



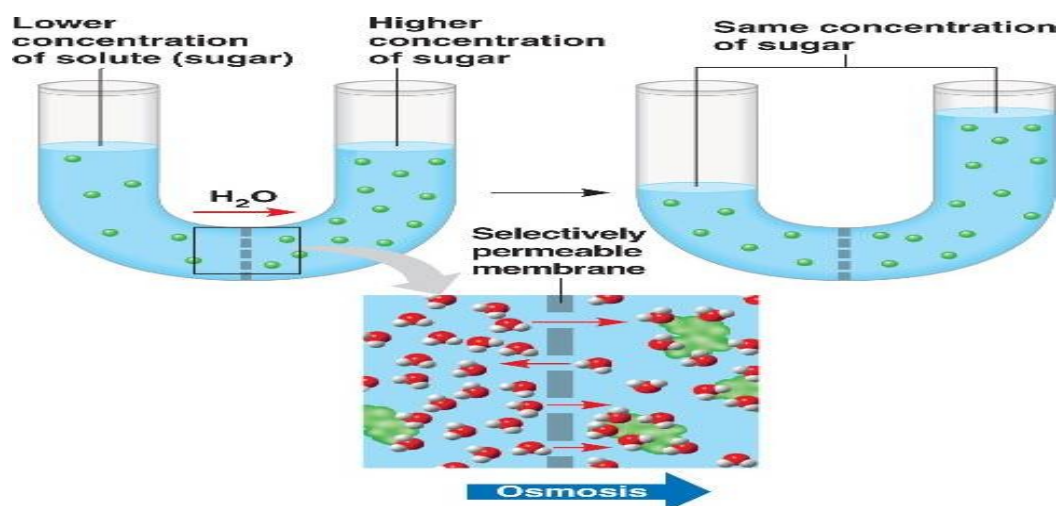
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΣΑΚΧΑΡΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ ΣΕ ΩΣΜΩΤΙΚΑ
ΑΦΥΔΑΤΩΜΕΝΑ ΑΚΤΙΝΙΔΙΑ»



ΦΟΙΤΗΤΗΣ:

Παπαρωτίου Ιωάννης

ΑΜ: 3515

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Καραγεωργίου Βασίλης

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2016

1. Πίνακας περιεχομένων

1. Πίνακας περιεχομένων.....	1
2. Περίληψη:.....	3
3 .Ευχαριστίες.....	4
4. Εισαγωγή.....	5
5. Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	6
5.1. Ακτινίδιο.....	6
5.1.1. Το ακτινίδιο γενικά:.....	6
5.1.2 Χημική σύσταση ακτινιδίων.....	7
5.2. Ωσμωτική αφυδάτωση.....	10
5.2.1. Γενικά.....	10
5.2.2. Μηχανισμοί μεταφοράς μάζας.....	11
5.2.3. Ωσμωτική πίεση.....	12
5.2.4. Παράγοντες που επηρεάζουν την ωσμωτική αφυδάτωση.....	12
5.2.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....	18
5.2.6. Ωσμωτική αφυδάτωση ως μέθοδος προ-επεξεργασίας.....	20
6. Πειραματικό μέρος.....	24
6.1. Σκοπός της εργασίας.....	24
6.2. Υλικά και μέθοδοι.....	24
6.2.1. Πρώτη ύλη.....	24
6.2.2. Αντιδραστήρια.....	24
6.2.3. Συσκευές.....	24
6.2.4. Όργανα.....	25
6.3. Πειραματικό πρωτόκολλο.....	26
6.3.1. Αποφλοιώση.....	26
6.3.2. Παρασκευή ωσμωτικών διαλυμάτων.....	26
6.3.3. Ωσμωτική Αφυδάτωση.....	26
6.3.4. Συσκευασία, κατάψυξη και συντήρηση.....	27
6.3.5. Ξήρανση επεξεργασμένων ακτινιδίων.....	27
6.3.6. Ζέση υπό κάθετο ψυκτήρα.....	27
6.3.7. Παρασκευή πρότυπου διαλύματος σακχάρων για την HPLC.....	27
6.3.8. Ρυθμίσεις παραμέτρων της HPLC.....	28
6.3.9. Ανάλυση των σακχάρων στα δείγματα των σιροπιών.....	28
6.3.10. Ανάλυση των σακχάρων στα δείγματα ακτινιδίων.....	28

6.4. Αποτελέσματα.....	29
6.4.1. Μεταβολή της μάζας των ακτινιδίων.....	29
6.4.2. Μεταβολή στην συγκέντρωση των σακχάρων.....	31
7. Συμπεράσματα.....	37
8. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	37
9. Βιβλιογραφία.....	38

2. Περίληψη:

Η ωσμωτική αφυδάτωση αποσκοπεί στην αύξηση της εμπορικής αξίας, αύξηση του χρόνου ζωής, βελτιστοποίηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών σε μη εμπορεύσιμα ακτινίδια, καθώς και η χρήση της ωσμωτικής αφυδάτωσης ως μέθοδος προ-επεξεργασίας για μια επόμενη διεργασία.

Η συγκεκριμένη έρευνα μελετά τη μεταβολή του βάρους και των διαλυτών στερεών σε ακτινίδια κατά την επίδραση της ωσμωτικής αφυδάτωσης σε χρόνο δυο, τεσσάρων και έξι ωρών σε ωσμωτικό διάλυμα γλυκόζης και φρουκτόζης 60% w/w. Η διεξαγωγή των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με την χρήση ζυγού ακριβείας για την καταγραφή του βάρους και με διάταξη HPLC για την καταγραφή της μεταβολής των σακχάρων στο φρούτο. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με την χρήση του στατιστικού προγράμματος Minitab17.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κατά την πάροδο του χρόνου το βάρος μειωνόταν συνεχώς με την απώλεια να φτάνει στις 6 ώρες στο 26,5%, ενώ η θερμοκρασία και το είδος του ωσμωτικού μέσου επηρέασαν ελαφρώς την απώλεια υγρασίας με καλύτερη τιμή να παρουσιάζει το διάλυμα της γλυκόζης στους 35 °C. Η συγκέντρωση των σακχάρων παρουσίασε μέγιστη τιμή στις 4 ώρες της ωσμωτικής αφυδάτωσης με τιμή 31mg/l με μία μικρή μείωση στις 6 ώρες. Την μεγαλύτερη τιμή από τα σάκχαρα εμφάνισε η γλυκόζη με τιμή 43,1 mg/l μετά η φρουκτόζη με τιμή 39,4 mg/l και τελευταία η μαλτόζη mg/l με τιμή 14,6. Τα σημεία του φρούτου που παρουσίασαν την μεγαλύτερη αύξηση στην συγκέντρωση των σακχάρων ήταν το εξωκάρπιο και ο πυρήνας. Τέλος τα ακτινίδια στο ωσμωτικό διάλυμα της σακχαρόζης παρουσίασαν υψηλότερη συγκέντρωση σακχάρων από ότι στο ωσμωτικό διάλυμα της γλυκόζης.

3 .Ευχαριστίες

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Β. Καραγεωργίου καθώς και τους κ. Σ. Ραφαηλίδη, τον κ. Δ. Πετρίδη, κ. Χ. Ριζούλη και τέλος τον Ν. Αναγνώστου για την σημαντική τους βοήθεια.

4. Εισαγωγή

Η καλλιέργεια του ακτινιδίου πραγματοποιήθηκε στις αρχές του 19ου αιώνα στην Κίνα. Η ακτινιδιά είναι ένα φυτό πολυετές και αναρριχώμενο, ενώ στην φύση αναπτύσσεται και συμπεριφέρεται ως θάμνος. Όσον αφορά τώρα τον καρπό, αυτός είναι ρώγα και έχει σχήμα ωοειδές, κυκλικό ή αχλαδόμορφο. Η καλλιέργεια της ακτινιδιάς εξαρτάται από το κλίμα, την θερμοκρασία, την ατμοσφαιρική υγρασία, τους ανέμους, τις βροχοπτώσεις και από το έδαφος. Τα μέρη του ακτινιδίου έχουν διαφορετική χημική σύσταση και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο έχουν και διαφορετική γεύση μεταξύ τους. Τα βασικά σάκχαρα, τα οποία περιέχει το ακτινίδιο, είναι η φρουκτόζη και η γλυκόζη, ενώ σε κάποιες ποικιλίες αλλά σε μικρότερο ποσοστό υπάρχει και η σουκρόζη. Επίσης περιέχει σημαντικά μεγάλο ποσοστό βιταμίνης C.

Η ωσμωτική αφυδάτωση είναι μία διαδικασία απομάκρυνσης του νερού κατά την οποία τα τρόφιμα με κυτταρική οργάνωση, όπως είναι και το ακτινίδιο, τοποθετούνται σε κατάλληλα υπερτονικά διαλύματα, όπως διαλύματα σακχάρων, αλάτων ή ακόμα και μειγμάτων σακχάρων/αλάτων. Κατά την ωσμωτική αφυδάτωση πραγματοποιείται διάχυση νερού που περιέχεται στο φυτικό ιστό. Επίσης ταυτόχρονα πραγματοποιείται και διάχυση της διαλυμένης ουσίας (ζάχαρο ή αλάτι) που περιέχεται στο ωσμωτικό διάλυμα. Η ταυτόχρονη διάχυση του νερού και της διαλυμένης ουσίας πραγματοποιείται προς τις δύο κατευθύνσεις μέσω της ημιπερατής κυτταρικής μεμβράνης με τους μηχανισμούς της αποπλαστικής, συμπλαστικής μεταφοράς μάζας και των υδροδυναμικών ροών. Η ωσμωτική αφυδάτωση εξαρτάται από τη θερμοκρασία, από τη συγκέντρωση, από το είδος και από την ανακίνηση/ανάδευση του οσμωτικού διαλύματος. Επίσης εξαρτάται από το γεωμετρικό μέγεθος του τροφίμου, από την αναλογία βάρους του ωσμωτικού διαλύματος προς βάρους του τροφίμου, από τις φυσικοχημικές ιδιότητες των τροφίμων, από το είδος της ποικιλίας και επίπεδο ωριμότητας του προϊόντος, καθώς και από τον χρόνο της διεργασίας. Είναι μια μέθοδος που διατηρεί τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου. Το τρόφιμο έχει πιο γλυκιά γεύση, διατηρεί το χρώμα και το άρωμα, είναι πιο σταθερό στην οξείδωση και στην αμαύρωση, μειώνεται ο όγκος του και ο ρυθμός ανάπτυξης των μικροβίων. Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή ως στάδιο προ-επεξεργασίας ιδιαίτερα πριν από τη ξήρανση, την κατάψυξη, την παραγωγή χυμού, τη συσκευασία, τη ξήρανση και το τηγάνισμα.

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην εργασία αναφέρονται στην απώλεια βάρους και στη μεταβολή των σακχάρων. Τα παραπάνω πραγματοποιούνται μετά την ωσμωτική αφυδάτωση των ακτινιδίων και μετά την πάροδο 2, 4 και 6 ωρών μέσω της χρήσης δύο διαφορετικών ωσμωτικών μέσων γλυκόζης και σακχαρόζης, που βρίσκονται σε θερμοκρασία 25 και 35 °C.

5. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

5.1. Ακτινίδιο

5.1.1. Το ακτινίδιο γενικά:

Η καλλιέργεια του ακτινιδίου πραγματοποιήθηκε στις αρχές του 19ου αιώνα στην Κίνα, με την πρώτη του μορφή να είναι ανεπεξέργαστη, χωρίς καμία υποψία για την εμπορευματοποίηση της καλλιέργειας. Μάλιστα, το ακτινίδιο αποτελεί μία από τις τέσσερις καινούριες καλλιέργειες που εισήχθησαν στην αγορά τον 20ο αιώνα, καθώς χρονολογείται πως το ακτινίδιο βγήκε στις αγορές περίπου τη δεκαετία του 1960. Σήμερα το ακτινίδιο καλλιεργείται σε αρκετές περιοχές του κόσμου ενώ υπάρχουν διάφορες ποικιλίες οι οποίες διαφέρουν ως προς το σχήμα, το μέγεθος, την τριχοφυΐα της φλούδας, το χρώμα της σάρκας, τη θρεπτική του αξία, τη γεύση αλλά και το άρωμα του καρπού (Nishiyama, 2007) .

Όσον αφορά τώρα τον καρπό <σχήμα 1>, αυτός είναι ρώγα και έχει σχήμα ωοειδές, κυκλικό ή αχλαδόμορφο. Όσον αφορά τον φλοιό του, αυτός έχει χρώμα καφέ και φέρει πολλές και πυκνές τρίχες με την εξωτερική όψη του καρπού να είναι ελάχιστα ελκυστική στον καταναλωτή, πράγμα που υποχωρεί όταν εμφανιστεί η σάρκα του σε τομή, η οποία θεωρείται πολύ ελκυστική.

Τέλος , αναφορικά με το μέσο βάρος του φυτού αυτό διαφέρει από ποικιλία σε ποικιλία από 60 γραμμάρια στην ποικιλία Monty, σε 100-125 γραμμάρια στην ποικιλία Hayward, με τον καρπό κανονικής ανάπτυξης να περιέχει μέχρι και 1400 σπόρους (Παλούκης & Ντινόπουλος, 1989).



Σχήμα 1 : Ο καρπός του ακτινιδίου (://www.yiannislucacos.gr)

Σύμφωνα με τον Δημουλά (1988) υπάρχουν συγκεκριμένες παράμετροι που ευνοούν την καλλιέργεια ακτινιδίων, ώστε αυτή να εξασφαλίζει υψηλή παραγωγή και ανώτερη ποιότητα. Οι παράμετροι είναι το κλίμα, η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική υγρασία, ο άνεμος, η βροχόπτωση και το έδαφος.

5.1.2 Χημική σύσταση ακτινιδίων

Τα μέρη του ακτινιδίου έχουν διαφορετική χημική σύσταση και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο έχουν και διαφορετική γεύση μεταξύ τους (Rossiter, 2000). Το μεγαλύτερο σε περιεκτικότητα στοιχείο των ακτινιδίων είναι το νερό και ακολουθούν οι υδατάνθρακες. Το ποσοστό των στοιχείων, που συναντάται στα ακτινίδια, εξαρτάται τόσο από την ποικιλία των ακτινιδίων όσο και από το βαθμό ωριμότητάς τους (Castaldo., et al., 1992).

Τα βασικά σάκχαρα, τα οποία περιέχει το ακτινίδιο, είναι η φρουκτόζη και η γλυκόζη. Όμως σε κάποιες ποικιλίες αλλά σε μικρότερο ποσοστό υπάρχει και η σουκρόζη (Sanz et al., 2004). Ακόμη, πρέπει να υπογραμμισθεί σε αυτό το σημείο ότι τα ακτινίδια περιέχουν σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό βιταμίνης C σε σύγκριση με άλλα φρούτα, ενώ σημαντικά υψηλότερα είναι και τα επίπεδα περιεκτικότητας βιταμίνης E, σε σύγκριση και πάλι με άλλες κατηγορίες φρούτων (McGhie & Ainge, 2002).

Επιπρόσθετα, τα ακτινίδια περιλαμβάνουν μία σειρά από μεταλλικά στοιχεία, με το κάλιο να είναι αυτό που βρίσκεται σε αφθονία. Επίσης περιλαμβάνονται σημαντικά ποσοστά ασβεστίου, σιδήρου, μαγνησίου και νατρίου (McGhie & Ainge, 2002). Από την άλλη πλευρά, οι σπόροι του περιέχουν έλαια, τα οποία αυξάνουν την περιεκτικότητα του φρούτου σε λίπη. Έχει βρεθεί πως τα συγκεκριμένα έλαια δεν περιλαμβάνουν χοληστερίνη, επίσης πως είναι χαμηλά τα ποσοστά ακόρεστου λίπους και τέλος πως η συγκέντρωση των πολυακόρεστων λιπών είναι υψηλότερη (USDA., 2009).

