόσκινο. Εκεί παραμένει η ζάχαρη και το μητρικό σιρόπι απομακρύνεται με τη φυγόκεντρο δύναμη. Οι φυγόκεντροι λευκής ζάχαρης διακρίνονται από τις φυγοκέντρους Β και Γ ζάχαρης από τις διατάξεις πλύσης και διαχωρισμού του μητρικού σιροπίου.

Εκτός από την πλύση με συμπύκνωμα στις φυγοκέντρους Α' προϊόντος, μπορεί να εφαρμοστεί και πλύση με ζαχαροδιάλυμα που διαρκεί 4sec στις 700στροφές/λεπτό. Στις άλλες περιπτώσεις σαν μέσον πλύσης είναι το ίδιο το μητρικό σιρόπι ή νερό θερμοκρασίας 102°C που ψεκάζεται από ακροφύσια πάνω στη στοιβάδα της ζάχαρης, μετά την απομάκρυνση του σιροπίου. Σκοπός της παραπάνω εργασίας είναι η απομάκρυνση των υπολειμμάτων σιροπίου που είναι προσκολλημένα στους κρυστάλλους.

Η εργασία στις φυγοκέντρους πρέπει να ρυθμίζεται ανάλογα με την ποιότητα των χυμών και των σιροπίων (πλήρωση ζαχαρόμαζας, έναρξη πλύσης, διάρκεια πλύσης, χρόνος

φυγοκέντρωσης κλπ). Επειδή το μητρικό σιρόπι της Γ' ζαχαρόμαζας είναι η μελάσσα, το νερό που προστίθεται στις φυγοκέντρους Γ' προϊόντος πρέπει να υπολογίζεται ανάλογα με την ποιότητα της ζαχαρόμαζας, διότι παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση και καθαρότητα της μελάσσας. Κατά τη φυγοκέντρωση πρέπει να ισχύει η σχέση:

$$\frac{MH \text{ ΖΑΧΑΡΑ}}{H_2O} = 3,5 \text{ έως } 4,0.$$

Προτιμότερη είναι η προσθήκη μελάσσας προφυγοκέντρωσης ή αραιωμένης μελάσσας αντί νερού που είναι μελασσογενές και προκαλεί διάλυση ζάχαρης. Πρέπει να γίνεται προσπάθεια, ώστε η μελάσσα να έχει το δυνατόν μικρότερη καθαρότητα 60 – 61%. Αν η καθαρότητα αυξηθεί για διατήρηση του BRIX, πρέπει να αυξηθεί το POL. Σε περιπτώσεις καθαρότητας κάτω του 56 μπορεί το BRIX να ανέβει πάνω από 80 και αν παρουσιαστούν δυσκολίες στην άντληση, τότε για να ελαττωθεί λίγο το BRIX μπορεί το POL να κατέβει μέχρι 45, όχι όμως κάτω από αυτό. Κάτω του POL 45 η μελάσσα δεν γίνεται δεκτή. Το ελάχιστο επιτρεπτό BRIX είναι 76,6. Κάτω από αυτό η μελάσσα είναι επικίνδυνη για αλλοίωση.



Διάγραμμα 1: Σε ορισμένα εργοστάσια, αντί για STANDARD - LIQUOR χρησιμοποιείται και ζαχαροδιάλυμα.

Στη Γ' ζαχαρόμαζα θα πρέπει να γίνεται NUTSCHE για τον έλεγχο των φυγοκέντρων, στο Χημείο Ελέγχου Παραγωγής. Η θερμοκρασία φυγοκέντρωσης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλή (40 – 50°C) και να γίνεται έλεγχος στη μελάσσα, μήπως περιέχει ψιλούς κρυστάλλους. Από τις φυγοκέντρους θα πρέπει η ζάχαρη να είναι το δυνατόν ομοιόμορφη. Οι φυγοκέντροι πρέπει να καθαρίζονται μια φορά τουλάχιστον το 24ωρο από κρούστες ζάχαρης που είναι πηγή μόλυνσης. Η κρυστάλλωση και ο διαχωρισμός της ζ' χαρης δεν είναι δυνατόν να ολοκληρωθεί σε ένα προϊόν (βαθμίδα).

Και τα πέντε εργοστάσια λειτουργούν σε σχήμα τριών προϊόντων, που είναι πολύ συνηθισμένο και δίνει καλής ποιότητας λευκή ζάχαρη λόγω επαναδιαλύσεως. Παραστατικά το σχήμα των τριών προϊόντων μπορεί να αποδοθεί στο Διάγραμμα 1.<sup>[10][15]</sup>

### **1.5.10.3. Προβλήματα που παρουσιάζονται στο σταθμό κρυστάλλωσης, πιθανά αίτια και αντιμετώπιση**

Όταν το STANDARD σιρόπι είναι θολό, σημαίνει ότι δεν έγινε σωστά ο καθαρισμός χυμού και υπάρχουν ανόργανες ουσίες. Το STANDARD σιρόπι πρέπει να είναι διαυγές με θερμοκρασία περίπου 5°C μεγαλύτερη από αυτήν των δοχείων κενού Α' προϊόντος.

Τυχόν αφροί στο βραστήρα δημιουργούνται όταν το κενό αυξάνει απότομα. Τότε πρέπει να κλείσουμε τη βαλβίδα και να την ανοίγουμε σιγά – σιγά μέχρι το επιθυμητό κενό. Επίσης, όταν δεν είναι στεγανός ο βραστήρας και τραβά αέρα και τέλος, όταν το σιρόπι εισαγωγής είναι πολύ αλκαλικό και περιέχει πολλά οργανικά μη ζάχαρη. Όταν οι βαλβίδες δεν είναι στεγανές, γίνονται αιτία ανωμαλιών στην έψηση όλων των ζαχαρομαζών, αφού όλα τα δοχεία συνδέονται με το ίδιο κενό.

Όταν η ζαχαρόμαζα δεν βράζει, αλλά παραμένει αδρανής είναι πιθανόν να περιέχει πολλά μη ζάχαρη (που είναι αποτέλεσμα κακής ποιότητας τεύτλων ή κακού καθαρισμού χυμού), τότε ρίχνουμε στο σιρόπι εισαγωγής σόδα, όπως επίσης και μέσα στο βραστήρα. Ύστερα ανοίγουμε τον ατμό για να βοηθήσουμε την ανάδευση της ζαχαρόμαζας. Ακόμα, είναι πιθανόν να μην απομακρύνεται το συμπύκνωμα από το θάλαμο.

Όταν τα σιρόπια και οι ζαχαρόμαζες δεν είναι επαρκώς αλκαλικά, τότε προσθέτουμε σόδα στο STANDARD σιρόπι. Όταν η ζαχαρόμαζα έχει σκοτεινό χρώμα, τότε ή ο χυμός είναι πολύ αλκαλικός, ή δεν έγινε επαρκής θείωση του χυμού, ή ο χυμός έχει πολύ ιμβερτοζάχαρο.



Το φούσκωμα και οι αφροί στη Γ' ζαχαρόμαζα οφείλονται στην έκλυση του CO<sub>2</sub> που προέρχεται από την καταστροφή του ιμβερτοζαχάρου και των μη ζαχάρων (με την επίδραση του οξυγόνου του ατμοσφαιρικού αέρα). Αφροί μπορεί επίσης να σχηματιστούν από ανεπαρκή καθαρισμό του χυμού (δεν έχουν διασπαστεί τα αμίδια). Οι αφροί στους αναδευτήρες δημιουργούνται από την είσοδο του ατμοσφαιρικού αέρα στη ζαχαρόμαζα, είτε κατά την εκκένωση των δοχείων κενού, είτε όταν οι αναδεύσεις είναι πολύ ισχυρές.