Ενδεικτικά, παρέχεται η συνολική αποτίμηση της χημικής σύστασης των ακτινιδίων. Για παράδειγμα ο παρακάτω πίνακας <πίνακας 1> αναφέρεται στις ποικιλίες Hayward και Hort16A (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Χημική Σύσταση Ακτινιδίων (McGhie & Ainge, 2002)

Συστατικό	Ποικιλία Hayward	Ποικιλία Hort
Ενεργειακή αξία (kJ/100g)	205-276	226.8
Νερό (%)	80-88	83.4
Πρωτεΐνη (%)	0.11-1.20	1.30
Λιπίδια (%)	0.07- 0.90	0.60
Φυτικές ίνες	1.10-3.30	1.40
Υδατάνθρακες	17.50	11.30
Βιταμίνες (mg/100gr)		
Βιταμίνη C	80-120	108.9
Βιταμίνη A	175	72
Θειαμίνη	0.014-0.02	0.03
Ριβοφλαβίνη	0.01-0.05	0.05
Βιταμίνη B6	0.15	0.10
Βιταμίνη E	1.46	2.20
Μεταλλικά Στοιχεία (mg/100g)		
Ασβέστιο	16-51	21.40
Μαγνήσιο	10-32	14.50
Άζωτο	93-163	124-150
Φώσφορος	22-67	28.7
Κάλιο	185-576	299.6
Σίδηρος	0.2-1.2	0.40
Νάτριο	2.8-4.7	3.20
Μαγγάνιο	0.07-2.30	0.615
Ψευδάργυρος	0.08-0.32	0.10
Χαλκός	0.06-0.16	0.10

Ωστόσο, το σημαντικότερο σημείο για την ασφαλή συγκομιδή, συντήρηση αλλά και προσφορά των ακτινιδίων στην αγορά βρίσκεται στα επίπεδα των σακχάρων. Μάλιστα, τα επίπεδα σακχάρων είναι εκείνα τα οποία αποτελούν τον κεντρικό γνώμονα για τις απαραίτητες τεχνικές προδιαγραφές ως προς τις ελάχιστες απαιτήσεις ωρίμανσης των ακτινιδίων, με τη σχετική υπουργική απόφαση. Σύμφωνα με την απόφαση, οι υπεύθυνοι προβαίνουν στην συγκομιδή του προϊόντος μετά από την σχετική γνωμοδότηση της αρμόδιας Διεύθυνσης Αγροτικής Ανάπτυξης - Γεωργίας.

Ειδικότερα, τα πιο σημαντικά σημεία της σχετικής υπουργικής απόφασης καθορίζονται ως εξής:

- Οι τυποποιητές - συσκευαστές στην περιοχή παραγωγής προβαίνουν σε τυποποίηση - συσκευασία των ακτινιδίων εφόσον αυτά έχουν αποκτήσει φυσιολογικά , τουλάχιστον 6,2 Brix ή μέση περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία 15%.
- Οι εισαγωγείς - εξαγωγείς διασφαλίζουν ότι κατά το στάδιο της εισαγωγής – εξαγωγής οι παρτίδες ακτινιδίων έχουν αποκτήσει βαθμό Brix τουλάχιστον 6,2° ή 15% μέση περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία .
- Οι έμποροι διαθέτουν τα ακτινίδια σε όλα τα άλλα στάδια εμπορίας που έπονται της τυποποίησης – συσκευασίας , της εισαγωγής και της εξαγωγής, αφού αυτά έχουν αποκτήσει τουλάχιστον 9,5° Brix.

5.2. Ωσμωτική αφυδάτωση

5.2.1. Γενικά

Η ωσμωτική αφυδάτωση είναι μία διαδικασία απομάκρυνσης του νερού κατά την οποία τα τρόφιμα με κυτταρική οργάνωση, όπως είναι και το ακτινίδιο, τοποθετούνται σε κατάλληλα υπερτονικά διαλύματα όπως διαλύματα σακχάρων, αλάτων ή ακόμα και μειγμάτων σακχάρων / αλάτων (Lenart & Flink, 1984; Oliveira et al., 1999) .

Κατά την ωσμωτική αφυδάτωση πραγματοποιείται διάχυση νερού που περιέχεται στο φυτικό ιστό και ταυτόχρονη διάχυση διαλυμένης ουσίας (ζάχαρο ή αλάτι) που περιέχεται στο ωσμωτικό διάλυμα. Αυτό πραγματοποιείται προς τις δύο κατευθύνσεις μέσω της ημιπερατής κυτταρικής μεμβράνης (Lenart & Flink, 1984; Nunak & Sleinnig, 2007). Μάλιστα, η ενεργότητα του νερού του ωσμωτικού διαλύματος είναι μικρότερη από την ενεργότητα του τροφίμου ή αντίστοιχα η ωσμωτική πίεση του διαλύματος είναι μεγαλύτερη από την ωσμωτική πίεση του τροφίμου (Mayor et al., 2004). Έτσι μέσα από αυτή τη διαδικασία η διαλυμένη ουσία εισέρχεται από το διάλυμα στο εσωτερικό του τροφίμου και αντίστοιχα το νερό από το φρούτο εισέρχεται στο διάλυμα. Ο ρυθμός εξόδου του νερού από το τρόφιμο είναι συνήθως μεγαλύτερος από το ρυθμό διάχυσης της διαλυμένης ουσίας προς αυτό και έτσι το τελικό προϊόν ενώ παρουσιάζει υψηλά ποσοστά αφυδάτωσης έχει πολύ μικρή απορρόφηση διαλυμένης ουσίας (Mayor et al., 2004).

Στόχος της αφυδάτωσης των τροφίμων είναι η απομάκρυνση του νερού σε τέτοια επίπεδα προκειμένου να υπάρχει ελαχιστοποίηση των ανεπιθύμητων χημικών αντιδράσεων και της προσβολής του τροφίμου από μικρόβια. Αυτό συμβαίνει, χωρίς να σημαίνει ότι το τρόφιμο, το οποίο υπόκειται σε αυτή την διαδικασία, έχει μικροβιολογική σταθερότητα. Έτσι, εφαρμόζονται επιπλέον διαδικασίες συντήρησης όπως για παράδειγμα η ψύξη ή η ξήρανση με στόχο την συντήρηση του τροφίμου για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Reza et al., 2009).

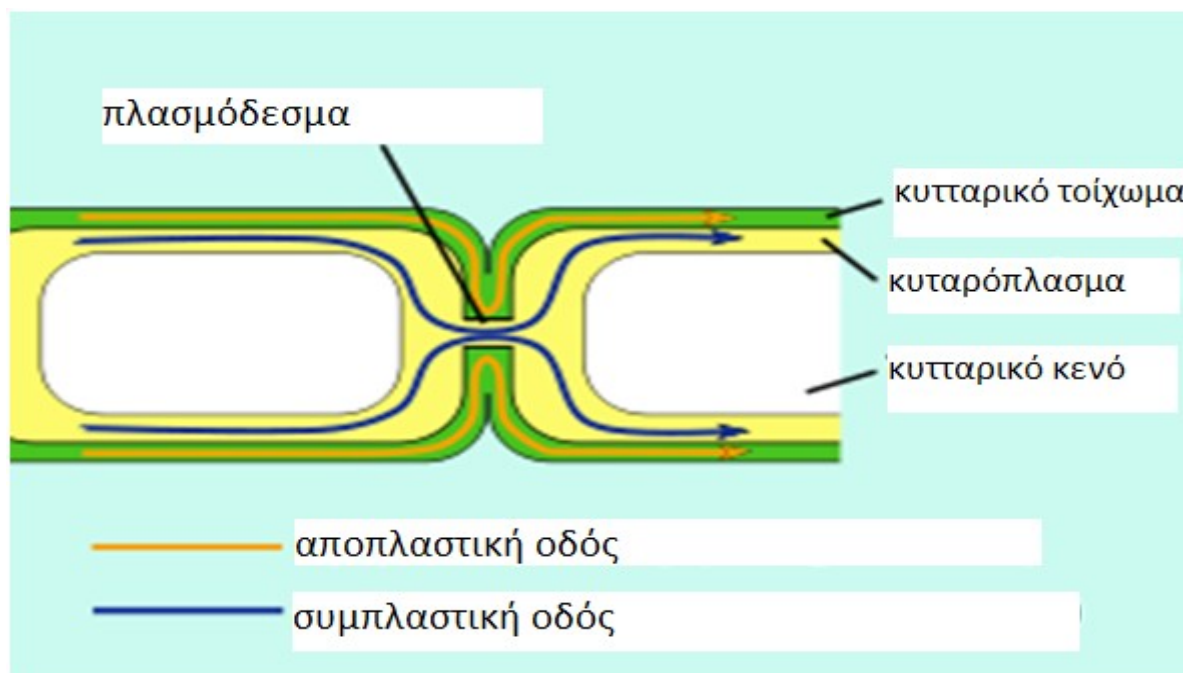
Μετά το τέλος της ωσμωτικής αφυδάτωσης μακροσκοπικά το προφίλ του ακτινιδίου στις διάφορες στιβάδες διαμορφώνεται, έτσι, ώστε η εξωτερική στιβάδα να έχει υποστεί τη μεγαλύτερη χαλάρωση και εμποτισμό με το μέσο ώσμωσης. Επιπλέον, στην μεσαία στιβάδα τα κύτταρα έχουν ελαφρός αφυδατωθεί και στην εσωτερική στιβάδα τα κύτταρα έχουν μείνει σχεδόν ανεπηρέαστα.

Η ενεργότητα του νερού του ωσμωτικού μέσου παίζει σημαντικό ρόλο στην διατήρηση του κυτταρικού ιστού. Όταν η ενεργότητα του νερού αυξάνεται, αυξάνεται και ο χρόνος για την επίτευξη του ίδιου αποτελέσματος. Επίσης, αυξάνεται και ο αριθμός των κατεστραμμένων κυττάρων με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο και βαθύτερο μαλάκωμα του φρούτου (Waliszewski et al., 2001).

5.2.2. Μηχανισμοί μεταφοράς μάζας

Λόγο της διάταξης της κυτταρικής δομής του φυτικού ιστού η ωσμωτική αφυδάτωση δε μπορεί να εξηγηθεί απλώς ως μια καθαρή διαδικασία, στην οποία οι κυτταρικές μεμβράνες ενεργούν ως μία ημιπερατή μεμβράνη, που επιτρέπει ορισμένη μάζα νερού να περάσει. Αντιθέτως, εξηγείται ως μια διαδικασία όπου πολλοί άλλοι μηχανισμοί ευθύνονται για τη μεταφορά μάζας, οι οποίοι μπορούν να λειτουργήσουν σε διαφορετικά επίπεδα. Σε κυτταρικό επίπεδο, υπάρχουν τρεις αποδεκτές οδοί για τη μεταφορά μάζας. Πρώτον, η αποπλαστική οδός που γίνεται ανάμεσα από την κυτταρική μεμβράνη και το τοίχωμα. Δεύτερον, η συμπλαστική οδός που γίνεται εσωτερικά προς τη κυτταροπλασματική μεμβράνη και που ορίζεται ως η μεταφορά του υλικού μεταξύ γειτονικών κύτταρων μέσω πλασμοδέσμων και των διαμεμβρανικών ροών. Τρίτον, η δράση υδροδυναμικών μηχανισμών (HDM) που ευνοείται από την πορώδη δομή των ιστών, λόγω διαφοράς συγκεντρώσεων μεταξύ φρούτου και ωσμωτικού διαλύματος. Το παραπάνω έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργείται πίεση, δημιουργία τριχοειδούς ροής και διάχυσης από τα διάκενα, όπως στα μεσοκυττάρια διαστήματα, ή σε κύτταρα των οποίων οι μεμβράνες μετουσιώνονται λόγω της επίδρασης της ώσμωσης. Το νερό από τις κυτταρικές απώλειες προκαλεί τη μείωση του όγκου, την κυτταρική αλλοίωση της μεμβράνης και το διαχωρισμό από το κυτταρικό τοίχωμα, το οποίο και παραμορφώνεται.

Στην επόμενη φάση που η ισορροπία μεταξύ ωσμωτικού μέσου και υλικού πλησιάζει, ένα μέρος του ωσμωτικού μέσου τείνει να εισέλθει εντός του υλικού, το οποίο εξαρτάται από την πτώση πίεσης, το πορώδες του υλικού, τις ρεολογικές ιδιότητες του μέσου, τη θερμοκρασία και τέλος από τον χρόνο παραμονής. (Chiralt & Talens 2004).



Σχήμα 2: Αποπλαστικός και συμπλαστικός μηχανισμός μεταφοράς μάζας (<https://en.wikibooks.org>)

5.2.3. Ωσμωτική πίεση

Ωσμωτική πίεση (Π) διαλύματος, που διαχωρίζεται με ημιπερατή μεμβράνη από τον καθαρό διαλύτη, ονομάζεται η ελάχιστη πίεση που πρέπει να ασκηθεί εξωτερικά στο διάλυμα, ώστε να εμποδιστεί το φαινόμενο της ώσμωσης, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος.

Η ωσμωτική πίεση, σύμφωνα με τον , εξαρτάται από την ποσότητα (σε mol) της διαλυμένης ουσίας σε ορισμένο όγκο διαλύματος και όχι από την φύση αυτού. Η ωσμωτική πίεση, Π , ενός διαλύματος δίνεται από την παρακάτω σχέση

$$\Pi V = i n R T$$

i : Αδιάστατος παράγοντας 't Hoff

Π : Ωσμωτική πίεση του διαλύματος

V : Όγκος του διαλύματος

n : Αριθμός mol της διαλυμένης ουσίας

R : Παγκόσμια σταθερά των αερίων

T : Απόλυτη θερμοκρασία (K)

Επειδή $n/V = c$ έχουμε, $\Pi = c R T$

Όπου, c : η συγκέντρωση (Molarity) του διαλύματος

()

Συνεπάγεται επομένως ότι σε διαλύματα σακχάρων μικρού μοριακού βάρους θα πραγματοποιηθεί μεγαλύτερη ωσμωτική πίεση από ότι σε διαλύματα μεγαλύτερου μοριακού βάρους, λόγω της μεγαλύτερης συγκέντρωσης σε mol και επομένως μεγαλύτερο ποσοστό μεταφοράς μάζας.

5.2.4. Παράγοντες που επηρεάζουν την ωσμωτική αφυδάτωση

Η επιλογή κατάλληλου ωσμωτικού διαλύματος και συγκέντρωσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Συγκεκριμένα, εξαρτάται από τις οργανοληπτικές ιδιότητες του τροφίμου, από την ικανότητα διάλυσης του ωσμωτικού διαλύματος, από τη διαπερατότητα της κυτταρικής μεμβράνης , από την ικανότητα σταθεροποίησης του και τέλος από το κόστος. Τα δυο κοινά διαλύματα που χρησιμοποιούνται είναι η ζάχαρη (κυρίως για φρούτα) και το αλάτι (για λαχανικά, ψάρια, τυρί, κρέας) (Sereno et al.,2000). Τα δύο αυτά διαλύματα, μόνα τους ή σε συνδυασμό, έχουν χρησιμοποιηθεί και ως υπέρτονα διαλύματα στην ωσμωτική αφυδάτωση. Τα διαλύματα άλατος και σακχάρων φαίνεται ότι είναι οι καλύτερες επιλογές λόγω της δραστηκότητάς τους, της ευκολίας παρασκευής και χρήσης τους και της

γεύσης τους. (Gonzalez et al.,1993). Τα σάκχαρα τα οποία χρησιμοποιούνται ως μέσα ωσμωτικής αφυδάτωσης είναι η φρουκτόζη, η μαλτόζη, η ζαχαρόζη, η ισογλυκόζη, η γλυκόζη ή μείγματα αυτών.

Κατά της διαδικασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης προτιμούνται τα διαλύματα των ουσιών αυτών σε σχέση με τη στερεή κρυσταλλική μορφή τους διότι α) η ανάμειξη των σακχάρων σε κρυσταλλική μορφή με το τρόφιμο είναι δύσκολη διαδικασία β) κατά τη διάρκεια της αφυδάτωσης τα σάκχαρα έρχονται σε επαφή με το νερό του τροφίμου και ουσιαστικά μετατρέπονται σε διάλυμα. Έτσι, είναι πιο πρακτικό να βρίσκονται από την αρχή της διαδικασίας σε μορφή διαλύματος και γ) τα διαλύματα είναι ευκολότερα στην χρήση τους σε σχέση με την κρυσταλλική μορφή της ουσίας. Αυτό συμβαίνει, καθώς το κόστος απομάκρυνσης του νερού από την ουσία είναι μεγάλο και οι μεγάλες ποσότητες της δε μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν (Pointing, 1973). Τα διαλύματα NaCl χρησιμοποιούνται κυρίως για την αφυδάτωση των λαχανικών και όχι των φρούτων λόγω της αλατώδους γεύσης που προσδίδουν στο τρόφιμο. Μια καλή λύση είναι η χρήση διαλύματος ζαχαρόζης 45% το οποίο περιέχει και 15% NaCl (Eren et al.,2005). Υπάρχει μία αξιοσημείωτη διαφορά στον τρόπο δράσης των σακχάρων και του άλατος στον ιστό της ουσίας που προορίζεται για αφυδάτωση. Ενώ, η σακχαρόζη συσσωρεύεται σε ένα λεπτό επιφανειακό στρώμα, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τη συμπίεση του επιφανειακού ιστού του τροφίμου, ενώ το αλάτι διεισδύει σε πολύ μεγαλύτερο βάθος στον ιστό του φρούτου (Gonzalez et al.,1993). Αυτό οφείλεται στο μικρότερο μοριακό βάρος του αλατιού σε σχέση με τη ζάχαρη (Sereno et al.,2000). Η παρουσία άλατος σε διάλυμα σακχάρου μπορεί να εμποδίσει το σχηματισμό της επιφανειακής κρούστας, που δημιουργεί το σακχαρούχο διάλυμα προωθώντας έτσι την μεγαλύτερη αποβολή νερού από το τρόφιμο (Eren et al.,2005).

Η διαδικασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης μπορεί να επηρεαστεί από μία σειρά παραγόντων, όπως είναι το είδος, η ποικιλία και ο βαθμός ωριμότητας του προϊόντος. Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν την κυτταρική δομή του φρούτου, την περιεκτικότητά του σε διαλυμένες ουσίες, τη συνεκτικότητα των ιστών του αλλά και τον παγιδευμένο αέρα (Mayor et al., 2007). Μάλιστα, η θέση στο εσωτερικό του τροφίμου από την οποία προέρχονται οι ιστοί επηρεάζουν την ωσμωτική αφυδάτωση, καθώς έχει βρεθεί ότι σε φρούτα της ίδιας ποικιλίας, η προέλευση των ιστών από τις εξωτερικές στιβάδες δίνουν μεγαλύτερο βαθμό αφυδάτωσης σε σύγκριση με τους ιστούς στις εσωτερικές (Vincent, 1989). Επίσης, το σχήμα και το μέγεθος παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην ανταλλαγή μάζας (Oliveira et al., 1999). Ειδικότερα, αναλύονται παρακάτω.

Θερμοκρασία ωσμωτικού διαλύματος

Η θερμοκρασία κατά την επεξεργασία αποτελεί σημαντική παράμετρο της ωσμωτικής αφυδάτωσης, διότι η αύξηση της θερμοκρασίας του ωσμωτικού διαλύματος οδηγεί σε έντονη απώλεια νερού (Beristain et al., 1990). Οι Rahman και Lamb (1990) παρατήρησαν ότι σε υψηλές θερμοκρασίες το ωσμωτικό διάλυμα δεν διαχέεται τόσο εύκολα, όσο το νερό, μέσω των κύτταρων του προϊόντος και έτσι η ωσμωτική ισορροπία επιτυγχάνεται κυρίως με τη ροή του νερού από το κύτταρο με αποτέλεσμα τη μικρή μεταφορά του ωσμωτικού μέσου στο τρόφιμο.

Υψηλότερες θερμοκρασίες φαίνεται ότι ευνοούν την γρηγορότερη απώλεια νερού μέσω της καταστροφής των κυτταρικών μεμβρανών, επιταχύνοντας την διάχυση του νερού στο τρόφιμο, επειδή χαμηλώνουν το ιξώδες του ωσμωτικού διαλύματος αυξάνοντας τη μεταφορά νερού στην επιφάνεια του τροφίμου.

Συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος

Η ωσμωτική πίεση είναι ευθέως ανάλογη της μοριακής συγκεντρώσεως (Dziedzic & Keavsley, 1978). Η αυξημένη συγκέντρωση του ωσμωτικού διαλύματος έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της απώλειας νερού του τροφίμου και την αύξηση της πρόσληψης στερεών από αυτό. Παρατηρήθηκε ότι η απομάκρυνση του νερού είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με την πρόσληψη σακχάρων από το τρόφιμο. Έτσι, συνεπάγεται ότι η αυξημένη συγκέντρωση του ωσμωτικού διαλύματος έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της απώλειας νερού από το τρόφιμο (Chiralt et al., 2000).

Η αναλογία απώλειας νερού και πρόσληψης στερεών εξαρτάται και από τη συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας και από το μοριακό της βάρος. Χρησιμοποιώντας υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμάτων (60 - 70% κ.β), θα παραχθεί ένα προϊόν που έχει υποστεί σημαντική μείωση βάρους και μικρή πρόσληψη διαλυτών ουσιών. Ουσιαστικά όσο υψηλότερη είναι η αναλογία απώλειας νερού και πρόσληψης στερεών τόσο καλύτερα αφυδατώνεται το τελικό προϊόν (Sereno et al., 2000).

Αντίθετα, σε διαλύματα χαμηλών συγκεντρώσεων παρατηρείται μεγάλη πρόσληψη διαλυτών ουσιών από το προϊόν. Υπάρχει μια καλή ένδειξη ότι το μοριακό βάρος των διαλυμένων ουσιών έχει σημαντική επίδραση στην απώλεια νερού και στην πρόσληψη των στερεών. Συγκεκριμένα υπάρχει μια ισχυρή γραμμική σχέση μεταξύ του μεγέθους των διαλυτών στερεών και της πρόσληψης των στερεών (Oliveira, 2005).

Το βάθος της προσρόφησης του ωσμωτικού μέσου είναι μεγαλύτερο, όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του ωσμωτικού διαλύματος. Το μοριακό βάρος του ωσμωτικού μέσου είναι σημαντική παράμετρος της διεργασίας, καθώς επηρεάζει το ρυθμό απώλειας νερού και πρόσληψης στερεών. Αύξηση του μοριακού βάρους, άρα και του μεγέθους των μορίων, επιφέρει ελάττωση στην πρόσληψη στερεών και δεν ενισχύει την απώλεια νερού (Raoult & Wack, 1994). Σάκχαρα χαμηλού μοριακού βάρους, όπως η γλυκόζη, η φρουκτόζη, ευνοούν την πρόσληψη σακχάρου από το προϊόν, εξαιτίας της μεγάλης ταχύτητας διείσδυσης των μορίων. Συνεπώς, το κυρίαρχο αποτέλεσμα της ωσμωτικής επεξεργασίας στην περίπτωση αυτή είναι ο επιλεκτικός εμπλουτισμός σε στερεά και όχι τόσο η αφυδάτωση του τροφίμου .

pH

Η ωσμωτική αφυδάτωση επηρεάζεται επίσης από το pH του ωσμωτικού διαλύματος. Οι Moy et al. (1978) παρατήρησαν ότι σε όξινο διάλυμα ο ρυθμός απομάκρυνσης του νερού αυξάνεται από τις αλλαγές στις ιδιότητες του ιστού και στην υφή των φρούτων και των λαχανικών. Οι Contreras & Smyrl (1981) ανέφεραν ότι η απομάκρυνση του νερού είναι μέγιστη σε pH 3 για δαχτυλίδια μήλου που τοποθετήθηκαν σε σιρόπι καλαμποκιού. Σε pH 2 τα δαχτυλίδια μήλου έγιναν πιο μαλακά, το οποίο ίσως

οφείλεται στην υδρόλυση και στον αποπολυμερισμό της πηκτίνης. Ωστόσο, η σκληρότητα των μήλων διατηρείται σε τιμές pH μεταξύ 3 - 6.

Είδος ωσμωτικού διαλύματος

Η επιλογή κατάλληλων διαλυμάτων για την ωσμωτική αφυδάτωση παίζει σημαντικό ρόλο γιατί εξαρτάται από το κόστος των ουσιών, αν αυτά είναι οργανοληπτικά συμβατά με το τελικό προϊόν. Επίσης εξαρτάται από το μοριακό βάρος της ουσίας και από τη διατήρηση της δράσης της. Για να θεωρηθεί επιτυχημένο ένα ωσμωτικό μέσο θα πρέπει να επιφέρει αποτελεσματική όσμωση, δηλαδή ταχύ ρυθμό απώλειας νερού, χαμηλή τιμή ενεργότητας νερού, να προσδίδει καλές φυσικοχημικές και λειτουργικές ιδιότητες στο τρόφιμο, βελτιωμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, καλές διατροφικές ιδιότητες και τέλος να έχει αποδεκτό κόστος. Πολλές ουσίες μόνες τους ή σε συνδυασμούς έχουν χρησιμοποιηθεί ως διαλύματα για την ωσμωτική αφυδάτωση (Maguer, 1988). Διαλύματα ζάχαρης και άλατος αποδείχθηκαν οι καλύτερες επιλογές λόγω της αποτελεσματικότητάς τους, της ευκολίας τους, της γεύσης τους και του κόστους τους. Το είδος του ωσμωτικού διαλύματος που χρησιμοποιείται επηρεάζει σημαντικά το ρυθμό μεταφοράς μάζας (δηλαδή τη μετακίνηση του περιεχόμενου νερού και των στερεών του τροφίμου), το βάθος διείσδυσης των προσλαμβανόμενων στερεών, τον απαιτούμενο χρόνο επίτευξης ισορροπίας, αλλά επιπλέον και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος (Lenart & Flink, 1984a,b). Οι Lenart και Flink (1984a), συγκρίνοντας διάφορα ωσμωτικά διαλύματα (σακχαρόζη, άλας και συνδυασμό των δυο αυτών) σε σταθερή συγκέντρωση ανέφεραν ότι μικτά διαλύματα σακχαρόζης και αλατιού έδωσαν εντονότερη μείωση της ενεργότητας του νερού στα προϊόντα σε σύγκριση με το καθαρό διάλυμα σακχαρόζης και άλατος, αν και τα ποσοστά μεταφοράς νερού ήταν παρόμοια. Περαιτέρω μελέτες τους έδειξαν ότι το διάλυμα σακχαρόζης συσσωρεύτηκε ως λεπτό στρώμα στην επιφάνεια του τροφίμου με αποτέλεσμα να εμποδίζει τη μεταφορά μάζας ενώ το διάλυμα άλατος βρέθηκε να διαπερνά τον ιστό σε βάθος. Ο συνδυασμός του μικτού διαλύματος σακχαρόζης και άλατος επέτρεψε την εντονότερη μείωση της ενεργότητας του νερού, γιατί το αλάτι εμπόδισε το σχηματισμό του λεπτού στρώματος, όπως έγινε με την περίπτωση του διαλύματος της σακχαρόζης. Εκτός από τα φρούτα και τα λαχανικά, ζαχαρούχα και αλατούχα διαλύματα έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για την αφυδάτωση ζωικών προϊόντων.

Η ανακίνηση / ανάδευση του ωσμωτικού διαλύματος

Η ανακίνηση διαλύματος δεν επηρεάζει μόνο την απώλεια νερού και την πρόσληψη στερεών αλλά και το χρόνο, που επιτυγχάνονται τα επιθυμητά αποτελέσματα, μέσω της καλύτερης και συνεχούς επαφής, που επιτυγχάνεται μεταξύ τροφίμου και ωσμωτικού διαλύματος, κυρίως στην περίπτωση διαλυμάτων με μεγαλύτερη συγκέντρωση άρα και μεγαλύτερο ιξώδες (Manrourdis et al., 1998). Σε διαλύματα με χαμηλή συγκέντρωση, η ανάδευση, η οποία επιταχύνει την κυκλοφορία του διαλύματος φαίνεται ότι δεν έχει ιδιαίτερη επίδραση στην μεταφορά της μάζας. Επιπλέον, η ανάδευση παρεμποδίζει τη δημιουργία επιφανειακού στρώματος στερεών στην εξωτερική επιφάνεια του προϊόντος, επηρεάζοντας σαφώς τη μετακίνηση του νερού διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία του τροφίμου σε όλη τη μάζα του. Μειονέκτημα της ανάδευσης αποτελεί η ευθραυστότητα του τελικού προϊόντος (Vial et al., 1991).

Γεωμετρικό μέγεθος του τροφίμου

Η γεωμετρία του προϊόντος επηρεάζει τη συμπεριφορά της ωσμωτικής αφυδάτωσης. Μεταβολές του εμβαδού της επιφανείας ανά μονάδα όγκου (ή μάζας) επηρεάζουν την ένταση της διάχυσης του νερού, καθώς και τις διαλυτές ουσίες, που εμπλέκονται στη μεταφορά μάζας (Lericci et al., 1985). Δείγματα με μεγαλύτερη ειδική επιφάνεια (π.χ. δακτύλιοι) παρουσιάζουν μεγαλύτερη απώλεια νερού και πρόσληψη στερεών, συγκριτικά με δείγματα με μικρότερη ειδική επιφάνεια (π.χ. φέτες, sticks) (Lericci et al., 1985).

Αναλογία βάρους του ωσμωτικού διαλύματος προς βάρους του τροφίμου

Ο Ponting (1966) και ο Flink (1979) ανέφεραν ότι η αύξηση της αναλογίας του ωσμωτικού διαλύματος ως προς την μάζας του δείγματος είχε αποτέλεσμα την αύξηση της απώλειας νερού, καθώς και την αύξηση στην πρόσληψη στερεών στην ωσμωτική αφυδάτωση. Για να αποφευχθεί η αραίωση του ωσμωτικού μέσου, επιλέγεται να χρησιμοποιείται μια μεγάλη αναλογία 30:1 η οποία έχει σαν αποτέλεσμα να αποφευχθεί σημαντικά η μείωση της ωσμωτικής πίεσης κατά τη διεργασία. Πρέπει να αναφερθεί ότι έχουν χρησιμοποιηθεί μικρότερες αναλογίες 4:1 ή 3:1 για την παρακολούθηση της μεταφορά μάζας από της αλλαγές της συγκέντρωσης του ωσμωτικού διαλύματος (Conway et al., 1983).

Φυσικοχημικές ιδιότητες των τροφίμων

Η χημική σύνθεση (πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπος και άλατα), η φυσική δομή (πορώδες, διάταξη των κυττάρων και ο προσανατολισμός των ινών) μπορούν να επηρεάσουν την ωσμωτική αφυδάτωση στα τρόφιμα (Islam & Flink, 1982).

Είδος, ποικιλία και επίπεδο ωριμότητας προϊόντος

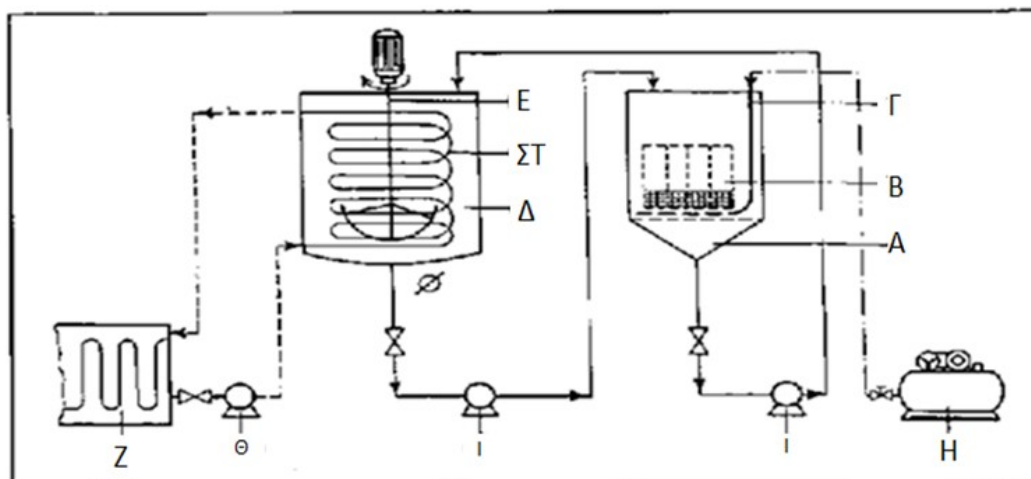
Διαφορετικά είδη, διαφορετικές ποικιλίες του ίδιου είδους, ακόμα και διαφορετικά επίπεδα ωριμότητας της ίδιας ποικιλίας έχουν δώσει διαφορετικά δεδομένα ως προς την εφαρμογή της ωσμωτικής αφυδάτωσης. Το είδος, η ποικιλία και το επίπεδο ωριμότητας, έχουν μια σημαντική επίδραση στη φυσική δομή των ιστών όσον αφορά τη δομή της κυτταρικής μεμβράνης, τον λόγο των πρωτοπηκτινών προς τις διαλυτές πηκτινικές, το ποσό των αδιάλυτων στερεών, τη συνεκτικότητα του φυτικού ιστού, την ύπαρξη του παγιδευμένου αέρα και την ύπαρξη ενζύμων (Hartel, 1967).