Όταν υπάρχει έλλειψη χυμών και σιροπιών, τότε κλείνουμε τον ατμό, αλλά διατηρούμε το κενό. Όταν οι αναδευτήρες είναι γεμάτοι, τότε αραιώνουμε τη ζαχαρόμαζα με σιρόπια, κλείνουμε τον ατμό και τη βαλβίδα αχνών και ανοίγουμε τη βάννα διαφυγής προς τον αέρα.<sup>[10][13]</sup>

#### **1.5.11. Ξήρανση – Κοσκίνισμα – Ενσάκιση – Στοιβασία – Αποθήκευση ζάχαρης**

##### **1.5.11.1. Ξήρανση**

Η ζάχαρη μόλις εγκαταλείψει τις φυγοκέντρους περιέχει υγρασία, σε τρεις κυρίως μορφές:

- Σαν ελεύθερη υγρασία, που αποτελεί και το μεγαλύτερο ποσοστό. Περιβάλλει τους κρυστάλλους υπό μορφή λεπτής στοιβάδας, αραιού διαλύματος ζάχαρης και απομακρύνεται σχετικά εύκολα.
- Σαν συνδεδεμένη υγρασία που περιβάλλει επίσης τους κρυστάλλους υπό μορφή όμως λεπτής στοιβάδας, πυκνού ισχυρώς υπέρκορου σιροπίου. Η εξάτμιση της υγρασίας αυτής απαιτεί μεγαλύτερο χρόνο και η ταχύτητα κρυστάλλωσης της ζάχαρης του υπέρκορου σιροπίου δεν διαφέρει από την ταχύτητα κρυστάλλωσης ενός πυκνού διαλύματος.
- Σαν περικλειόμενη υγρασία βρίσκεται υπό μορφή νησίδων μέσα στον κρύσταλλο της ζάχαρης.

Η απομάκρυνση της υγρασίας γίνεται χωρίς ιδιαίτερα μεγάλες και δαπανηρές εγκαταστάσεις. Όταν η ζάχαρη ψύχεται από τους 70 – 75°C στους 30°C πχ. πάνω στο δονούμενο μεταφορέα η υγρασία είναι δυνατόν να κατέβει μέχρι 0,5% ανάλογα και με τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος. Η ζάχαρη δηλαδή αποβάλλει συνεχώς υγρασία κατά τη μεταφορά της και ολοκληρώνεται στο ξηραντήριο ζάχαρης. Τα ξηραντήρια αυτά είναι



συνήθως κυλινδρικού τύπου (τρόμελ), κεκλιμένα ελαφρά ως προς την οριζόντια φορά, με πτερύγια στο εσωτερικό, με περιστρεφόμενο τύμπανο για να λυκνίζεται η προς ξήρανση ζάχαρη. Στο εσωτερικό του τυμπάνου στέλνεται στην αρχή ζεστός αέρας, για να ξηράνει τη ζάχαρη μέχρι το επιθυμητό σημείο και στη συνέχεια κρύος αέρας για να κρυώσει η ζεστή ζάχαρη. Η καλή ξήρανση εξαρτάται:

- Από τη σωστή υγρασία στις φυγοκέντρους (η υγρασία της εισερχόμενης ζάχαρης στο τύμπανο ξήρανσης δεν θα πρέπει να είναι πολύ υψηλή).
- Από την ομοιόμορφη πλήρωση του ξηραντηρίου.

Μετά το ξηραντήριο, η ζάχαρη πρέπει να έχει θερμοκρασία λίγο μεγαλύτερη από αυτήν του περιβάλλοντος, η δε υγρασία να μην είναι μεγαλύτερη από 0,05%.<sup>[14][15]</sup>

#### **1.5.11.2. Κοσκίνισμα**

Μετά την ξήρανση η ζάχαρη κοσκινίζεται. Η ζάχαρη που έχει ομοιόμορφους κρυστάλλους, καλά πλυμένα και ξηρή, κοσκινίζεται ευκολότερα, χωρίς κίνδυνο να βουλώσουν οι οπές του κοσκίνου.

Από τα συστήματα κοσκίνισματος, ο πιο διαδεδομένος τύπος που καταλαμβάνει και το μικρότερο χώρο είναι ο τύπος των δονουμένων κοσκίνων. Η δόνηση γίνεται ή από άξονα με ελαστικό σύνδεσμο όπου περιστρέφεται έκκεντρα ή με ηλεκτρομαγνητικό δονητή. Οι διαστάσεις των κοσκίνων πρέπει να 'ναι τέτοιες, ώστε να μην φεύγει από το άκρο τους ποσότητα ζάχαρης ακοσκινιστη. Η κλίση που συνήθως έχουν τα κόσκινα είναι 20 – 40° περίπου, ο δε βαθμός απόδοσής τους τουλάχιστον 90%. Με το κοσκίνισμα η ζάχαρη ταξινομείται σε τρεις κατηγορίες:

- Στην πολύ ψιλή ζάχαρη που αποτελεί την άχνη.
- Στην χονδρόκοκκη ζάχαρη που την αποτελούν τα διάφορα συσσωματώματα.
- Τη ζάχαρη με την επιθυμητή κοκκομετρική σύσταση.

Ζάχαρη που δεν έχει απαλλαγεί εντελώς από τη σκόνη, έχει όψη θαμπή. Η χοντρόκοκκη ζάχαρη και η άχνη οδηγούνται στην αναδιάλυση για περαιτέρω επεξεργασία. Οι δονητές πρέπει να καθαρίζονται τουλάχιστον μια φορά το 24ωρο από κρούστες ζάχαρης που είναι πηγή μόλυνσης.

Επίσης, οι δονητές πρέπει να είναι προφυλαγμένοι από επιμολύνσεις λόγω σκόνης,

ρευμάτων αέρα, διόδου ανθρώπων, κακών συνθηκών από χυμένα σιρόπια που είναι εστίες ανάπτυξης μικροοργανισμών. Οι εργαζόμενοι, τόσο στο δονητή, όσο και στο ξηραντήριο και την ενσάκκιση ζάχαρης πρέπει να τηρούν τους κανόνες υγιεινής.<sup>[16][17]</sup>

### 1.5.11.3. Απομάκρυνση της σκόνης

Η σκόνη της ζάχαρης (άχνη ή φαρίνα) από το ξηραντήριο, τα διάφορα ανεβατόρια, τα κόσκια, τις μεταφορικές ταινίες, τις ενσακκιστικές μηχανές, τα σλό και άλλα σημεία, απομακρύνεται αρχικά με αναρρόφηση (βεντιλαντέρ), όπου η ζάχαρη οδηγείται σε κυκλώνες και με νερό που καταιώνίζεται σχηματίζει ζαχαροδιάλυμα, ή μέσω ειδικών υφασμάτων σωλήνων – φίλτρων, που καθαρίζονται περιοδικά με τίναγμα.<sup>[13]</sup>

### 1.5.11.4. Ενσάκκιση

Η ενσάκκιση γίνεται σε χαρτόσακκους τρίφυλλους ή τετράφυλλους των 50kg χωρίς ραφή, με ειδική βαλβίδα από ενσακκιστικές μηχανές ενός ή δύο στομίων πλήρωσης και διάταξη αυτόματης ζύγισης. Εδώ θα πρέπει συνεχώς να γίνεται ο έλεγχος του βάρους των σάκκων με παράλληλες τυχαίες ζυγίσεις, όπως και ο έλεγχος της κατάστασης των χαρτοσάκκων. Η δυναμικότητα των ενσακκιστικών μηχανών είναι μέχρι 360 σάκκοι/ώρα.

Οι σάκκοι μετά τη διάταξη αυτόματης ζύγισης οδηγούνται με μεταφορική ταινία στην αποθήκη ζάχαρης για στοιβάσια σε ντάνες των 40 – 50 σάκκων κατά ύψος.<sup>[14]</sup>



Εικόνα 9: Ενσάκκιση ζάχαρης.