Διάρκεια διεργασίας

Μελέτες που διεξήχθησαν παρουσίασαν την ύπαρξη ισορροπίας μεταξύ προϊόντος και ωσμωτικού διαλύματος, η οποία χαρακτηρίζεται από μια ισότητα της ενεργότητας του νερού και της συγκέντρωσης των διαλυτών στερεών του προϊόντος και αυτού του διαλύματος. Η χρονική διάρκεια της διεργασίας επιλέγεται πριν από την ισορροπία. Αυτό συμβαίνει προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν και οι παρατηρούμενες αλλοιώσεις στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπό επεξεργασία τροφίμων, τα οποία ενισχύονται με τη μακρόχρονη όσμωση. Για την εκτίμηση της κατάστασης ισορροπίας διαπιστώθηκε από δεδομένα ότι η μεταφορά μάζας δεν μεταβλήθηκε σημαντικά από 4 έως 20 ώρες. Στις επόμενες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν, η διαδικασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης διήρκεσε από 3 έως 5 ώρες

και παρατηρήθηκε ότι το πρώτο χρονικό διάστημα είναι το πιο σημαντικό δεδομένου ότι η μεταφορά μάζας ήταν εντονότερη και γρηγορότερη Lenart και Flink (1984a). Επίσης, αυτό τεκμηριώνεται από την έρευνα του Λαζαρίδη (1994), ο οποίος ανέφερε ότι κατά τη πρώτη ώρα της οσμωτικής αφυδάτωσης σε κομμένα μήλα, ο ρυθμός απώλειας του νερού μειώθηκε περίπου 50% έναντι του αρχικού και μέσα σε 3 ώρες το προϊόν είχε χάσει το 50% της αρχικής του υγρασίας και σχεδόν υπερδιπλασιαστήκαν τα ολικά στερεά του προϊόντος λόγω των σακχάρων. Έτσι, πρότεινε τη πρόωρη διακοπή της οσμωτικής αφυδάτωσης και ανέφερε ότι η χρονική διάρκεια της διεργασίας ρυθμίζεται από την επιθυμητή τιμή της υγρασίας στο τρόφιμο, καθώς και από το βαθμό πρόσληψης στερεών που είναι ανεκτός για το εκάστοτε προϊόν.

Στο παρακάτω σχήμα <Σχήμα 3> παρουσιάζεται μια διάταξη οσμωτικής αφυδάτωσης όπου αποτελείται από τη δεξαμενή ώσμωσης όπου μέσα είναι τοποθετημένα τα καλάθια που περιέχουν το τρόφιμο με παροχή συμπιεσμένου αέρα που προέρχεται από έναν συμπιεστή, η δεύτερη δεξαμενή περιέχει το οσμωτικό μέσο (σιρόπι) το οποίο αναδεύεται με αναδευτήρα και υπάρχει και μια σπείρα για την ψύξη του με τη βοήθεια ψυκτικού μέσου. Το οσμωτικό μέσο κυκλοφορεί συνεχώς σε ένα κλειστό κύκλωμα με την βοήθεια γραντζωτής και φυγοκεντρικής αντλίας.



A: Δεξαμενή Ώσμωσης **B:** Καλάθια με δείγματα φρούτου **Γ:** Σύμπιεσμενος αέρας **Δ:** Δεξαμενή σιροπιού **E:** Αναδευτήρας **ΣΤ:** Σπείρα ψύξης **Z:** Δεξαμενή ψύξης **H:** Σύμπιεστής αέρα **Θ:** Φυγοκεντρική αντλία **I:** Γραντζωτή αντλία (—) Σιρόπι σακχαρόζης (-----) Νερό ψύξης (- - - -) Αέρας

Σχήμα 3: Διάταξη οσμωτικής αφυδάτωσης (FAO 1992)

5.2.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Η συγκεκριμένη διαδικασία όπως και κάθε άλλη σχετική χαρακτηρίζεται από μία σειρά από πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Όσον αφορά τα πλεονεκτήματα, αυτά έχουν ως εξής .

- Τα προϊόντα της ωσμωτικής αφυδάτωσης διατηρούν τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά όπως σχήμα, χρώμα, άρωμα σε ικανοποιητικό βαθμό. Συγκεκριμένα επειδή η ωσμωτική αφυδάτωση πραγματοποιείται σε χαμηλές θερμοκρασίες ελαχιστοποιείται η αλλοίωση του χρώματος και η υποβάθμιση του αρώματος των τροφίμων (Oliveira et al., 1999).

- Η γεύση των ωσμωτικά αφυδατωμένων τροφίμων είναι διαφορετική σε σχέση με την γεύση των νωπών, διότι τα πρώτα έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση σακχάρων και μικρότερη συγκέντρωση οξέων. Αυτή η αυξημένη αναλογία σακχάρου/οξέως προσδίδει στο ωσμωτικά αφυδατωμένο τρόφιμο καλύτερο γευστικό πηλίκιο(Oliveira et al., 1999).

- Τα σάκχαρα είναι γνωστό ότι αναστέλλουν την δράση της πολυφαινολοξειδάσης η οποία είναι καταλύτης της αντίδρασης του οξειδωτικού μαυρίσματος των τροφίμων. Έτσι, τα προϊόντα της ωσμωτικής αφυδάτωσης τα οποία έχουν αυξημένη συγκέντρωση σακχάρων είναι υψηλής ποιότητας (Oliveira et al., 1999).

- Λόγω της συνεχούς εμβάπτισης του τροφίμου στο ωσμωτικό διάλυμα, η ωσμωτική αφυδάτωση είναι διαδικασία κατά την οποία το τρόφιμο δεν έρχεται σε απευθείας επαφή με το οξυγόνο και έτσι αποφεύγουμε την χρήση του διοξειδίου του θείου το οποίο χρησιμοποιείται για την αποφυγή οξειδωτικού και ενζυμικού μαυρίσματος του τροφίμου (Oliveira et al., 1999).

- Εξαιτίας της μείωσης του όγκου αλλά και της μάζας των τροφίμων έχουμε μείωση στο κόστος της συσκευασίας, μεταφοράς αλλά και αποθήκευσης των συγκεκριμένων τροφίμων. (Oliveira et al., 1999).

- Τα προϊόντα που λαμβάνονται από την ωσμωτική αφυδάτωση είναι πιο σταθερά από τα μη επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά κατά την αποθήκευση τους λόγω της μειωμένης ενεργότητας του νερού που όσο μειώνεται, μειώνεται αντίστοιχα και η ανάπτυξη των μικροοργανισμών (Tortoe, 2010).

Προχωρώντας στα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης διαδικασίας, αυτά έχουν ως εξής:

- Στα πλαίσια της διαδικασίας αυτής, παράλληλα με την αποβολή νερού υπάρχει και απώλεια κάποιων υδατοδιαλυτών συστατικών του τροφίμου, το οποίο οδηγεί σε θρεπτική υποβάθμιση του παραγόμενου τροφίμου. Ακόμη μπορεί να παρατηρηθεί απώλεια μέρους αρωματικών και χρωστικών ουσιών, οξέων αλλά μπορεί και σάρκας και σπόρων του τροφίμου (Rosa et al., 2000).

- Όταν το τρόφιμο αφυδατωθεί σε μεγάλο βαθμό σε ωσμωτικό διάλυμα σακχάρου τότε είναι πιθανόν να παρατηρηθούν φαινόμενα οξείδωσης κατά την μακροχρόνια αποθήκευσή του (Rosa et al., 2000).

- Κατά την εφαρμογή της ωσμωτικής αφυδάτωσης η αλμυρότητα ή η γλυκύτητα ορισμένων προϊόντων μπορεί να αυξηθεί, ή ακόμη και να μειωθεί η οξύτητα, πράγμα το οποίο δεν είναι επιθυμητό.

Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με έλεγχο της διαχύσεως της διαλυμένης ουσίας. Ακόμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εδώδιμες επικαλύψεις οι οποίες είναι ημι-διαπερατές μεμβράνες, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση πρόσληψης της διαλυμένης ουσίας και την αύξηση της απώλειας νερού (Camirand et al.,1968). Τέλος, επιχρίσματα εμπλουτισμένα με ειδικά πρόσθετα θα μπορούσαν να αναπτυχθούν με την ωσμωτική αφυδάτωση, τα οποία μειώνουν τη μικροβιακή ανάπτυξη στην επιφάνεια του τροφίμου καθώς παρέχουν φραγμό στην υγρασία και στο οξυγόνο κατά την αποθήκευση τους (Guilbert et al.,1995).

- Κατά την συνεχή λειτουργία της ωσμωτικής αφυδάτωσης και την επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος, μέσου του συστήματος της επανακυκλοφορίας παρατηρείται αύξηση της μικροβιακής επιμόλυνσης (ζυμομύκητες και μύκητες) από τον αριθμό των φορών που το ωσμωτικό διάλυμα επανακυκλοφορεί (Rosa & Giroux, 2001).

- Το κόστος του ωσμωτικού διαλύματος (Tortoe, 2010).

- Οι ανεπαρκείς πληροφορίες της βιβλιογραφίας και τα περιορισμένα διαθέσιμα στοιχεία δεν συντελούν στο να επιτευχθεί αποτελεσματικός σχεδιασμός και έλεγχος αυτής της διαδικασίας από τη βιομηχανία τροφίμων. Οι περισσότερες από τις μελέτες όσμωσης έχουν ασχοληθεί με την ποιοτική πρόβλεψη των παραγόντων επεξεργασίας, και όχι με την ποσοτική πρόβλεψη, η οποία είναι απαραίτητη για την βιομηχανική χρήση στο σχεδιασμό και στον έλεγχο της διαδικασίας (Rahman & Lamb, 1990).

- Τα φρούτα και τα λαχανικά έχουν την τάση να επιπλέουν στο συμπυκνωμένο σιρόπι, λόγω της υψηλότερης πυκνότητας του σιροπιού (Rahman & Lamb, 1990).

- Το ιξώδες του σιροπιού ασκεί σημαντική αντίσταση μεταφοράς μάζας, προκαλώντας δυσκολία στην ανάδευση και το σιρόπι τείνει να προσκολλάται στην επιφάνεια του τροφίμου.

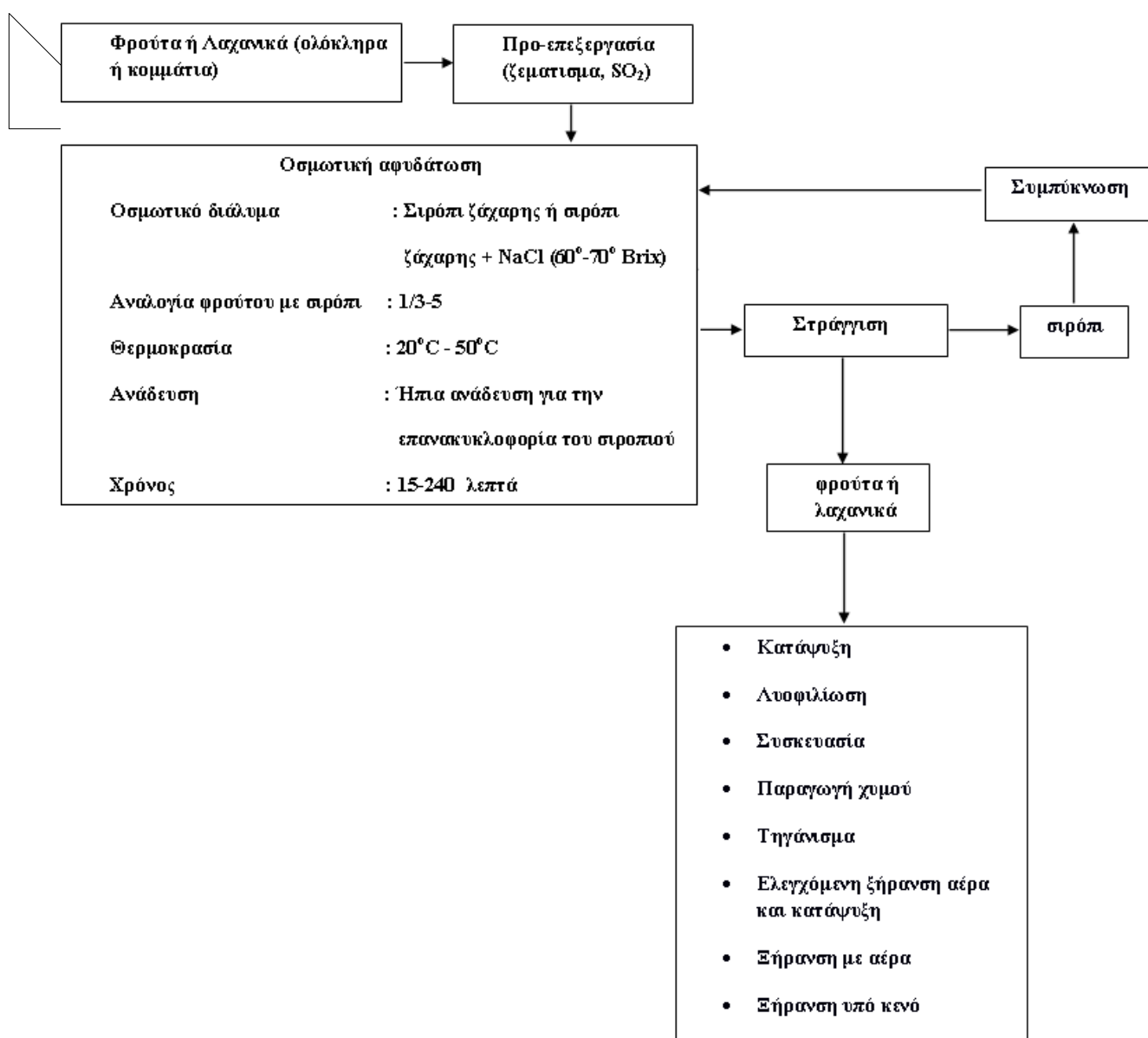
- Μπορεί να συμβεί η θραύση των κομμένων σε τεμάχια φρούτων ή λαχανικών από τη ροή του σιροπιού σε περίπτωση συνεχούς διεργασίας ή από τη μηχανική ανάδευση σε περίπτωση της ασυνεχούς διεργασίας. (Rahman & Lamb, 1990)

- Η ισορροπία είναι το τελικό σημείο της όσμωσης, αλλά για πρακτικούς λόγους πρέπει να θεωρηθεί ως παράγοντας της ωσμωτικής αφυδάτωσης για να διασφαλιστεί η ποιότητα του τελικού προϊόντος. Αυτά περιλαμβάνουν τη βλάβη στα κύτταρα και την αλλοίωση της γεύσης λόγω του μεγαλύτερου χρόνου επεξεργασίας και επαναχρησιμοποίησης του σιροπιού (Rahman & Lamb, 1990).

Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν μία σειρά από σημαντικά πλεονεκτήματα από αυτή την διαδικασία, οι μεγάλης κλίμακας εφαρμογές της ωσμωτικής αφυδάτωσης παρεμποδίζονται από μία σειρά από σημαντικά ζητήματα τα οποία πρέπει να επιλύονται άμεσα. Ειδικότερα, πρέπει να πραγματοποιείται ικανοποιητικός έλεγχος της επεξεργασίας, να υπάρχει μία φιλική προς το περιβάλλον διαχείριση καθώς επίσης να αποτελεί βασική προϋπόθεση η μικροβιολογική αξιολόγηση της διαδικασίας (Oliveira et al., 1999).

5.2.6. Ωσμωτική αφυδάτωση ως μέθοδος προ-επεξεργασίας

Η χρήση της ωσμωτικής αφυδάτωσης στην επεξεργασία τροφίμων είναι σημαντική ως στάδιο προ-επεξεργασίας ιδιαίτερα πριν από την ξήρανση και την κατάψυξη τροφίμων (Σχήμα 4), επειδή μειώνει τις ενεργειακές απαιτήσεις αυτών των διαδικασιών. Παρακάτω γίνεται αναφορά των τεχνικών που χρησιμοποιούν την ωσμωτική αφυδάτωση ως μέθοδο προ-επεξεργασίας. Βοηθά επίσης στη διατήρηση των λειτουργικών και οργανοληπτικών ιδιοτήτων του τροφίμου όπως η καλύτερη διατήρηση χρώματος και της γεύσης και η υψηλή συγκέντρωση του σακχάρου αποτρέπει τον αποχρωματισμό ιδιαίτερα στα φρούτα και στα λαχανικά (M. Ozdemir et al., 2008; Torreggiani, 1993).



Σχήμα 4: Διάφορες εφαρμογές της ωσμωτικής αφυδάτωσης ως διεργασία στη βιομηχανία τροφίμων.

Κατάψυξη

Τα κατεψυγμένα φρούτα και λαχανικά στη βιομηχανία τροφίμων απαιτούν πολύ ενέργεια για να ψυχθούν λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε νερό που διαθέτουν. Ο Huxsoll (1982) τόνισε ότι η μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία του τροφίμου μειώνει το φορτίο ψύξης κατά τη διάρκεια της κατάψυξης. Άρα, ο συνδυασμός της ωσμωτικής αφυδάτωσης ως μέθοδος προ-επεξεργασίας πριν την κατάψυξη μειώνει την ενεργειακή απαίτηση άλλα και την περιεκτικότητα σε νερό στα φρούτα και στα λαχανικά.

Άλλα πλεονεκτήματα του συνδυασμού αυτών των δυο διεργασιών είναι η εξοικονόμηση εξόδων συσκευασίας, διανομής και η επίτευξη υψηλής ποιότητας προϊόντος, δηλαδή βελτιώνει τα χαρακτηριστικά της υφής φρούτων και λαχανικών, αποτρέπει την αμαύρωση τους, την καταστροφή των κυττάρων τους και αποτρέπει την μεγάλη απώλεια νερού κατά την απόψυξη τους.

Τα προϊόντα που παράγονται από τον συνδυασμό των δυο αυτών διεργασιών ονομάζονται «dehydrofrozen» και ο συνδυασμός των διεργασιών αυτών «osmo-dehydrofreezing». Η «osmo-dehydrofreezing» έχει χρησιμοποιηθεί στην διατήρηση των φρούτων και λαχανικών, όπως φράουλες, μήλα, αχλάδια, ντομάτες, ακτινίδια, πράσινα φασόλια, κλπ. (Torreggiani, 1993; Zhao, 2013)

Παραγωγή συμπυκνωμένου χυμού και κρασιού

Η ωσμωτική αφυδάτωση βρίσκει εφαρμογή ως προ-στάδιο πριν από την παραγωγή συμπυκνωμένου χυμού, η οποία προσδίδει έντονο άρωμα στο συμπυκνωμένο χυμό φρούτων ή λαχανικών.

Επιπλέον, η ωσμωτική αφυδάτωση έχει προταθεί στην οινοποιία, καθώς μειώνει τις τανίνες και τις όξινες ενώσεις στο γλεύκος βελτιώνοντας την αναλογία σακχάρου/οξέος. Το παραπάνω έχει σαν αποτέλεσμα το κρασί να αποκτάει καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Torreggiani, 1993).

Κονσερβοποίηση

Ο συνδυασμός της ωσμωτικής αφυδάτωσης με τη συσκευασία χρησιμοποιείται για κονσερβοποιημένα φρούτα μέσα σε σιρόπι όπως οι κομπόστες. Η διαδικασία ονομάζεται osmo-appertization. Η λειτουργία αυτής της τεχνικής βασίζεται στη προ-συμπύκνωση των φρούτων σε σιρόπι, 20-40° Brix, με αποτέλεσμα το προϊόν να έχει μεγαλύτερη αντοχή στην ακόλουθη θερμική επεξεργασία, χωρίς να επηρεάζεται έντονα το χρώμα του προϊόντος. Επίσης, αυξάνει τη σταθερότητα της υφής. Τα προϊόντα που λαμβάνονται έχουν διάρκεια ζωής έως και 12 μήνες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και προσδίδουν καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, λόγω του μεγάλου ειδικού βάρους καθώς και της μείωση του όγκου, οι περιέκτες γεμίζουν με περισσότερο προϊόν (Torreggiani, 1993; Tsotsas., 2012)

Ξήρανση

Ο συνδυασμός ωσμωτικής αφυδάτωσης με ξήρανση με αέρα χρησιμοποιείται συνήθως στις τροπικές χώρες για την παραγωγή των λεγόμενων "ημι-ζαχαρωμένων" αποξηραμένων φρούτων . Το ωσμωτικό διάλυμα είναι σιρόπι σακχαρόζης 75° Brix σε θερμοκρασία 60-70°C για 1 ώρα για να

απομακρυνθεί ένα μέρος του νερού και να γίνει πρόσληψη σακχάρων πριν από την περαιτέρω ξήρανση. Έτσι με την πρόσληψη σακχάρων, αποφεύγει η χρήση του SO₂ στα αποξηραμένα φρούτα και επιπλέον αυξάνει τη σταθερότητα των χρωστικών ουσιών κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και κατά την περίοδο αποθήκευσης. Οι οργανοληπτικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος είναι βελτιωμένες, επειδή ορισμένα οξέα από το φρούτο απομακρύνονται κατά τη διάρκεια της ωσμωτικής αφυδάτωσης, έτσι αποκτάται ένα γλυκό προϊόν σε σχέση με τα άλλα αποξηραμένα φρούτα. Λόγω της μείωσης του βάρους και του όγκου, η τροφοδοσία στο ξηραντήρα μπορεί να αυξηθεί έως δυο φορές (Torreggiani, 1993; Askar, 1998).

Υπάρχει μια αυξανόμενη και επιτακτική ανάγκη για απλές ανέξοδες διαδικασίες για τη διατήρηση των φρούτων και των λαχανικών των τροπικών περιοχών στις αναπτυσσόμενες χώρες, για την ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω της αλλοίωσης. Λόγω της διαθεσιμότητας της ηλιακής ενέργειας οι οικονομικοί λόγοι που συντρέχουν προσφέρουν μια καλή ευκαιρία για τη χρήση της ηλιακής ξήρανσης στις αναπτυσσόμενες χώρες. Έτσι, η ωσμωτική αφυδάτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με την ηλιακή ξήρανση, το οποίο σημαίνει ότι σε έναν κύκλο 24 ωρών κατά τη διάρκεια της ημέρας πραγματοποιείται ηλιακή ξήρανση και κατά την διάρκεια της νύχτας ωσμωτική αφυδάτωση. Αποτέλεσμα του συνδυασμού αυτού είναι η βελτίωση της θρεπτικής αξίας και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών στα φρούτα και λαχανικά με μικρό κόστος. Το ωσμωτικό διάλυμα που χρησιμοποιείται είναι συνήθως σιρόπι σακχαρόζης 70 °Brix. Ο χρόνος ξήρανσης στον ήλιο εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του προϊόντος και τις συνθήκες ξήρανσης. Τυπικά κυμαίνεται από 3 έως 4 ημέρες, αλλά μπορεί να είναι μεγαλύτερη. Κατά τη διάρκεια του χρόνου αυτού, το προϊόν πρέπει να προστατεύεται από τη βροχή, τα έντομα, από πουλιά, τα ζώα, κλπ. (Torreggiani, 1993; Kalra et al., 1981).

Η ωσμωτική αφυδάτωση εφαρμόζεται πριν από τη ξήρανση υπό κενό. Στην ξήρανση υπό κενό το τρόφιμο υποβάλλεται σε χαμηλές πιέσεις και σε ηπιότερες θερμοκρασίες ξήρανσης. Το κενό επιτρέπει στο νερό να εξατμισθεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία από ότι σε ατμοσφαιρικές συνθήκες, έτσι τα τρόφιμα μπορούν να υποστούν ξήρανση χωρίς την έκθεση τους σε υψηλές θερμοκρασίες και το χαμηλό επίπεδο οξυγόνου στην ατμόσφαιρα μειώνει τις αντιδράσεις οξειδώσεως κατά την ξήρανση. Σε γενικές γραμμές, το χρώμα, η υφή και η γεύση στα αποξηραμένα προϊόντα βελτιώνονται σε σύγκριση με τα προϊόντα που έχουν υποστεί ξήρανση σε αέρα. Τα προϊόντα είναι διογκωμένα, τραγανά με κυψελοειδή υφή και το κόστος συγκριτικά μικρότερο από τη λυοφιλίωση. Τα προϊόντα αποκτάνε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και η γεύση διαρκεί περισσότερο σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Η φυσική γεύση διατηρείται ακόμη καλύτερα από ότι με λυοφιλίωση και το χρώμα παραμένει πιο έντονο (Torreggiani, 1993; Tsotsas, 2012).

Ο συνδυασμός της ωσμωτικής αφυδάτωσης με λυοφιλίωση έχει προταθεί μόνο σε εργαστηριακή κλίμακα επειδή είναι οικονομικά ασύμφορη για μεγάλη παραγωγή. Η λυοφιλίωση αποτελείται κυρίως από δύο στάδια: (1) το προϊόν καταψύχεται, και αμέσως μετά, (2) το προϊόν ξηραίνεται με άμεση εξάχνωση του πάγου κάτω από ελαττωμένη πίεση. Τα λυοφιλωμένα προϊόντα σε κατάλληλη συσκευασία μπορούν να αποθηκευτούν για απεριόριστο χρόνο, διατηρώντας τις ιδιότητες του νωπού προϊόντος. Η ωσμωτική αφυδάτωση εφαρμόζεται για την απομάκρυνση του νερού έως και 50% του

αρχικού βάρους του καρπού σε σιρόπι σακχαρόζης. Δεδομένου ότι το κόστος της λυοφιλίωσης εξαρτάται από την ποσότητα της υγρασίας που θα αφαιρεθεί, η ωσμωτική αφυδάτωση ως μέθοδος προ-εξεργασίας μειώνει το υψηλό κόστος επεξεργασίας. Επίσης, το σιρόπι που απομένει μετά από την ωσμωτική αφυδάτωση μπορεί να ανακυκλωθεί για περαιτέρω μείωση του κόστους. Είχαν γίνει προσπάθειες για την απευθείας παραγωγή τσιπ φρούτων από τους Koshida et al (1982), οι οποίοι τοποθέτησαν σε ένα σιρόπι ζάχαρης από 5-30 °Brix φέτες φρούτων και στη συνέχεια εφάρμοσαν λυοφιλίωση, έπειτα ξήρανση με μικροκύματα σε κενό, και τέλος ξήρανση υπό κενό για να επιτευχθεί μια τελική υγρασία μικρότερη από 5 % . Έτσι το προϊόν μπορεί να καταναλωθεί ως ένα τραγανό γλύκισμα τύπου σνακ . (Torreggiani, 1993; Angela et al., 1987; Tsotsas, 2012) .

Τηγάνισμα

Όταν τα φρέσκα προϊόντα, όπως τα φρούτα τηγανίζονται, απαραίτητη προϋπόθεση είναι μία μέθοδος προ-επεξεργασία για να επιτευχθεί καλύτερη ποιότητα και πιο έντονο χρώμα. Το τηγάνισμα σε συνθήκες περιβάλλοντος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα φρούτα, επειδή η υφή και το χρώμα τους αλλοιώνονται και φαίνονται ως καμένα. Η διεργασία τηγανίσματος υπό κενό είναι μία αποτελεσματική μέθοδος για να μειωθεί η περιεκτικότητα σε έλαιο στα τηγανιτά σνακ. Κατά την διεργασία το τρόφιμο θερμαίνεται σε μία πίεση μικρότερη από την πίεση περιβάλλοντος, η οποία μειώνει το σημείο βρασμού του νερού και του ελαίου στο τρόφιμο. Επίσης είναι μια νέα μέθοδος για την παραλαβή αποξηραμένων προϊόντων τύπου τσιπς υψηλής ποιότητας με μικρό χρόνο επεξεργασίας σε σύγκριση με άλλες μεθόδους ξήρανσης φρούτων και λαχανικών.

Τα τελευταία χρόνια, το τηγάνισμα υπό κενό σε φρούτα και σε λαχανικά έχουν γίνει πολύ δημοφιλή στη νοτιοανατολική Ασία. Η συνδυασμένη αυτή διεργασία αποτελείται από 3 στάδια μετατροπής φρούτων σε τσιπ: (1) προ-επεξεργασία με ζεμάτισμα 95°C, ψύξη σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, κατάψυξη στους -20°C ($\pm 1^\circ\text{C}$), και κατά την απόψυξη σε ένα διάλυμα που περιέχει 30°Brix σιρόπι σακχάρου και 1% χλωριούχο ασβέστιο. (2) τηγάνισμα υπό κενό: στους 100°C και 0.09333 Bar για την παραγωγή τσιπ και (3) απελαίωση με φυγοκέντρωση και με την προσθήκη καρυκευμάτων για άρωμα. (Fatemeh et al., 2013; Olanda et al., 2009) .

6. Πειραματικό μέρος

6.1. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι η μελέτη της επίδρασης του ωσμωτικού μέσου και της θερμοκρασίας σχετικά με την απώλεια βάρους, καθώς και με την διείσδυση του ωσμωτικού μέσου στις εσωτερικές στιβάδες του φρούτου για την επεξεργασία μη εμπορεύσιμων ακτινιδίων με την μέθοδο της ωσμωτικής αφυδάτωσης. Στόχος είναι η αύξηση της εμπορικής τους αξίας ή η χρήση της ώσμωσης σαν μια μέθοδο προ επεξεργασίας για μια επόμενη επεξεργασία.

6.2. Υλικά και μέθοδοι

6.2.1. Πρώτη ύλη

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν μη εμπορεύσιμα ακτινίδια από τα οποία επιλέχθηκαν αυτά με παρόμοιο μέγεθος. Επίσης επιλέχθηκαν διαλύματα γλυκόζης και σακχαρόζης μεγάλης πυκνότητας από το εμπόριο, που χορηγήθηκαν από το ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης. Τα ακτινίδια ήταν κυρίως μικρά σε μέγεθος και άγουρα. Μετά την παραλαβή τους μεταφέρθηκαν στο ψυγείο του βιομηχανικού εργαστηρίου και η συντήρησή τους έγινε στους 3°C μέχρις ότου να ξεκινήσει η επεξεργασία τους.

6.2.2. Αντιδραστήρια

Όλα τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της συγκεκριμένης έρευνας ήταν αναλυτικής καθαρότητας. Παρακάτω αναγράφονται τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν για διεξαγωγή του πειράματος:

- Απιονισμένο νερό
- Υπερκάθαρο νερό
- Νατραζίδιο (NaN_3)
- Αλκοόλη 96%
- Καυστικό Νάτριο 0,5N (NaOH)
- Γλυκόζη 95 °Brix
- Σακχαρόζη

6.2.3. Συσκευές

- Παρακάτω αναγράφονται τα σκεύη που χρησιμοποιήθηκαν για διεξαγωγή του πειράματος
- Ποτήρια ζέσεως 5, 10, 50, 100 ml
- Ογκομετρικές φιάλες 50 και 100 ml

- Ογκομετρικοί κύλινδροι 50, 100 και 200 ml
- Σιφώνια 5 και 10 ml
- Σύριγγα HPLC
- Κωνική φιάλη 250 ml
- Υδροβολέας
- Διάτρητο ανοξείδωτο μεταλλικό καλάθι
- Μικρά διάτρητα μεταλλικά καλάθια
- Αλουμινόχαρτο
- Σακούλες πολυαιθυλενίου
- Δειγματοφορείς με πλαστικό πόμα κατασκευασμένο από PTFE
- Μαχαίρια
- Φελλοτρυπητήρας
- Τσιμπίδα
- Διηθητικό χαρτί
- Χωνί Buchner
- Σφαιρικές φιάλες εσφυρισμένες 250ml

6.2.4. Όργανα

Παρακάτω αναγράφονται τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για διεξαγωγή του πειράματος

- Ζυγός ακριβείας
- Στατικός αποστειρωτήρας
- Διαθλασίμετρο
- Κρουστικό δράπανο με προσαρμοσμένο αναδευτήρα
- Συσκευής ωσμωτικής αφυδάτωσης
- Μπλέντερ χειρός
- Ξηραντήριο κενού
- Διάταξη HPLC

6.3. Πειραματικό πρωτόκολλο

6.3.1. Αποφλοιώση

Τα ακτινίδια αποφλοιώθηκαν χημικά με χρήση διαλύματος καυστικού νάτριου (NaOH) 8% w/v σε θερμοκρασία βρασμού για περίπου 3min σε στατικό αποστειρωτήρα. Αμέσως μετά ακολούθησε πλύσιμο των ακτινιδίων με άφθονο νερό για την απομάκρυνση της φλούδας τους και του υπολείμματος του NaOH από την επιφάνειά τους. Η πλήρης απομάκρυνση του NaOH ελεγχόταν με τη χρήση του δείκτη φαινολοφθαλεΐνης στην επιφάνεια του αποφλοιωμένου φρούτου. Στη συνέχεια αφαιρέθηκαν οι μίσχοι με τη χρήση μαχαιριών. Έπειτα ακολούθησε στράγγιση και τοποθέτησή τους σε μικρά μεταλλικά καλάθια. Σε κάθε καλάθι τοποθετήθηκαν 16 ακτινίδια.