#### 1.5.11.5. Αποθήκευση

Γίνεται είτε σε αποθήκες, είτε σε σιλό. Όσον αφορά τις αποθήκες, η συσκευασμένη σε σάκκους των 50kg ζάχαρη με μεταφορική ταινία μεταφέρεται και αποθηκεύεται σε αποθήκες που είναι εφοδιασμένες με σύστημα θέρμανσης, ώστε η θερμοκρασία της να διατηρείται πάντα πάνω από το σημείο δρόσου του περιβάλλοντος. Έτσι, αποφεύγεται η συμπύκνωση της υγρασίας πάνω στους σάκκους. Κανονικά η θερμοκρασία δεν θα πρέπει να κατέβει κάτω από τους 10°C και να βρίσκεται 5°C πάνω από την εξωτερική. Με τη θέρμανση επιδιώκεται η σχετική υγρασία του χώρου να διατηρείται μεταξύ 60 – 70%, για να διατηρηθεί και η υγρασία μεταξύ 0,02 – 0,04%. Σε πολύ ξηρή ατμόσφαιρα και όταν η ζάχαρη δεν είναι πολύ ξηρή υπάρχει κίνδυνος να “πετρώσει”. Αυτό συμβαίνει και όταν η ζάχαρη περάσει έστω και μια φορά τα όρια της σχετικής υγρασίας.

Η αποθήκευση χύμα ζάχαρης σε σιλό κερδίζει συνεχώς έδαφος. Αυτό γίνεται σε τσιμεντένια ή μεταλλικά σιλό, εφοδιασμένα με εγκαταστάσεις κλιματισμού. Τα σιλό κατασκευάζονται με διαμερίσματα, ώστε να είναι δυνατή η αποθήκευση περισσότερων της μιας ποιοτήτων μέσα στο ίδιο σιλό. Επιπροσθέτως τα σιλό είναι εφοδιασμένα με σκάλες, ανελκυστήρες, συστήματα πλήρωσης και παραλαβής ζάχαρης, όργανα μέτρησης της θερμοκρασίας, υγρασίας κλπ. Σε ότι αφορά τις προϋποθέσεις καλής αποθήκευσης της ζάχαρης (θερμοκρασία, υγρασία), ισχύουν τα ίδια με όσα ισχύουν στην αποθήκευση σε αποθήκες. Τα χαρακτηριστικά της ζάχαρης που αποθηκεύεται πρέπει να είναι αυτά που προβλέπονται για ζάχαρη κατηγορίας No2 EOK και είναι<sup>[17]</sup>:

POL	MIN 99,7%	Τέφρα (βαθμοί EOK)	MAX 15
Υγρασία	MAX 0,06%	Χρωματικός τύπος (βαθμοί EOK)	MAX 9
Ιμβερτοζάχαρο	MAX 0,04%	Χρώμα εν διαλύματι (βαθμοί EOK)	MAX 6



Εικόνα 10: Αποθήκευση της ζάχαρης.

#### 1.5.12. Ξηραντήρια πολτού

Τα ξηραντήρια που χρησιμοποιούνται είναι κυλινδρικού περιστρεφόμενου τύπου, με εσωτερικά πτερύγια για την ομοιόμορφη διασπορά της προς ξήρανση πούλλας κατά την περιστροφή του ξηραντηρίου. Διακρίνουμε ξηραντήρια με πτερύγια σε σχήμα σταυρού και με πτερύγια σε σχήμα τετράγωνου.

Όσο πυκνότερα είναι τοποθετημένα τα πτερύγια, τόσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια εναλλαγής και αποφεύγονται οι εμφράξεις. Η τροφοδοσία με νωπή πούλλα γίνεται από το εμπρόσθιο μέρος του κυλίνδρου, ενώ από το πίσω μέρος βγαίνει ο ξηρός πολτός και ξεχωρίζει από τα αερία με αναρρόφησή τους από μεγάλο εξαεριστήρα μετά την αποκονίωση από κυκλώνες.

Τα ξηραντήρια πολτού έχουν ενδεικτικά διάμετρο 3,4m και μήκος 18m, ενώ η ικανότητα εξάτμισης φτάνει τους 30 τόννους νερό/ώρα. Γενικά η σχέση μήκους προς διάμετρο είναι 5:1 περίπου. Ο κύλινδρος στρέφεται με 0,8 – 1,5 στροφές/min. Τα ξηραντήρια λειτουργούν υπό ελαφρό κενό 15 – 25mm στήλης νερού. Είναι εφοδιασμένα με θερμομέτρα, μανόμετρα και υγρασιόμετρα.

Για την ξήρανση του νωπού πολτού, τα αέρια καύσης έρχονται απ' ευθείας σε επαφή με το νωπό πολτό και προωθούνται ομόρροπα μέσα στον κύλινδρο ξήρανσης. Το ψηλότερο σημείο θερμοκρασίας καυσαερίων βρίσκεται στην αρχή του κυλίνδρου που εισάγεται ο



νωπός πολτός. Κατά μήκος του κυλίνδρου η θερμοκρασία των καυσαερίων και το ποσοστό υγρασίας του πολτού μειώνεται συνεχώς. Τα καυσαέρια, αφ' ενός μεν είναι φορείς της θερμότητας, αφ' ετέρου απομακρύνεται με αυτά ο παραγόμενος ατμός. Η θερμοκρασία εισόδου καυσαερίων είναι MAX 800°C και η θερμοκρασία εξόδου απαερίων είναι MAX 100°C. Σαν πηγή θερμότητας χρησιμοποιείται εστία μαζούτ και μαζούτ Νο3000, τόσο για καυστήρες περιστροφικής διασποράς, όσο και για καυστήρες πίεσης. Προϋπόθεση καλής λειτουργίας του καυστήρα είναι η επαρκής προθέρμανση του μαζούτ. Έχει επικρατήσει ο κυλινδρικός τύπος εστίας, που αποτελεί προέκταση του ξηραντηρίου.

Η εστία εξωτερικά περιβάλλεται από μανδύα μέσα στον οποίο κυκλοφορεί ο δευτερεύων αέρας ψύξης της εστίας. Συνήθως χρησιμοποιείται ένας καυστήρας, τοποθετημένος μετωπικά στο κέντρο της εστίας. Προϋπόθεση καλής λειτουργίας του ξηραντηρίου είναι η σταθερή παροχή σε νωπό πολτό και μελάσσα, καθώς και η σταθερή ποιότητα του νωπού πολτού (κυρίως το σταθερό ποσοστό ξηρών ουσιών), ώστε η ξηρά ουσία του ξηρού πολτού να κυμαίνεται από 88 μέχρι 90%, για να αποφεύγεται η συσσωμάτωση και να διευκολύνεται η εκκένωση με μηχανικά μέσα. Ακόμη, η συνεχής παρακολούθηση των οργάνων και ο συνεχής έλεγχος του ξηρού προϊόντος συμβάλλουν κι αυτά στην καλή λειτουργία του ξηραντηρίου.

Η μελάσσα που προστίθεται σε ποσοστό περίπου 20% στο έτοιμο προϊόν θα πρέπει να ζυγίζεται ή να ογκομετρείται, να προθερμαίνεται τουλάχιστον στους 90°C και να αναμιγνύεται καλά με το νωπό πολτό. Νεότερη εξέλιξη των ξηραντηρίων (που εφαρμόζεται στο εργοστάσιο Σερρών) και αποσκοπεί στην οικονομία καυσίμου είναι η ανακύκλωση των καυσαερίων για την αντικατάσταση του αέρα προώθησης. Ο ξηρός πολτός με φαινόμενο ειδικό βάρος 0,20 – 0,25 συμπιέζεται σε κυλίνδρους – μήτρες Φ 10 – 15mm σε pellets με φαινόμενο ειδικό βάρος 0,55 – 0,60. Ο ξηρός πολτός για να είναι ασφαλής κατά την αποθήκευσή του πρέπει να έχει Ξ.Ο. 88 – 90%. Αν η υγρασία του ξηρού πολτού είναι μεγαλύτερη του 12%, υπάρχει κίνδυνος αυτανάφλεξης (λόγω εξωθερμικών ζυμώσεων). Μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος της πυρκαγιάς του μελασσωμένου πολτού.<sup>[14][15]</sup>

#### **1.5.12.1. Προβλήματα που παρουσιάζονται στο ξηραντήριο πολτού, πιθανά αίτια και αντιμετώπιση**

Όταν ο αέρας περιέχει καψαλισμένο ξηρό πολτό, μπορεί να οφείλεται σε υψηλή θερμοκρασία αερίων ή σε αργό γύρισμα των τυμπάνων. Όταν ο ξηρός πολτός έχει



υπερβολική σκόνη, σημαίνει ότι το σύστημα κυκλώνων – ανεμιστήρων δεν δουλεύει σωστά.

Όταν ο ξηρός πολτός αρχίζει να καίγεται μέσα στο τύμπανο τότε ανοίγουμε το κλαπέ της καμινάδας, σβήνουμε τον καυστήρα και τον ανεμιστήρα, συνεχίζουμε την τροφοδοσία του τυμπάνου με υγρή πούλπα και στέλνουμε ατμό μέσα στο ξηραντήριο.

Όταν η θερμοκρασία των αερίων εξόδου είναι μεγαλύτερη από τους 120°C, είναι ένδειξη εντατικής κατεργασίας, διότι η θερμοκρασία αυξάνει όταν αυξάνουμε τη θερμοκρασία των αερίων εισόδου και την περιεκτικότητα των αερίων σε υδρατμούς. Όταν η θερμοκρασία των αερίων εξόδου αυξάνεται απότομα, είναι ένδειξη ελλειπούς τροφοδοσίας του ξηραντηρίου με νωπό πολτό.

Αν δεν μπορούμε να αυξήσουμε την τροφοδοσία, τότε μειώνουμε το τράβηγμα του αέρα, τη θερμοκρασία εισόδου των αερίων ή ανοίγουμε την καμινάδα.<sup>[17]</sup>

## **2. Πειραματική Ανασκόπηση**

### **2.1. Ο ποιοτικός έλεγχος στην Ε.Β.Ζ.**

Ο ποιοτικός έλεγχος είναι μία ανεξάρτητη δραστηριότητα ελέγχου που έχει σαν σκοπό να αξιολογήσει τις μεθόδους και τα αποτελέσματα της λειτουργίας διαχείρισης ποιότητας και έχει σαν στόχο την δημιουργία μίας "μεθόδου ελέγχου" και για το ίδιο το έργο αλλά και την ποιότητα του. Ο ποιοτικός έλεγχος περιλαμβάνει την παρακολούθηση ορισμένων αποτελεσμάτων του έργου, προκειμένου να συμμορφώνεται με τα σχετικά πρότυπα ποιότητας. Περιλαμβάνει επίσης, τον εντοπισμό πιθανών διορθωτικών μέτρων για την εξάλειψη μη αποδεκτών επιδόσεων. Τα εργαστήρια ανάλυσης τροφίμων ανάλογα με τον εξοπλισμό που διαθέτουν μπορούν να πραγματοποιούν χημικές αναλύσεις τροφίμων. Ένα εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου τροφίμων είναι δυνατό να πραγματοποιεί αναλύσεις σε τρόφιμα, με γνώμονα τις ισχύουσες νομοθεσίες περί τροφίμων και φυσικά με βάση τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών.

Η έρευνα και η τεχνολογική ανάπτυξη, ο συνεχής ποιοτικός έλεγχος και η γενετική βελτίωση αποτελούν σημαντικές δραστηριότητες της εταιρίας. Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΖΑΧΑΡΗΣ αποτελεί ίσως το μοναδικό παραγωγικό φορέα στη χώρα μας που δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην υποστήριξη όλων των παραγωγικών της διαδικασιών με τις πλέον σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις. Για το σκοπό αυτό διεξάγεται εκτεταμένο έργο προσανατολισμένης Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (Ε&ΤΑ), ενώ ταυτόχρονα εξειδικευμένοι επιστήμονες φροντίζουν για τη μεταφορά τεχνογνωσίας από ερευνητικές προσπάθειες που πραγματοποιούνται στο εξωτερικό και την προσαρμογή στα δεδομένα της Εταιρείας. Ένα μέρος των έργων αυτών είναι ενταγμένο και υλοποιείται στα πλαίσια χρηματοδοτούμενων προγραμμάτων (εθνικών και της Ευρωπαϊκής Ένωσης) όπως π.χ. Ε.Π.Ε.Τ., Ε.Π.Ε., ΠΑΒΕΤ, Κοινοτικές Πρωτοβουλίες κλπ., σε συνεργασία με Πανεπιστημιακούς Φορείς και Ερευνητικά Ινστιτούτα υψηλούς κύρους στην Ελλάδα και στο εξωτερικό.

Ο ποιοτικός έλεγχος έχει ξεκινήσει από τη βιομηχανία στο επίπεδο της παραγωγής. Πλέον έχει εξελιχθεί υπό τον όρο "έλεγχος ποιότητας" με την έννοια της επιβολής της ποιότητας σύμφωνα με τις σειρές των προτύπων ISO 9000 σε όλες τις φάσεις του σχεδιασμού, της παραγωγής, του ελέγχου και της υποστήριξης μετά την πώληση (έως την εξάντληση του ορίου ζωής των προϊόντων και των υπηρεσιών), άρα ενδιαφέρει άμεσα τον τεχνικό κόσμο και ειδικότερα τους Έλληνες Μηχανικούς.

Δεν υπάρχουν σαφή όρια ειδικότητας, ενώ ο έλεγχος της ποιότητας μπορεί να θεωρηθεί και ως εσωτερική λειτουργία μιας επιχείρησης, καθώς και ως εξωτερική επιθεώρηση ενός τρίτου μέρους (Third Party) όσον αφορά την ικανότητα (καταλληλότητα) της επιχείρησης αυτής να μπορεί να παράγει ή να προσφέρει τα προϊόντα ή τις υπηρεσίες, για τα οποία δηλώνει ότι έχει αυτήν τη δυνατότητα παροχής τεχνολογίας (ή τεχνογνωσίας για υπηρεσίες).<sup>[23]</sup>



Εικόνα 11: Τμήμα ποιοτικού ελέγχου.

## 2.2. Προσδιορισμός αναγόντων ζαχάρων εκτεφρασμένων σε μπερτοζάχαρο

Σκοπός του πειράματος αυτού είναι ο προσδιορισμός της παραμέτρου αυτής προκειμένου να αξιολογηθεί η ποιότητα της εξεταζόμενης ζάχαρης. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η μέθοδος του Ινστιτούτου Βερολίνου Spengler Todt και Scheuer.

### Αρχή της Μεθόδου

Αναγωγή ενός διαλύματος χαλκού [II] με ένα διάλυμα αναγόντων σακχάρων. Το οξειδίο του χαλκού [I] που σχηματίζεται οξειδώνεται με διάλυμα ιωδίου, του οποίου προσδιορίζεται η περίσσεια με επαναογκομέτρηση με τιτλοδοτημένο διάλυμα θειοθειικού νατρίου.