Το καυστικό νάτριο που χρησιμοποιήθηκε είχε συγκέντρωση 85% το οποίο και αραιώθηκε σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο $N1*V1=N2*V2$

6.3.2. Παρασκευή ωσμωτικών διαλυμάτων

Τα σάκχαρα που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των 2 ωσμωτικών διαλυμάτων στους 60°Brix το καθένα, ήταν η γλυκόζη και η σακχαρόζη. Για την παρασκευή του διαλύματος της σακχαρόζης στους 60°Brix χρησιμοποιήθηκαν 60 kg ζάχαρης και 40kg νερό. Για την παρασκευή διαλύματος γλυκόζης στους 60°Brix χρησιμοποιήθηκε διάλυμα 95°Brix γλυκόζης, το οποίο αραιώθηκε με 47,4 kg νερό, σύμφωνα με τον νόμο της αραιώσης. Ο προσδιορισμός των °Brix για την παρασκευή των διαλυμάτων μετρήθηκε με χρήση οπτικού διαθλασίμετρου.

$$C1V1=C2V2 \Rightarrow 0,95*x = 75*0,6 \Rightarrow 47,4\text{kg}$$

6.3.3. Ωσμωτική Αφυδάτωση

Τα αποφλοιωμένα ακτινίδια τοποθετήθηκαν σε μεταλλικά καλάθια και έπειτα τοποθετήθηκαν στις λεκάνες της συσκευής ωσμωτικής αφυδάτωσης. Η συσκευή ωσμωτικής αφυδάτωσης που χρησιμοποιήθηκε απαρτιζόταν από 6 ανοξείδωτες λεκάνες 15L η καθεμία. Η συσκευή διαθέτει σύστημα διανομής και επανακυκλοφορίας του ωσμωτικού μέσου στις λεκάνες, σύστημα ελέγχου και διατήρησης της θερμοκρασίας του ωσμωτικού διαλύματος. Η κυκλοφορία των διαλυμάτων γινόταν με τη χρήση φυγοκεντρικής αντλίας και οι θερμοκρασίες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 25C και 35C. Η θέρμανση επιτυγχανόταν με διέλευση του ωσμωτικού διαλύματος μέσω ενός δοχείου με θερμαινόμενη αντίσταση. Αντίθετα η ψύξη γινόταν με κυκλοφορία ψυχρού νερού μέσω σερπαντίνας. Τα ακτινίδια υπέστησαν ωσμωτική αφυδάτωση διαδοχικά 2, 4 και 6 ωρών για το κάθε ωσμωτικό διάλυμα και στις 2 θερμοκρασίες. Μετά το πέρας της αφυδάτωσης απομακρύνονταν από τις λεκάνες, στραγγίζονταν και μετά ακολουθούσε η πλύση τους.

6.3.4. Συσκευασία, κατάψυξη και συντήρηση

Στη συνέχεια ολόκληρα και τεμαχισμένα ακτινίδια συσκευάστηκαν σε σακούλες πολυαιθυλενίου, με αναγραφόμενα τα στοιχεία τους επάνω στο καθένα. Έπειτα, οδηγήθηκαν σε καταψύκτη ψυχρού αέρα στους -20C για 30min. Μετά την κατάψυξη οδηγήθηκαν στον ψυκτικό θάλαμο του βιομηχανικού εργαστηρίου στους -10C όπου και συντηρήθηκαν. Ο τεμαχισμός έγινε με τη βοήθεια φελλοτρυπητήρα, έτσι τα ακτινίδια χωρίστηκαν σε 3 στοιβάδες, δηλαδή την εξωτερική στοιβάδα, την μεσαία και την κεντρική.

6.3.5. Ξήρανση επεξεργασμένων ακτινιδίων

Ολόκληρα τα επεξεργασμένα ακτινίδια και οι στοιβάδες αυτών αποψύχτηκαν για 2-3 ώρες. Κατόπιν πολτοποιήθηκαν και τοποθετήθηκαν σε ποτήρια ζέσεως, τα οποία καλυφθήκαν με αλουμινοχαρτο τρυπημένο. Έπειτα τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο κενού για 96 ώρες στους 55C, όπου τα στοιχεία τους αναγράφηκαν επάνω στα ποτήρια ζέσεως.

6.3.6. Ζέση υπό κάθετο ψυκτήρα

Με το πέρας της παραπάνω διαδικασίας, εφαρμόστηκε ζέση υπό κάθετο ψυκτήρα για την εκχύλιση των σακχάρων. Για τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν 2g από κάθε δείγμα, αφού προηγουμένως έγινε απομάκρυνση των σποριών τοποθέτηση σε εσφυρισμένες σφαιρικές φιάλες και πρόσθεση 200ml διαλύματος αλκοόλης 80%. Με το πέρας των 2 ωρών ξεκινά η παραλαβή των 150ml της αλκοόλης από τις ογκομετρικές φιάλες με την βοήθεια κάνουλας για την επαναχρησιμοποίηση της. Στη συνέχεια προστέθηκαν 150ml απιονισμένο νερό για τον καθαρισμό των υπολειμμάτων της αλκοόλης, έτσι η διαδικασία συνεχίστηκε μέχρι που παραλήφθηκαν 150ml επιπλέον διαλύματος. Το υπόλοιπο δείγμα που απέμεινε διηθήθηκε με χωνί Buchner. Τέλος το διήθημα τοποθετήθηκε σε γυάλινους πυρίμαχους δειγματοφορείς με πλαστικό πώμα κατασκευασμένο από ptfe (τεφλόν) και αποθηκεύτηκε στο ψυκτικό θάλαμο του βιομηχανικού εργαστηρίου στους -10C με αναγραφόμενα τα στοιχεία τους επάνω στο καθένα.

Η αλκοόλη που χρησιμοποιήθηκε ήταν 96% η οποία και αραιώθηκε σύμφωνα με το νόμο της αραιώσης:

$$C_1V_1=C_2V_2 \Rightarrow 200*0.8 = x *0.96 \Rightarrow 167\text{ml}$$

6.3.7. Παρασκευή πρότυπου διαλύματος σακχάρων για την HPLC

Για τη παρασκευή πρότυπου διαλύματος σακχάρων 0,5% για την HPLC χρησιμοποιήθηκαν τα έξις σάκχαρα: σακχαρόζη, γλυκόζη και φρουκτόζη μεμονωμένα ή και με συνδυασμό αυτών. Για τη παρασκευή πρότυπου διαλύματος σακχαρόζης για την HPLC 0,1g σακχαρόζης προστέθηκαν σε 20ml

απιονισμένου νερού. Έπειτα πραγματοποιήθηκε ανάδευση. Στη συνέχεια διηθηθήκαν με μικροφίλτρο 0,45μm και μέσω μικροσύριγγας έγινε η έγχυσή τους στην HPLC. Η ίδια ακριβώς διαδικασία πραγματοποιήθηκε για το πρότυπο διάλυμα φρουκτόζης και γλυκόζης.

Στα 100ml 0,5g

Στα 20ml $\chi \Rightarrow 0,1g$

6.3.8. Ρυθμίσεις παραμέτρων της HPLC

Πίνακας 2: Ρυθμίσεις παραμέτρων HPLC

Θερμοκρασία στήλης	35 °C
Ανιχνευτής	Δείκτης Διάθλασης
Θερμοκρασία ανιχνευτή	35 °C
Διαλύτης	84% ακετονιτρίλιο 16% υπερκάθαρο
Στήλη	Αμινοστήλη
Έκλυση	Ισοκρατική
Πίεση (psi)	320-340
Παροχή (mL/m)	2
Όγκος δείγματος	10μL

6.3.9. Ανάλυση των σακχάρων στα δείγματα των σιροπιών

Για να ελεγχτούν τα δείγματα των σιροπιών με HPLC έγινε η παρακάτω διαδικασία: 5ml σιροπιού προστέθηκαν σε 95ml απιονισμένο νερό, έπειτα διηθηθήκαν με μικροφίλτρο 0,45μm και μέσω μικροσύριγγας έγινε η έγχυσή τους στην HPLC.

6.3.10. Ανάλυση των σακχάρων στα δείγματα ακτινιδίων

Τα δείγματα των σακχάρων από τη σάρκα του ακτινιδίου φυγοκετρήθηκαν για να ελεγχτούν στην HPLC και στην συνέχεια διηθηθήκαν με μικροφίλτρο 0,45μm και μέσω μικροσύριγγας έγινε η έγχυσή τους στην HPLC.

6.4. Αποτελέσματα

6.4.1. Μεταβολή της μάζας των ακτινιδίων

Παρακάτω παρουσιάζεται η μεταβολή της μάζας των ακτινιδίων με την επίδραση της ωσμωτικής αφυδάτωσης με την πάροδο 0, 2, 4, 6 ωρών στους 25 και 35°C με την χρήση 60% w/w ωσμωτικού διαλύματος γλυκόζης και σακχαρόζης. Η δειγματοληψία έγινε από 16 τυχαία ακτινίδια, τα οποία ζυγίζονταν προσεκτικά σε κάθε φάση της πειραματικής διαδικασίας με αναλυτικό ζυγό ακριβείας. Τα αποτελέσματα είναι εκφρασμένα επί τοις εκατό του αρχικού βάρους στις μηδέν ώρες.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με την χρήση του στατιστικού προγράμματος Minitab 17. Εφαρμόστηκε three way ANOVA, που τα δείγματα παρουσίασαν σημαντικές στατιστικά διαφορές όταν η τιμή P ήταν μικρότερη από 0,05.

Πίνακας 3: Στατιστικά αποτελέσματα για την μεταβολή της μάζας σε ωσμωτικά αφυδατωμένων ακτινιδίων.

General Linear Model: Concetration versus time; temperature; sugars; osmotic solution; sample

Method

Factor coding (-1; 0; +1)

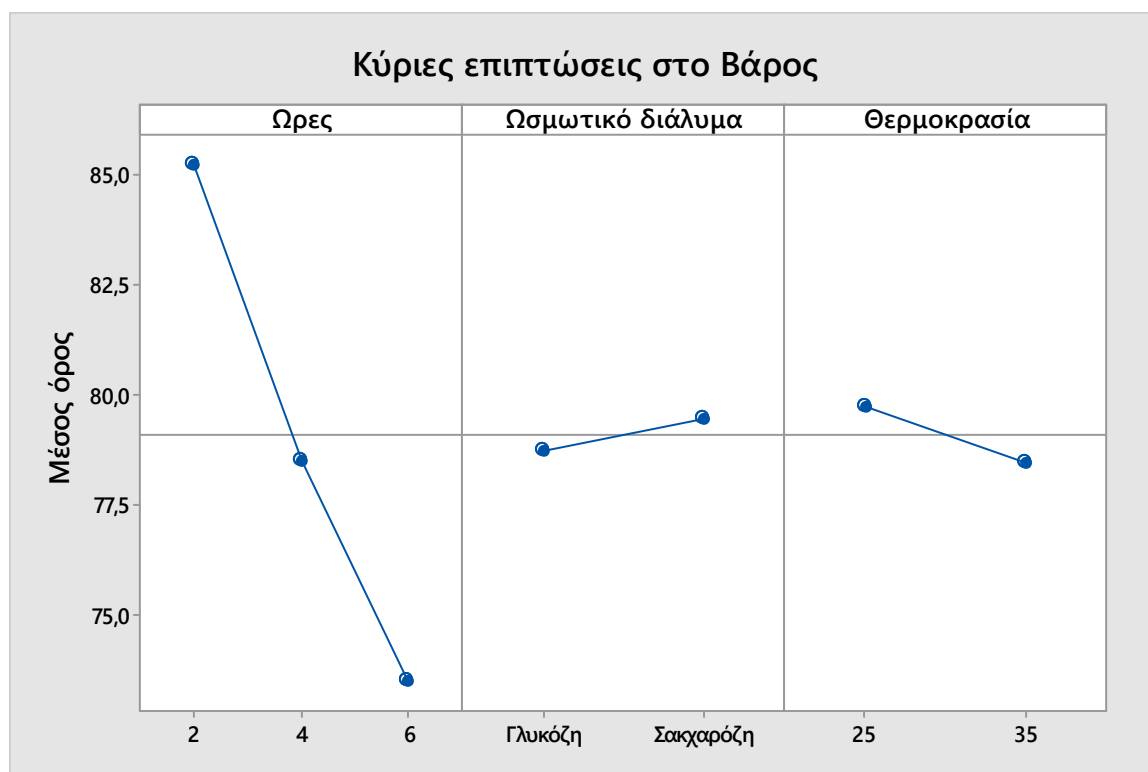
Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
time	Fixed	4	0; 2; 4; 6
temperature	Fixed	2	25; 35
sugars	Fixed	3	fructose; glucose; maltose
osmotic solution	Fixed	2	glucose; sucrose
sample	Fixed	4	eksokarpio; endokarpio; oloklhro; pirinas

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
time	3	2973,3	991,1	16,36	0,000
temperature	1	37,1	37,1	0,61	0,435
sugars	2	26934,3	13467,1	222,29	0,000
osmotic solution	1	451,0	451,0	7,44	0,007
sample	3	1621,4	540,5	8,92	0,000
time*temperature	3	365,8	121,9	2,01	0,115
time*sugars	6	971,9	162,0	2,67	0,017
time*osmotic solution	3	475,8	158,6	2,62	0,053
time*sample	9	1694,2	188,2	3,11	0,002
temperature*sugars	2	218,6	109,3	1,80	0,168
temperature*osmotic solution	1	9,5	9,5	0,16	0,692
temperature*sample	3	676,4	225,5	3,72	0,013
sugars*osmotic solution	2	3495,2	1747,6	28,85	0,000
sugars*sample	6	146,6	24,4	0,40	0,876
osmotic solution*sample	3	247,6	82,5	1,36	0,257
Error	143	8663,4	60,6		
Total	191	48982,2			

Παρατηρήθηκε ότι ο χρόνος, το σάκχαρο του ωσμωτικού διαλύματος, η θερμοκρασία αλλά και το σάκχαρο του ωσμωτικού διαλύματος σε συνδυασμό με την θερμοκρασία παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

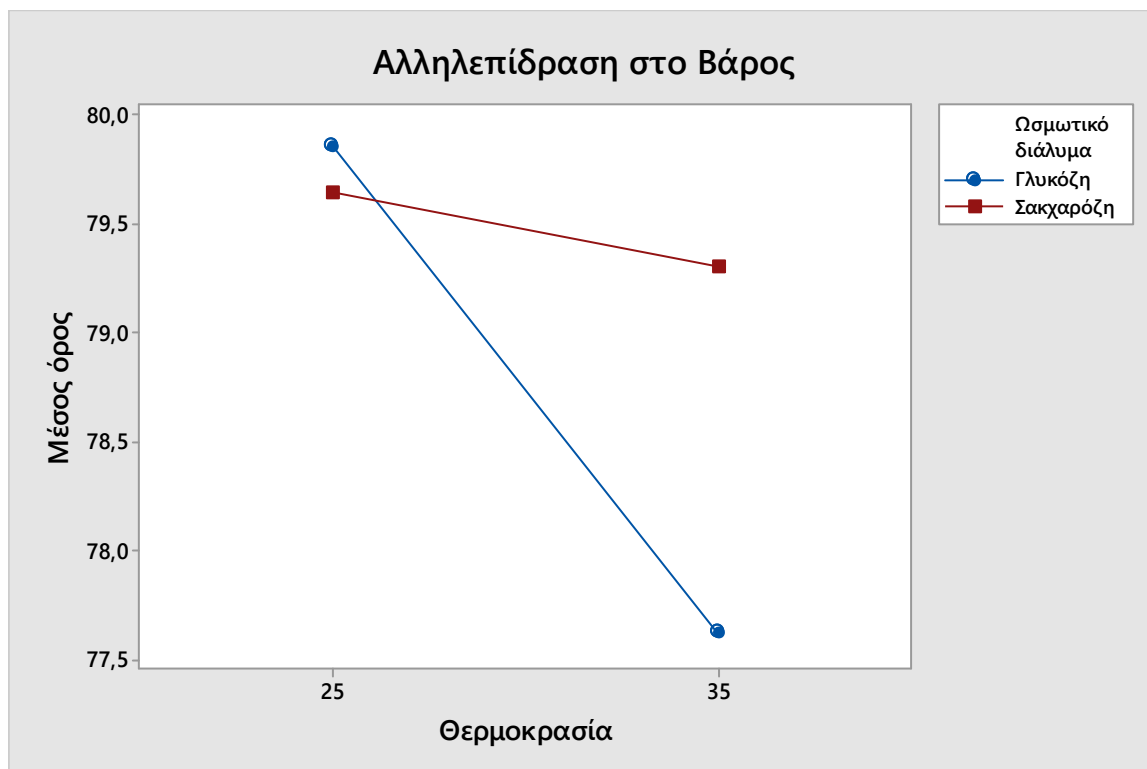


Σχήμα 5: Επί τοις εκατό μεταβολή του βάρους των ακτινιδίων ανάλογα με την επίδραση του χρόνου στις 0, 2, 4, 6 ώρες, του ωσμωτικού μέσου (ωσμωτικό διάλυμα γλυκόζης, σακχαρόζης) και της θερμοκρασίας στους 25 και 35°C κατά την διάρκεια της ωσμωτικής αφυδάτωσης.