### Όργανα και Σκεύη

- Υδρόλουτρο
- Κωνικές φιάλες των 300ml

- Σιφώνια
- Προχοϊδες των 50ml

### Αντιδραστήρια

- Διάλυμα Müller. Παρασκευάζεται ως εξής: 35g κρυσταλλικού θειϊκού χαλκού [CuSO<sub>4</sub>] διαλύονται σε 400ml θερμού απιονισμένου H<sub>2</sub>O. Επίσης διαλύονται 173g άλατος του Seignette με 68g άνδρης ανθρακικής σόδας σε 500ml θερμού H<sub>2</sub>O. Κατόπιν, τα δύο διαλύματα αναμιγνύονται χωρίς να θερμανθούν σε ογκομετρική φιάλη του ενός λίτρου, η οποία πληροῦται μέχρι της χαραγής με απιονισμένο H<sub>2</sub>O. Στη φιάλη με το διάλυμα προστίθενται 2g ενεργού άνθρακα, αναταράσσεται το περιεχόμενο αυτής και μετά από πολύωρη παραμονή διηθείται. Εάν αποχωρισθεί από το διάλυμα ερυθρό ίζημα [Cu<sub>2</sub>O], αυτό πρέπει να απομακρυνθεί πάλι με διήθηση.
- Οξικό οξύ 5N.
- Διάλυμα ιωδίου 0,0333N [N/30].
- Διάλυμα θειοθειϊκού Νατρίου 0,0333N [N/30].
- Διάλυμα αμύλου 1% διαλυτό άμυλο σε διάλυμα NaCl.

### Εκτέλεση προσδιορισμού

10g από το προς εξέταση δείγμα ζάχαρης διαλύονται μέσα σε κωνική φιάλη των 300ml με απιονισμένο H<sub>2</sub>O μέχρι συμπλήρωσεως περίπου όγκου διαλύματος 100ml. Προστίθενται με προχοϊδα 10ml διαλύματος Müller. Το μίγμα αναμιγνύεται δι' αναταράξεως της φιάλης καλώς και τοποθετείται σε υδρόλουτρο ζέοντος ύδατος επί 10 λεπτά ± 5 δευτερόλεπτα.

Μετά τη δεκάλεπτο παραμονή στο υδρόλουτρο, η κωνική φιάλη τοποθετείται αμέσως κάτωθεν κρουνού ύδατος για να ελακολουθήσει ταχεία ψύξη. Κατά τη μεταφορά της φιάλης πρέπει να αποφύγουμε κάθε ανατάραξη του περιεχομένου της, διότι ένα μέρος του σχηματισθέντος ιζήματος ερχόμενο σε επαφή με το οξυγόνο του αέρα διαλύεται.

Μετά την ψύξη προστίθεται 5ml οξεικού οξέος 5N και διάλυμα εν περίσσεια ιωδίου 0,0333N [20 – 40ml], καθώς και δείκτης αμύλου. Μετά την προσθήκη όλων των ανωτέρω

γίνεται ανάδευση μέχρι διαλύσεως του ιζήματος. Το μη καταναλωθέν διάλυμα ιωδίου [ελεύθερο] ογκομετρείται με 0,0333N διαλύματος θειοθειϊκού Νατρίου. Από την κατανάλωση του Ιωδίου της θερμής τιμής αφαιρούνται οι ακόλουθες διορθώσεις:

1. Η τιμή του τυφλού πειράματος που είναι η κατανάλωση Ιωδίου στην ίδια διαδικασία με συνθήκες παρόμοιες της θερμής τιμής, αλλά με H<sub>2</sub>O αντί για ζαχαροδιάλυμα. Η διόρθωση αυτή προσδιορίζεται μια φορά σε κάθε σειρά μετρήσεων. Η τιμή τυφλού πειράματος δεν είναι μεγαλύτερη από 0,1ml όταν τα αντιδραστήρια είναι καθαρά.

2. Η ψυχρή τιμή είναι η κατανάλωση Ιωδίου στο πείραμα με ζαχαροδιάλυμα και διάλυμα Müller χωρίς θέρμανση με δεκάλεπτη παραμονή σε θερμοκρασία δωματίου πριν από την προσθήκη CH<sub>3</sub>COOH.

3. Διόρθωση ζαχαρόζης που οφείλεται στις αναγωγικές ιδιότητές της. Με τις παραπάνω συνθήκες [δείγμα 10g ζαχαρόζης], η διόρθωση ανέρχεται σε 2,0ml διαλύματος Ιωδίου.

Μετά την αφαίρεση των τριών διορθώσεων, το υπόλοιπο της κατανάλωσης του 0,0333N Ιωδίου οφείλεται αποκλειστικά στο Ιμβερτοζάχαρο. 1ml καταναλωθέντος Ιωδίου αντιστοιχεί σε 1mg ή σε 0,01% Ιμβερτοζαχάρου.<sup>[17][18]</sup>

### **2.3. Προσδιορισμός χρώματος σε διάλυμα ζάχαρης**

#### Όργανα και Σκεύη

- Κωνικές φιάλες των 100ml.
- Διάταξη διήθησης υπό συνθήκες κενού για φίλτρα μεμβράνης (μηχανική αντλία).
- Φιάλες διήθησης των 500ml.
- Φίλτρα μεμβράνης με μέση διάμετρο πόρων 0,45μm.
- Χρωματόμετρο με δυνατότητα μέτρησης σε μήκος κύματος 420nm.

#### Εκτέλεση προσδιορισμού

Ζυγίζονται 50g ( $\pm 0,1g$ ) ζάχαρης μέσα σε ευρύλαιμη κωνική φιάλη των 300ml.



Προστίθενται 50ml απιονισμένου H<sub>2</sub>O και αναταράσσεται μέχρι να διαλυθεί η ζάχαρη. Υγραίνεται επί 10 λεπτά με απιονισμένο H<sub>2</sub>O ένα φίλτρο μεμβράνης και τοποθετείται στη διάταξη διήθησης κενού. Στη συνέχεια, διηθείται το διάλυμα ζάχαρης που παρασκευάστηκε. Το διήθημα ανακατεύεται λίγο για απομάκρυνση φυσαλίδων αέρος και στη συνέχεια μέσω ενός χρωματομέτρου σε μήκος κύματος 420nm γίνεται μέτρηση της διαπερατότητάς του. Στο ίδιο διήθημα γίνεται μέτρηση της πυκνότητάς του, μέσω του διαθλασιμέτρου και χρήση του αντίστοιχου πίνακα για την εύρεση γραμμαρίων των διαλυμένων στερεών σε ένα κυβικό εκατοστό διηθήματος  $D=g/cm^3$ .

$$\text{Μονάδες ICUMSA} = \frac{\text{ένδειξη χρωματομέτρου} \times 1000 \times 100}{5 \times D}, \text{ όπου } 5 = \text{πάχος στοιβάδας}$$

$$\text{Χρώμα σε διάλυμα ζάχαρης} = \frac{\text{Μονάδες ICUMSA}}{7,5} \text{ σημεία ΕΟΚ}^{[1][16]}$$

## 2.4. Αγωγιμομετρικός προσδιορισμός

### Όργανα και Σκεύη

- Αγωγιμόμετρο.
- Ογκομετρικές φιάλες των 100 + 0,05ml, 500 + 0,25ml, 1000 + 0,40ml.
- Σιφόνια των 1 + 0,02ml.

Για την παρασκευή των διαλυμάτων πρέπει να χρησιμοποιείται απεσταγμένο ή απιονισμένο νερό ειδικής αγωγιμότητας μικρότερης των  $2\mu S/cm^{-1}$ . Όλα τα γυάλινα σκεύη που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να πλένονται με νερό της παραπάνω ποιότητας.