Ο χρόνος επηρέασε θετικά στην απώλεια βάρους κατά την διαδικασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης. Πιο συγκεκριμένα στις 2 ώρες το βάρος μειώθηκε στο 85,2% σε σχέση με το αρχικό βάρος. Στις 4 ώρες το βάρος μειώθηκε στο 78,5% του αρχικού βάρους και μετά την πάροδο των 6 ωρών, το βάρος μειώθηκε στο 73,5% του αρχικού βάρους. Έτσι, η συνολική απώλεια, που παρατηρείται, αντιστοιχεί σε ποσοστό 26,5% κατά μέσο όρο. Η τιμή αυτή είναι αποτέλεσμα της απώλειας υγρασίας αλλά και της μεταφοράς διαλυτών στερεών από και προς του ωσμωτικού μέσου και του φρούτου.

Η ωσμωτική πίεση είναι μεγαλύτερη στο ωσμωτικό διάλυμα της γλυκόζης, λόγω του μικρότερου μοριακού βάρους της γλυκόζης σε σχέση με το μοριακό βάρος της σακχαρόζης. Επομένως, αναμένεται μεγαλύτερη απώλεια υγρασίας από το φρούτο (Saputra, 2001). Έτσι, το ποσοστό του βάρους του φρούτου στο διάλυμα της γλυκόζης είναι μικρότερο με την διαφορά να φτάνει μονό το 0,7%.

Η μεταφορά μάζας εννοείται με την αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της αύξησης της ωσμωτικής πίεσης στο σύστημα αυξάνοντας έτσι την απώλεια υγρασίας κατά 1,3%. Επίσης, η αυξημένη θερμοκρασία επηρέασε και την διαπερατότητα του ιστού του φρούτου κάνοντας, έτσι, το φρούτο πιο διαπερατό από την υγρασία και την απώλεια της μεγαλύτερη (Saputra, 2001).



Σχήμα 6: Επί τοις εκατό μεταβολή του βάρους των ακτινιδίων κατά την ωσμωτική αφυδάτωση ανάλογα με την επίδραση του ωσμωτικού μέσου (ωσμωτικό διάλυμα γλυκόζης, σακχαρόζης) και της θερμοκρασίας στους 25 και 35°C.

Η απώλεια βάρους των ακτινιδίων, τα οποία βρίσκονταν στους 25°C, δεν επηρεάστηκε από το είδος του ωσμωτικού διαλύματος με την απώλεια να φτάνει το 79,6%. Αντιθέτως, η απώλεια βάρους των ακτινιδίων στους 35°C για το ωσμωτικό διάλυμα της σακχαρόζης έφτασε κατά μέσο όρο το 79,3% και για το ωσμωτικό διάλυμα της γλυκόζης το 77,6%. Η διαφορά αυτή οφείλεται στην μεγαλύτερη ωσμωτική πίεση, η οποία ασκείται στο ωσμωτικό διάλυμα της γλυκόζης, στο εντονότερο χαλάρωμα των ιστών στους 35°C και στο ότι στο ωσμωτικό διάλυμα της σακχαρόζης η σακχαρόζη δημιουργεί ένα στρώμα στην επιφάνεια του φρούτου φράζοντας τους πόρους κάνοντας έτσι την μεταφορά μάζας δυσκολότερη (Saputra, 2001).

6.4.2. Μεταβολή στην συγκέντρωση των σακχάρων

Παρακάτω παρουσιάζεται η μεταβολή στην συγκέντρωση των σακχάρων (φρουκτόζη, γλυκόζη, μαλτόζη και σακχαρόζη) κατά την ωσμωτική αφυδάτωση στις 2, 4, 6 ώρες στους 25 και 35 °C σε 60% w/w ωσμωτικό διάλυμα γλυκόζης και σακχαρόζης. Η δειγματοληψία για την ανάλυση των σακχάρων έγινε από ολόκληρο το ακτινίδιο, καθώς και από τρία διαφορετικά σημεία του ακτινιδίου, που είναι το εξωκάρπιο, το ενδοκάρπιο και ο πυρήνας.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με την χρήση του στατιστικού προγράμματος Minitab 17. Εφαρμόστηκε five way ANOVA, που τα δείγματα παρουσίασαν σημαντικές στατιστικά διαφορές όταν η τιμή P ήταν μικρότερη από 0,05.

Πίνακας 4: Στατιστικά αποτελέσματα για την μεταβολή της συγκέντρωσης των σακχάρων σε ωσμωτικά αφυδατωμένων ακτινιδίων.

General Linear Model: Concetration versus Χρόνος; Θερμοκρασία; Σάκχαρα; Ωσμωτικό διάλυμα; δείγμα

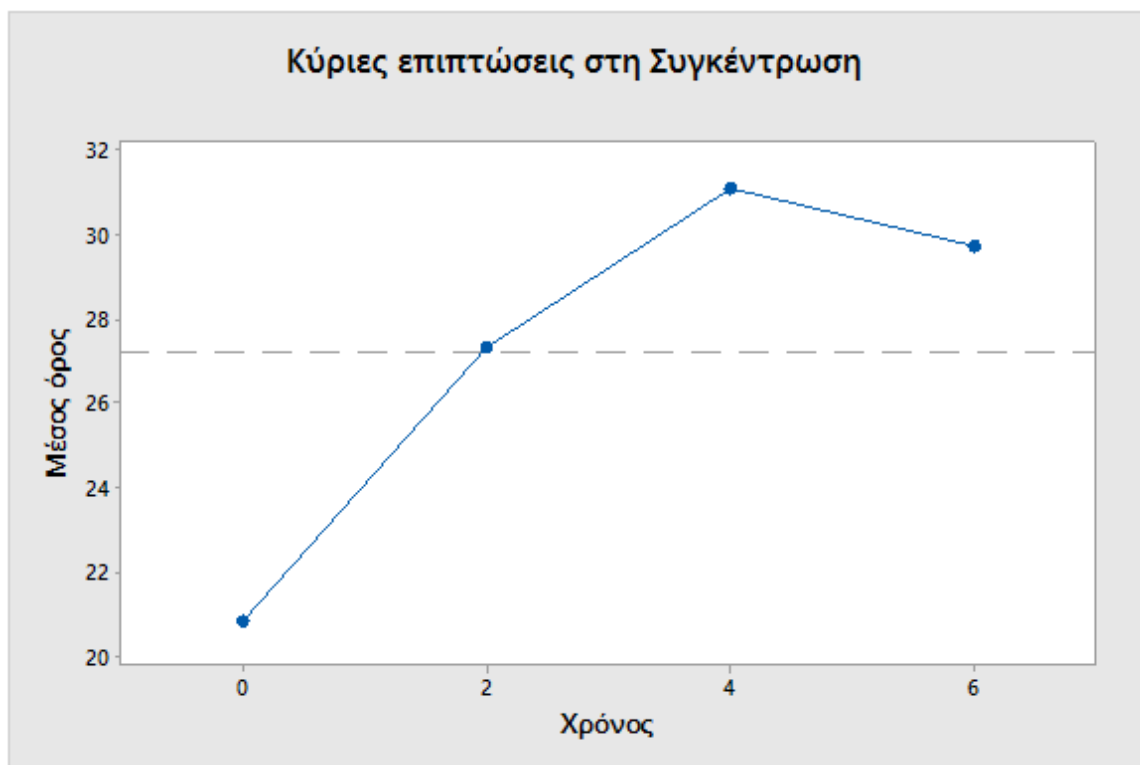
Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
Χρόνος	Fixed	4	0; 2; 4; 6
Θερμοκρασία	Fixed	2	25; 35
Σάκχαρα	Fixed	3	Φρουκτόζη, γλυκόζη, μαλτόζη
Ωσμωτικό διάλυμα	Fixed	2	Γλυκόζη, Σουκρόζη
Δείγμα	Fixed	4	Εξωκάρπιο, Ενδοκάρπιο, ολόκληρο, πυρήνας

Analysis of Variance

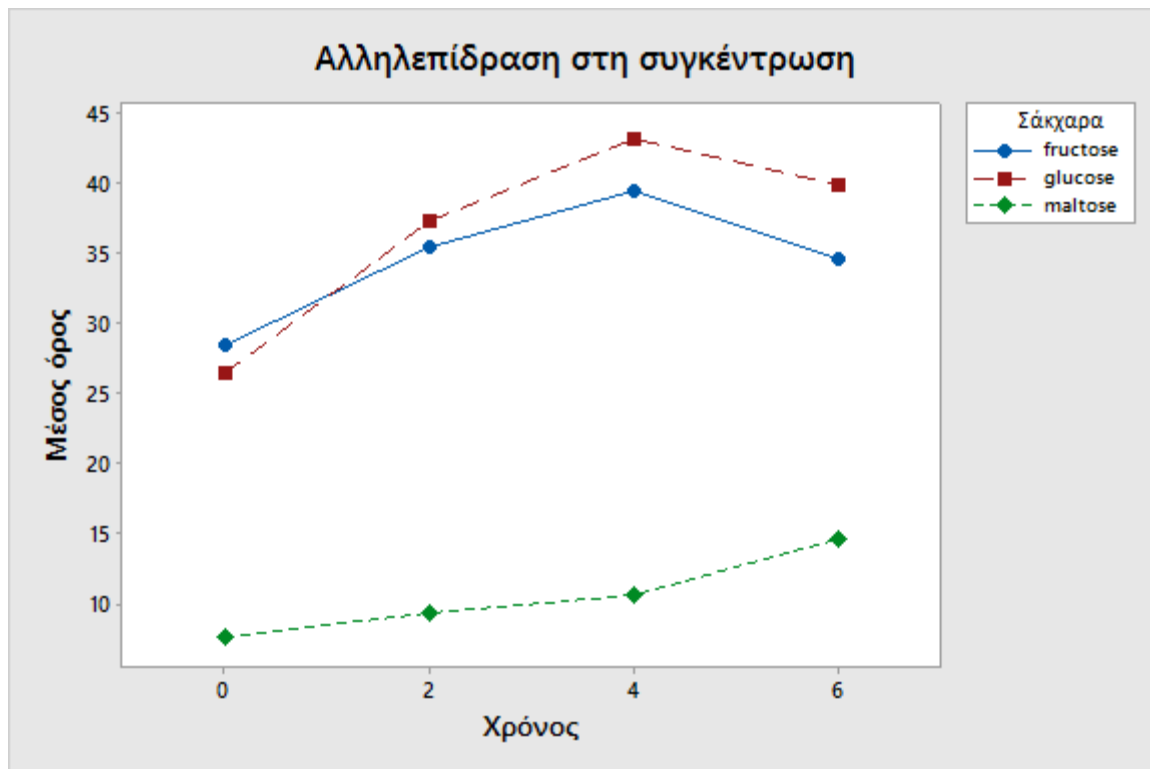
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
time	3	2973,3	991,1	16,36	0,000
temperature	1	37,1	37,1	0,61	0,435
sugars	2	26934,3	13467,1	222,29	0,000
osmotic solution	1	451,0	451,0	7,44	0,007
sample	3	1621,4	540,5	8,92	0,000
time*temperature	3	365,8	121,9	2,01	0,115
time*sugars	6	971,9	162,0	2,67	0,017
time*osmotic solution	3	475,8	158,6	2,62	0,053
time*sample	9	1694,2	188,2	3,11	0,002
temperature*sugars	2	218,6	109,3	1,80	0,168
temperature*osmotic solution	1	9,5	9,5	0,16	0,692
temperature*sample	3	676,4	225,5	3,72	0,013
sugars*osmotic solution	2	3495,2	1747,6	28,85	0,000
sugars*sample	6	146,6	24,4	0,40	0,876
osmotic solution*sample	3	247,6	82,5	1,36	0,257
Error	143	8663,4	60,6		
Total	191	48982,2			

Παρατηρήθηκε ότι ο χρόνος της ωσμωτικής αφυδάτωσης, ο χρόνος σε συνδυασμό με το είδος του σακχάρου στο φρούτο, ο χρόνος σε συνδυασμό με το σημείο δειγματοληψίας από το φρούτο, καθώς και το ωσμωτικό διάλυμα σε συνδυασμό με την συγκέντρωση των σακχάρων στο φρούτο παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές



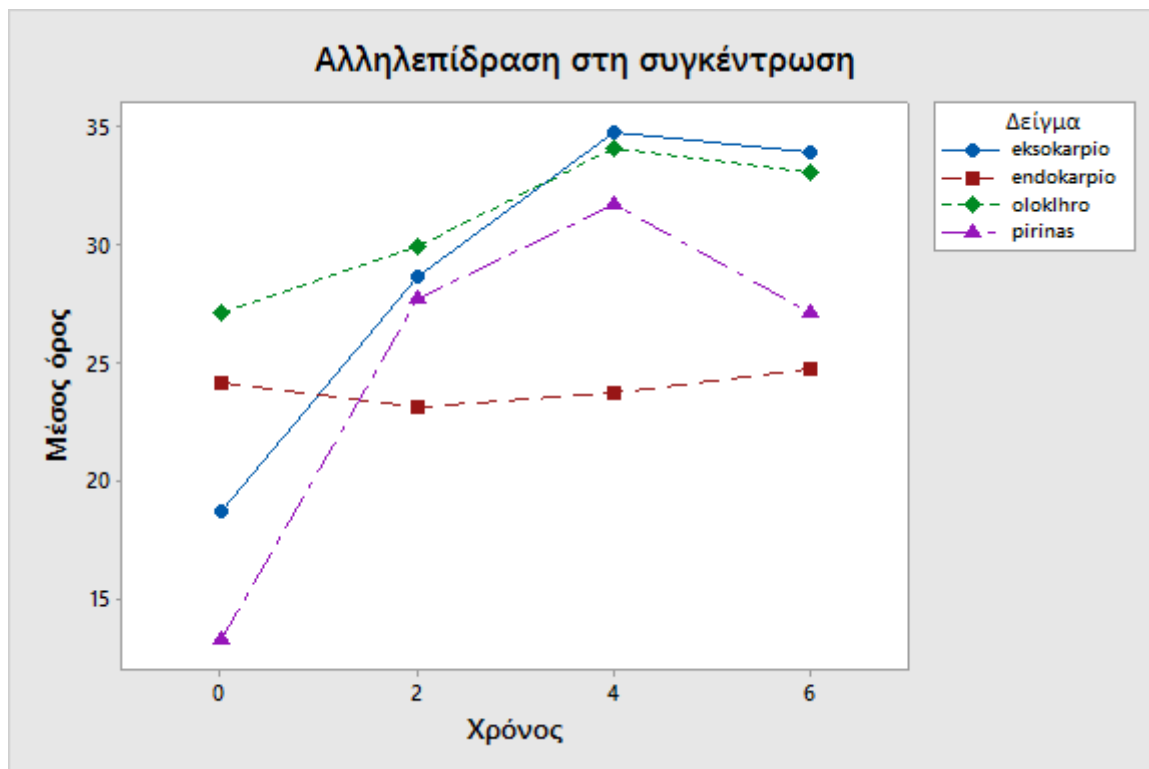
Σχήμα 7: Μεταβολή της συγκέντρωσης των σακχάρων σε mg/l κατά την ωσμωτική αφυδάτωση με την πάροδο του χρόνου στις 0, 2, 4, 6 ώρες.