### Ρύθμιση του αγωγιμέτρου

Γίνεται με διάλυμα 5000N χλωριούχου καλίου. Για την παρασκευή του ζυγίζονται 0,7455g KCl από ποσότητα που έχει προηγουμένα θερμανθεί σε φούνο θερμοκρασίας 500°C μέχρι σκοτεινής ερυθροπυρώσεως. Στη συνέχεια διαλύεται σε νερό εντός ογκομετρικής φιάλης του 1L η οποία πληρούται με νερό απεσταγμένο μέχρι τη χαραγή. Από το παραπάνω διάλυμα συλλέγονται 10ml με σιφόνιο πληρώσεως σε ογκομετρική φιάλη των 100ml και συμπληρώνεται με H<sub>2</sub>O μέχρι τη χαραγή. Το διάλυμα θα πρέπει να δείχνει στους 20°C μια ειδική αγωγιμότητα  $26,6 \pm 0,3\mu S/cm^{-1}$ , αφού προηγουμένως

αφαιρεθεί η ειδική αγωγιμότητα του χρησιμοποιηθέντος H<sub>2</sub>O. Το διάλυμα 100N KCL μπορεί να διατηρηθεί αναλλοίωτο για τρεις μήνες. Το διάλυμα 5000N πρέπει να παρασκευάζεται κάθε φορά που πρόκειται να γίνει ρύθμιση του οργάνου. Η τελική ρύθμιση του αγωγιμέτρου γίνεται βάσει των οδηγιών λειτουργίας του.

#### Τρόπος προσδιορισμού σε ζάχαρη

5,00 ± 0,01g ζάχαρης διαλύονται με H<sub>2</sub>O σε ογκομετρική φιάλη των 100ml. Φέρεται σε θερμοκρασία 20 ± 0,2°C και στη θερμοκρασία αυτή γίνεται συμπλήρωση της φιάλης με H<sub>2</sub>O μέχρι τη χαραγή. Αφού γίνει καλή ανάμειξη, το διάλυμα φέρεται στην κυψελίδα του οργάνου προς μέτρηση. Η ανάγνωση της τιμής γίνεται στους 20 ± 0,2°C.

Τέφρα ζάχαρης = ένδειξη οργάνου για το απεσταγμένο ή απιονισμένο H<sub>2</sub>O

$$\text{Τέφρα ζάχαρης σε σημεία EOK} = \frac{\text{τέφρα ζάχαρης}}{0,0018} \quad [2][16]$$

## **2.5. Προσδιορισμός του POL σε δείγμα ζάχαρης**

#### Όργανα και Σκεύη

- Πολωσίμετρο με διεθνή ζαχαρομετρική κλίμακα (°S) ανταποκρινόμενο στους προσδιορισμούς της ICUMSA.
- Αναλυτικός ζυγός με ακρίβεια ζύγισης ± 0,001g.
- Ογκομετρική φιάλη των 100ml. Η ογκομετρική φιάλη πρέπει να έχει ελεγχθεί για την ακρίβειά της. Ο όγκος της πρέπει να είναι 100,00 ± 0,02ml. Αποκλίσεις προϋποθέτουν ανάλογη διόρθωση των αποτελεσμάτων.
- Πολωσιμετρικοί σωλήνες των 200mm καλά καθαρισμένοι και πλυμένοι (σε περίπτωση που γίνει μέτρηση με χρήση τέτοιων σωλήνων).

#### Εκτέλεση του προσδιορισμού

Ζυγίζονται στον αναλυτικό ζυγό 26 ± 0,002g ζάχαρης. Τίθενται σε ογκομετρική φιάλη των 100ml και προστίθενται 60ml απιονισμένο H<sub>2</sub>O. Η ζάχαρη διαλύεται χωρίς θέρμανση. Μετά την πλήρη διάλυση της ζάχαρης, πληρούται η φιάλη περίπου μέχρι τη χαραγή. Ακολουθεί ψύξη της φιάλης στους 20°C σε ψυγείο ή κρυόλουτρο. Ενδεχόμενος αφρός που

σχηματίστηκε εξουδετερώνεται με μία σταγόνα αλκοόλης ή αιθέρος (και στη συνέχεια με τη βοήθεια σιφωνίου αυτή πληρούται σχολαστικώς μέχρι της χαραγή).

Μετά την πλήρωση, το περιεχόμενο της φιάλης αναμιγνύεται καλώς, αφού προηγουμένως καλυφθεί το στόμιό της με την παλάμη του χεριού (ή καλύτερα με τη χρήση του εσφυρισμένου πώματός της). Σε περίπτωση ανάγκης διαυγάσεως, η διήθηση γίνεται σε χάρτινο ηθμό χωρητικότητας 100ml δια μιας και μόνης ανατροπής του περιεχομένου της φιάλης στον ηθμό.

Ο πολωσιμετρικός σωλήνας ο οποίος πρέπει να είναι καθαρός και στεγνός (προ της χρήσεώς του) ξεπλένεται δύο φορές με διάλυμα που περιέχει η ογκομετρική φιάλη των 100ml πληρούμενος κάθε φορά κατά τα 2/3 του.

Μετά την πλήρωση τοποθετείται ο σωλήνας στο πολωσίμετρο και διενεργείται η μέτρηση, αφού προηγουμένως έχει γίνει μηδενισμός του οργάνου και έλεγχος της σωστής του λειτουργίας με τη χρήση του σχετικού κρυστάλλου. Ο μηδενισμός του οργάνου γίνεται με τη χρήση ενός πολωσιμετρικού σωλήνα μέσα στον οποίο έχει τοποθετηθεί απιονισμένο  $H_2O$ .<sup>[10][18]</sup>

## **2.6. Προσδιορισμός αδιάλυτων ουσιών σε λευκή ζάχαρη με διήθηση σε φίλτρο μεμβράνης**

### Σκοπός

Η μέθοδος χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ποσότητας των αδιάλυτων στο νερό ουσιών που περιέχονται στη λευκή ζάχαρη και με καλή ταχύτητα διήθησης. Η μέθοδος βρίσκεται σε δοκιμαστικό στάδιο.

### Πεδίο εφαρμογής

Η μέθοδος εφαρμόζεται σε ζάχαρη κρυσταλλική ή σε σκόνη ζάχαρης που δεν περιέχει πρόσθετα. Για ζάχαρη τέτοιου είδους με χαρακτηριστικά μικρής ικανότητας διήθησης περιγράφεται τροποποιημένος τρόπος ενέργειας.

### Αρχή της μεθόδου

Η προς εξέταση ζάχαρη διαλύεται σε ζεστό νερό και διηθείται από φίλτρο μεμβράνης διαμέτρου πόρων 0,8μm. Η μεμβράνη και οι ουσίες που κατακρατήθηκαν ξεπλένονται με

άφθονο νερό, στεγνώνονται και ζυγίζονται. Τα περιεχόμενα αδιάλυτα προκύπτουν από τη διαφορά βάρους του φίλτρου πριν και μετά τη διήθηση και ξήρανση.

#### Αντιδραστήρια και Σκεύη

- Συσκευή διήθησης για φίλτρα μεμβράνης διαμέτρου 50mm με σύνδεση σε διάλη 4000ml και σύνδεση με σύστημα κενού.
- Δοχείο μεταλλικό των 2000ml.
- Πλαστικά τριβλία Petri.
- Κόσκινα τετράγωνου πλέγματος με διάμετρο οπής 0 – 4mm.
- Φίλτρο μεμβράνης διαμέτρου 50mm και με διάμετρο πόρων 8μm.
- Διάλυμα α – ναφθόλης. Ζυγίζεται 1g α – ναφθόλης και διαλύεται σε 100ml αιθανόλη όπου προστέθηκαν 10ml H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (85%).<sup>[10][17]</sup>

#### Προετοιμασία των φίλτρων μεμβράνης

Τα φίλτρα μεμβράνης ξεπλένονται με εμβάπτιση σε ζέον νερό απεσταγμένο για 6 λεπτά και μετά από το στράγγισμα της περίσσειας νερού, μεταφέρονται χωριστά σε καθαρά στεγνά τριβλία Petri. Τα φίλτρα στα δισκία τους με τα καπάκια ανοιχτά ξηραίνονται για μία ώρα στους 60°C και αμέσως μετά τοποθετούνται τα καπάκια και ψύχονται για 30 λεπτά σε ξηραντήρα. Ακολουθεί ζύγιση με ακρίβεια ±0,1mg και το βάρος γράφεται στο καπάκι κάθε τριβλίου.

#### Προετοιμασία του διαλύματος της ζάχαρης

Στο μεταλλικό δοχείο που έχει σωστά ξεπλυθεί με απεσταγμένο νερό, ζυγίζονται απ' ευθείας 1000g (±1g) ζάχαρης. Στη συνέχεια προστίθεται ζεστό απεσταγμένο νερό περίπου 95°C μέχρι τελικού όγκου 1800ml. Το μίγμα κατόπιν θερμαίνεται υπό ανάδευση με μεταλλική ράβδο, μέχρι το διάλυμα να φτάσει τους 95°C και να διαλυθεί η ζάχαρη.

#### Διήθηση του διαλύματος ζάχαρης

Ένα προζυγισμένο φίλτρο διαβρέχεται με απεσταγμένο νερό και τοποθετείται στη συσκευή διήθησης κενού. Τότε το ζεστό διάλυμα της ζάχαρης διηθείται υπό κενό.

Ξεπλένεται το δοχείο των 2L και η ράβδος ανάδευσης προσεκτικά μέσα στο χωνί διήθησης με ζεστό απεσταγμένο νερό. Επίσης, το φίλτρο ξεπλένεται με ζεστό νερό, ώστε ο τελικός όγκος του νερού έκπλυσης να φτάσει τα 1000ml.

#### Τελική πλύση του φίλτρου

Με σκοπό να απομακρυνθούν τα τελευταία ίχνη ζάχαρης τα οποία είναι πάντα παρόντα στην περιφέρεια του φίλτρου, είναι απαραίτητο ένα τελικό πλύσιμο, μετά από την απομάκρυνση από το χωνί. Το φίλτρο τοποθετείται στο υγρό κόσκινο για μια ώρα.

#### Στέγνωμα και ζύγισμα του φίλτρου

Το φίλτρο μετά την τελική πλύση τοποθετείται στο αρχικό δικό του τριβλίο και ξηραίνεται με ανοιχτό το καπάκια για μια ώρα στους 60°C. Μετά την επανατοποθέτηση του καπακιού το τριβλίο ψύχεται για 30 λεπτά σε ξηραντήρα και το φίλτρο ξαναζυγίζεται.

#### Ειδικές προφυλάξεις

Τα πανιά στεγνώματος μπορούν να αποτελέσουν μια σοβαρή πηγή μόλυνσης. Είναι σημαντικό να ξεπλένονται όλα τα σκεύη με άφθονο απεσταγμένο νερό, αλλά να μην σκουπίζονται με ύφασμα αμέσως πριν τη χρήση. Η αποτελεσματικότητα της τελικής έκπλυσης είναι ουσιώδης για την ακρίβεια της δοκιμής. Αυτή πρέπει να ελέγχεται “ραντίζοντας” (spraying) περιστασιακά τα φίλτρα, μετά το τέλος της ανάλυσης με το αντιδραστήριο α – ναφθόλης/φωσφορικού οξέος και θερμαίνοντας στους 105°C. Το φίλτρο πρέπει να είναι τελείως απαλλαγμένο από κάθε ίχνος βιολετί χρωματισμού.

#### Αποτελέσματα

Η διαφορά βάρους του στεγνού φίλτρου πριν και μετά τη διήθηση αποτελεί απ' ευθείας μέτρηση των αδιάλυτων σε mg/kg ζάχαρης, δεδομένου ότι αρχικά ζυγίστηκαν 1000g αυτής. Όταν η τιμή των αδιάλυτων ξεπερνά τα 20mg/kg, το βάρος της ζάχαρης που θα ζυγιστεί πρέπει να μειωθεί στα 500g και επομένως η διαφορά βάρους που τελικά θα προκύψει πρέπει να πολλαπλασιαστεί επί δύο.<sup>[10][16]</sup>



## 2.7. Προσδιορισμός περιεκτικότητας SO<sub>2</sub> σε ζάχαρη

### Όργανα και Σκεύη

- Μικροπροχοΐδα των 10ml.
- Κωνικές φιάλες των 300ml.
- Σιφόνιο των 10ml.
  
- Αντιδραστήρια
- Διάλυμα NaOH 0,1N.
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 30%.
- Διάλυμα Ιωδίου 0,01N.
- Δείκτης αμύλου.

### Εκτέλεση προσδιορισμού

Ζυγίζονται 100g ζάχαρης και τοποθετούνται μαζί με 125ml διαλύματος NaOH 0,1N σε κωνική φιάλη. Μετά από ανάδευση, προστίθενται 3ml διαλύματος H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Στη συνέχεια προστίθεται δείκτης αμύλου (σταγόνες) και το μίγμα ογκομετρείται με διάλυμα Ιωδίου 0,01N έως να εμφανιστεί μπλε χρώμα. Το χρώμα πρέπει να διατηρείται για τα 2 πρώτα λεπτά.

1ml καταναλωθέντος διαλύματος I<sub>2</sub> x 3,2 = 1ppm SO<sub>2</sub> ή 1mg/kg ζάχαρης.<sup>[17]</sup>

## 2.8. Προσδιορισμός κοκκομετρικής σύστασης σε δείγμα ζάχαρης και μέσου μεγέθους κόκκου

### Όργανα και Σκεύη

- Συσκευή κοσκινίσματος με κόσκινα διαμέτρου οπών 1mm, 0,8mm, 0,4mm, 0,2mm και 0,1mm.

### Εκτέλεση προσδιορισμού

Ζυγίζονται 100g ζάχαρης από το προς εξέταση δείγμα. Τα κόσκινα τοποθετούνται στη συσκευή με την εξής σειρά: στο κάτω μέρος το κόσκινο με τη διάμετρο οπών 0,1mm, πάνω

από αυτό το κόσκινο με διάμετρο οπών 0,2mm, μετά το 0,4mm, μετά το 0,8mm και τέλος το κόσκινο με διάμετρο οπών 1mm. Έπειτα τοποθετείται το καπάκι και η συσκευή ασφαρίζεται. Τίθεται σε λειτουργία το σύστημα ανακίνησης – κοσκινίσματος και τοποθετείται ο χρονοδιακόπτης στα 10 πρώτα λεπτά. Μετά το πέρας του κοσκινίσματος, εξάγονται τα κόσκινα και ζυγίζεται ξεχωριστά η ποσότητα ζάχαρης που συγκράτησε το καθένα από αυτά (για τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιούνται κατάλληλοι διηθητικοί ηθμοί).

#### Προσδιορισμός μέσου μεγέθους κόκκου

Πολλαπλασιάζοντας το βάρος κάθε κλάσματος σε γραμμάρια με την αντίστοιχη διάμετρο όπου κρατήθηκε η ποσότητα αυτή και προσθέτοντας τα επί μέρους γινόμενα που προέκυψαν, βρίσκεται το μέσο μέγεθος του κόκκου του δείγματος της ζάχαρης εκτεφρασμένο σε mm.<sup>[17]</sup>

## **2.9. Έλεγχος θολερότητας**

#### Αντιδραστήρια και Σκεύη

- Διάλυμα 50 Brix (που έχει ετοιμαστεί για τον προσδιορισμό του χρώματος σε διάλυμα).
- Υψηλής έντασης πηγή φωτός.

#### Εκτέλεση προσδιορισμού

Χρησιμοποιώντας μια πηγή φωτός υψηλής έντασης, εξετάζονται 200ml του διαλύματος των 50 Brix (δεν πρέπει να παρατηρηθεί θολερότητα).

#### Συμπεράσματα

Η απορρόφηση στα 720nm στον προσδιορισμό του χρώματος προσδίδει μια ένδειξη θολερότητας. Τιμή μικρότερη από 0,020 δείχνει απουσία θολερότητας, ενώ τιμή μεγαλύτερη από 0,040 μπορεί να αποτελέσει ένδειξη θολερού διαλύματος.<sup>[16][18]</sup>

## 2.10. Προσδιορισμός υγρασίας σε ζάχαρη

### Αρχή της μεθόδου

Ζυγίζονται 20g ζάχαρης σε αναλυτικό ζυγό μέσα σε γυάλινο σκεύος με εσφυρισμένο κάλυμμα. Η διάμετρος του σκεύους πρέπει να είναι τέτοια ώστε το ύψος της ζάχαρης από τον πυθμένα του σκεύους να μην είναι μεγαλύτερο του ενός εκατοστού (για ποσότητα ζάχαρης 20g το σκεύος πρέπει να έχει διάμετρο τουλάχιστον 6cm).

Μετά το ζύγισμα το σκεύος τοποθετείται με το περιεχόμενό του σε πυριαντήριο θερμοκρασίας 105°C για 4 ώρες. Κατά το χρόνο της ξήρανσης το σκεύος παραμένει ακάλυπτο. Μετά από 4ωρη παραμονή στο πυριαντήριο, μεταφέρεται σε ξηραντήρα για 30 λεπτά. Στη συνέχεια, αφού η θερμοκρασία του κατέλθει σε θερμοκρασία δωματίου επαναζυγίζεται σε αναλυτικό ζυγό.<sup>[17]</sup>

$$\text{Υγρασία\%} = \frac{\text{Απώλεια βάρους σε g}}{\text{Βάρος της ζάχαρης (αρχικής)}} \times 100$$

## 2.11. Έλεγχος ποιότητας λευκής κρυσταλλικής ζάχαρης ως προς τον χρωματικό τύπο

### Όργανα και Σκεύη

- Όργανο Sucroflex (χρησιμοποιείται προκειμένο να αποφευχθεί το υποκειμενικό σφάλμα μέτρησης με σύγκριση του χρώματος της ζάχαρης με πρότυπη κλίμακα χρωμάτων αριθμημένη από μηδέν έως έξι και μετρά μετά από ρύθμιση το χρώμα).
- Κουπάκια ειδικά για τον προσδιορισμό της ζάχαρης.

### Εκτέλεση προσδιορισμού

Τοποθετείται ο διακόπτης που βρίσκεται στην αριστερή πλευρά του οργάνου Sucroflex στη θέση ON. Στο ένα μαύρο κουπάκι τοποθετείται ζάχαρη με την ένδειξη STANDART 0, στο δεύτερο ζάχαρη με την ένδειξη STANDART 6 και στο τρίτο ζάχαρη από το προς εξέταση δείγμα.

Το κουπάκι με την ένδειξη STANDART 0 εισάγεται στην αντίστοιχη υποδοχή του οργάνου. Με τη χρήση του ρυθμιστικού κουμπιού που έχει την ένδειξη STANDART 0 στην

εμπρόσθια πλευρά του οργάνου, τοποθετείται η ένδειξη 0,00 στην οθόνη του οργάνου. Στη συνέχεια εισάγεται το κουπάκι με την ένδειξη STANDART 6 και με τον αντίστοιχο διακόπτη τοποθετείται στην οθόνη η ένδειξη 6. Με τη διαδικασία αυτή το όργανο έχει ρυθμιστεί και επαναλαμβάνεται 2 – 3 φορές προς βεβαίωση σταθερής ρύθμισης.

Τέλος εισάγεται στην υποδοχή το κουπάκι με τη ζάχαρη από το προς εξέταση δείγμα. Η αναγραφόμενη στην οθόνη του οργάνου ένδειξη δείχνει το χρωματικό τύπο της ζάχαρης στη χρωματική κλίμακα Brunswick. Ο χρωματικός τύπος προκειμένου να εκφραστεί σε σημεία ΕΟΚ, πολλαπλασιάζεται η ένδειξη του οργάνου επί 2, δηλαδή<sup>[17]</sup>:

$$\text{Χρωματικός τύπος (σε σημεία ΕΟΚ)} = \text{ένδειξη οργάνου} \times 2$$

### 3. Βιβλιογραφία

1. McGinnis, Beet Sugar Technology, 1971.
2. Honig P., Principles of Sugar Technology, Elsevier Publishing, 1959.
3. Silin P.M., Technology of Beet Sugar Production and Refining, Moskva, 1958.
4. Schneider F., Technologie des Zuckers, Hannover, 1968.
5. Χριστοδούλου Π., Εισαγωγή εις την Τεχνολογία Ζαχάρεως, Θεσσαλονίκη, 1963.
6. Καρακαλάκης Δ., Φούτρης Α., Χατζηαντωνίου Δ., Χριστοδούλου Π., Εισαγωγή εις την Τεχνολογία Ζαχάρεως, 1976.
7. Dedek J., Καθαρισμός Χυμού, 1965.
8. Χατζηαντωνίου Δ., Χημεία και Τεχνολογία Καθαρισμού Χυμού Εκχυλίσεως Ζαχαροτεύτων, 1974.
9. Χριστοδούλου Π., Θερμικό Ισοζύγιο Συμπυκνώσεως, τριμηνιαίο δελτίο Ε.Β.Ζ., Β' τρίμηνο 1972, Αρ.9.
10. Kukhareenko J., Εγχειρίδιο του κρυσταλλωτού, 1971.
11. Χριστοδούλου Π., Νεότερες Εξελίξεις στην Τεχνολογία Ζαχάρεως, τριμηνιαίο δελτίο Ε.Β.Ζ., Β' τρίμηνο, 1979. Αρ. 37.
12. Χριστοδούλου Π., Τριανταφύλλου Γ., Μηχανολογικός Εξοπλισμός Εργοστασίου Πλατέος, 1977.
13. Οδηγίες Παραγωγικής Διαδικασίας, Ιδ. Γραφείο Δ/ντος Συμβούλου, Περίοδος 1967.
14. Οδηγίες Παραγωγικής Διαδικασίας, Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών – Υπηρεσία Τεχνολογίας, Ζάχαρης και Υποπροϊόντων, Αύγουστος 1985.
15. Τσίρος Α., Καφετζής Π., Τρόπος Λειτουργίας Ζαχαρουργείου, 1984.
16. Χριστοδούλου Π., Τεχνολογία Γλυκαντικών Υλών, 1985.
17. Αργυρόπουλος Ε., Εγχειρίδιο Παραγωγικής Διαδικασίας Ε.Β.Ζ., Β' Έκδοση, Αύγουστος 1998.
18. Veke L., The Production of Sugar, Science Ns – 14.343 (1889):143-44.
19. Deerr N., The History of Sugar, Chapman and Hall Ltd., 1949;1950.
20. Zielke R.C., Snyder F.W., Impurities in Sugarbeet Crown and Root, Journal of Sugarbeet Research 18.1 (1974): 60-75.
21. Noulson T., Beet Sugar, Journal of the Franklin Institute 24.6 (1837):420



22. <http://www.sucrose.com/lhist.html>, τελευταία προσπέλαση Σεπτέμβριος 2013
23. <http://www.ebz.gr>, τελευταία προσπέλαση Σεπτέμβριος 2013