Κατά την ωσμωτική αφυδάτωση παρατηρείται πως στην πάροδο του χρόνου η συγκέντρωση των σακχάρων αυξάνεται. Παρατηρείται πως η μεγαλύτερη συγκέντρωση των σακχάρων εντοπίζεται στις 4 ώρες με τιμή 31,05 mg/l σε σύγκριση με την αρχική συγκέντρωση με τιμή 20,8 mg/l στις 0 ώρες. Από την άλλη, παρατηρείται ότι από τις 4 στις 6 ώρες εντοπίζεται μια μικρή μείωση της συγκέντρωσης σε 29,7 mg/l, που οφείλεται στην μεταφορά σακχάρων από το φρούτο στο ωσμωτικό διάλυμα. Σημαντικό ρόλο στην μείωση αυτή έπαιξε η εντονότερη χαλάρωση του ιστού του φρούτου από τις 4 στις 6 ώρες κάνοντας την μεταφορά μάζας ευκολότερη (Nieto., et al 2004).



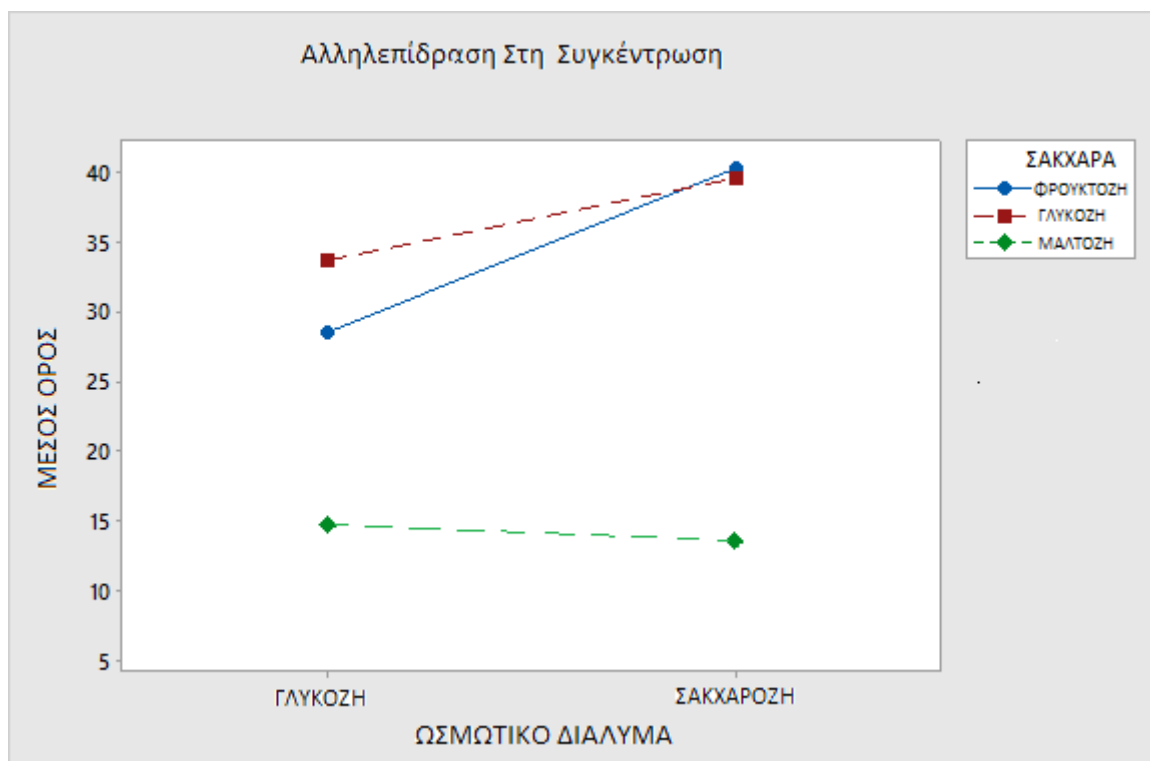
Σχήμα 8: Μεταβολή της συγκέντρωσης των σακχάρων σε mg/l ανάλογα με το είδος του σακχάρου (φρουκτόζη, γλυκόζη, μαλτόζη) κατά την οσμωτική αφυδάτωση με την πάροδο του χρόνου στις 0, 2, 4, 6 ώρες.

Με την πάροδο του χρόνου η συγκέντρωση όλων των σακχάρων αυξήθηκε. Στο ακτινίδιο η μεγαλύτερη συγκέντρωση σακχάρων παρατηρήθηκε και πάλι στις 4 ώρες για την φρουκτόζη και την γλυκόζη, που φτάνουν τα 39,5 και 43,2 mg/l αντίστοιχα από την αρχική συγκέντρωση στις 0 ώρες 28,4 mg/l και 26,4 mg/l αντίστοιχα. Από την άλλη στις 6 ώρες παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσης των δύο αυτών σακχάρων (φρουκτόζη, γλυκόζη) στα 35,3 και 39,9 mg/l αντίστοιχα, που οφείλεται στην μεταφορά σακχάρων από το φρούτο στο οσμωτικό διάλυμα. Η αύξηση της συγκέντρωσης της γλυκόζης οφείλεται στην μεταφορά του σακχάρου από το οσμωτικό διάλυμα. Η αύξηση της συγκέντρωσης της φρουκτόζης, της μαλτόζης αλλά και ένα ποσοστό της γλυκόζης μπορεί να ήταν αποτέλεσμα της ωρίμανσης του φρούτου κατά την διάρκεια της ώσμωσης. Η χαμηλή τιμή pH του ακτινιδίου σε συνδυασμό με την ενζυμική δράση, προκαλούν την υδρόλυση του αμύλου και την ιμπερτοποίηση της σακαρόζης. Η αμυλόζη και η αμυλοπηκτίνη διασπώνται από τα ένζυμα α και β-αμυλάση τα οποία διασπών την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη σε μαλτόζη και γλυκόζη. Η σακχαρόζη σε όξινο περιβάλλον ή με την παρουσία ιμπερτασών υδρολύεται σε γλυκόζη και φρουκτόζη (Prasanna et al., 2007). Η συγκέντρωση της μαλτόζης αυξήθηκε από 7,5 mg/l στις 0 ώρες σε 14,6 mg/l στις 6 ώρες. Το γεγονός ότι η συγκέντρωση της δεν παρουσιάζει μείωση από τις 4 στις 6 ώρες οφείλεται στο μεγαλύτερο μέγεθος του μορίου, το οποίο την εμποδίζει να περάσει μέσα από τον ιστό του φρούτου. Έτσι, για τον ίδιο λόγο εξηγείται και η απουσία της σακχαρόζης, η οποία αντίστροφα λόγω του μεγέθους του μορίου της δεν μπορεί να εισχωρήσει από το οσμωτικό διάλυμα στο φρούτο (Lycaona., et al 2011; Nieto., et al 2004).



Σχήμα 9: Μεταβολή της συγκέντρωσης των σακχάρων mg/l σε σχέση με το σημείο δειγματοληψίας στο φρούτο (ολόκληρο, εξωκάρπιο, ενδοκάρπιο, πυρήνας) κατά την ωσμωτική αφυδάτωση με την πάροδο του χρόνου στις 0, 2, 4, 6 ώρες.

Η συγκέντρωση των σακχάρων στα σημεία δειγματοληψίας του φρούτου επηρεάστηκε σημαντικά με την πάροδο του χρόνου κατά την ωσμωτική αφυδάτωση. Η συγκέντρωση σακχάρων στο εξωκάρπιο αυξήθηκε από 18,7 mg/l σε 33,9 mg/l. Τα σάκχαρα του ωσμωτικού διαλύματος κυρίως της σακχαρόζης δημιούργησαν στην επιφάνεια του εξωκάρπιου ένα μονωτικό στρώμα. Τα σάκχαρα αυτά φράσσουν τους πόρους του ακτινιδίου, παρεμποδίζοντας έτσι την μεταφορά σακχάρων από το φρούτο στο ωσμωτικό διάλυμα (Saputra 2001). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα σάκχαρα του φρούτου να δυσκολεύονται να εξέλθουν από το φρούτο και ένα μεγάλο μέρος τους να συσσωρεύεται στο εξωκάρπιο. Ο πυρήνας παρουσίασε αυξημένη συγκέντρωση σακχάρων μέχρι τις 4 ώρες με τιμή 31,6 mg/l. Μετά την πάροδο 6 ωρών η συγκέντρωση των σακχάρων μειώθηκε στα 27 mg/l, το οποίο εξηγείται από την μεταφορά σακχάρων προς το εξωκάρπιο. Σημαντικό ρόλο στην μείωση αυτή έπαιξε η εντονότερη χαλάρωση του ιστού του φρούτου από τις 4 στις 6 ώρες. Από την άλλη, το ενδοκάρπιο παρέμεινε σχεδόν ανεπηρέαστο σε έναν μέσο όρο στα 28,6 mg/l, αφού μετέφερε τα σάκχαρα του αλλά και τα σάκχαρα του πυρήνα προς το εξωκάρπιο (Lycoua et al., 2011).



Σχήμα 10: Μεταβολή της συγκέντρωσης των σακχάρων σε mg/l ανάλογα με το είδος του σακχάρου (φρουκτόζη, γλυκόζη, μαλτόζη) σε σχέση με το είδος του ωσμωτικού μέσου (διάλυμα γλυκόζης, σακχαρόζης).

Τα ακτινίδια που αφυδατώθηκαν στο ωσμωτικό διάλυμα της σακχαρόζης παρουσίασαν αυξημένη συγκέντρωση γλυκόζης και φρουκτόζης 40,3 mg/l και 39,7 mg/l αντίστοιχα σε σχέση με το διάλυμα της γλυκόζης 33,6 mg/l και 28,6 mg/l αντίστοιχα, το οποίο οφείλεται στο ωσμωτικό διάλυμα της σακχαρόζης. Ο Saputra(2001) παρατήρησε ότι η σακχαρόζη δημιουργεί ένα στρώμα στην επιφάνεια του φρούτου παρεμποδίζοντας με αυτό τον τρόπο την μεταφορά σακχάρων στο ωσμωτικό διάλυμα. Τα σάκχαρα προέρχονται από την ωρίμανση του φρούτου κατά την διάρκεια της ώσμωσης. Αντίθετα, η συγκέντρωση της μαλτόζης, με τιμή 14,7 mg/l δεν επηρεάστηκε σημαντικά από το είδος του ωσμωτικού διαλύματος επειδή το μέγεθος του μορίου δυσκόλεψε την μετακίνηση του διαμέσου των κυττάρων από το φρούτο στο ωσμωτικό διάλυμα της γλυκόζης (Agnelli et al., 2005).

7. Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν οι βέλτιστες συνθήκες της ωσμωτικής αφυδάτωσης για την αφυδάτωση των ακτινιδίων και για την βελτίωση της εμπορικής τους αξίας. Φαίνεται, ότι τα ακτινίδια στα ωσμωτικά διαλύματα της σακχαρόζης και της γλυκόζης στους 35 °C, να εμφανίζουν καλή απώλεια υγρασίας με ελαφρώς καλύτερα αποτελέσματα να εμφανίζονται στο διάλυμα της γλυκόζης. Από την άλλη τα ακτινίδια στο ωσμωτικό διάλυμα της σακχαρόζης φαίνεται να παρουσιάζουν μεγαλύτερη συγκέντρωση σακχάρων αυξάνοντας την γλυκύτητα του φρούτου. Λαμβάνοντας υπόψη την υψηλότερη τιμή αγοράς της γλυκόζης το διάλυμα της σακχαρόζης στους 35 °C φαίνεται να είναι καταλληλότερο στην βιομηχανία τροφίμων.

8. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

- Μελέτη της επίδρασης της ωσμωτικής αφυδάτωσης υπό κενό στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ακτινιδίων.
- Μελέτη της ανάπτυξης μυκήτων σε ωσμωτικά διαλύματα σακχάρων κατά την ωσμωτική αφυδάτωση υπό συνεχή ανάδευση.
- Μελέτη της μεταβολής του βάρους, της χημικής σύστασης και των μηχανικών ιδιοτήτων σε φρούτα υπό την επίδραση όξινων ωσμωτικών διαλυμάτων σακχάρων.
- Μελέτη του βαθμού απώλειας μετάλλων, βιταμινών και οξέων σε ωσμωτικά αφυδατωμένα φρούτα.

9. Βιβλιογραφία

Ξένη βιβλιογραφία

Agnelli M.E., Marani C.M., Mascheroni R.H. (2005) *Modelling of heat and mass transfer during (osmo) dehydrofreezing of fruits.* *Journal of Food Engineering* 69 (2005) 415–424

Amamia E, Khezamia E, Jemai A.B. (2014) *Osmotic dehydration of some agro-food tissue pre-treated by pulsed electric field: Impact of impeller's Reynolds number on mass transfer and color.* *Journal of King Saud University - Engineering Sciences.* Volume 26, Issue 1, January 2014, Pages 93–102

Angela P.P. Yang, Carolyn Wills, And Tom C.S. Yang., (1987). *Use of a Combination Process of Osmotic Dehydration and Freeze Drying to Produce a Raisin-Type Lowbush Blueberry Product* *Journal Of Food Science* Volume 52

Askar A ., (1998). *Minimally processed tropical fruits.* *Fruit Processing* 8(8): 339–343,

Beristain CL, Azuara E, Cortes R, Garcia HS (1990). *Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings.* *Int. J. Food Sci. Technol.*, 25: 576-582.

Beutel, J. A.; Winter, F. H.; Manners, S. c., Miller, M. W. (1976). *A new crop for California: kiwifruit.* *California agriculture* 30 (10): 5-7.

Castaldo, D., Lovoi, A., Trifiro, A., & Gherardi, S. (1992). *Composition of italian kiwi (Actinidea chinensis) puree.* *Journal of Agricultural and osmotic dehydration Chemistry.* 40(4): 594-598.

Castro-Giraldez M . Tylewicz U. Fito P.J, η. Dalla M Rosa M. Fito P (2011). *Analysis of chemical and structural changes in kiwifruit (Actinidia deliciosa cv Hayward) through the osmotic dehydration* *Journal of Food Engineering* 105 (2011) 599–608

Chiralt A . , P. Talens (2004) *Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues* *Journal of Food Engineering* 67 (2004) 167–177

Contreras JE, Smyrl TG (1981). *An evaluation of osmotic concentration of apple rings using corn solids solutions.* *Canadian Institute of Food Sci. Technol. J.*, 14, 310-314.

Conway J, Castaigne F, Picard G, Vovan X (1983). *Mass transfer considerations in the osmotic dehydration of apples.* *Canadian Institute of Food Sci. Technol. J.*, 16: 25-29.

Fatemeh Aghabozorg Afjeh, Ali Bassiri, Abdorreza Mohammadi Nafchi., (2013). *Optimization of Vacuum Frying Parameters in Combination with Osmotic Dehydration of Kiwi Slices to Produce Healthy Product.* *Journal of Chemical Health Risks* 4, 13-22

Flink JM (1979). *Dehydrated carrot slices: influence of osmotic concentration on drying behaviour and product quality.* In: *Food Process Engineering.* Linko, P, Malki Y, Olkku J, Larinkari J, Fito P, Ortega E, Barbosa G, (Eds.). *Applied Science Publishers, London,* pp. 412-418

Gonzalez- Monsalve, A., Barabarosa-Canavas, G.V. and Cavalieri, R.P. (1993). *Mass transfer and textural changes during processing of apples by combined osmotic dehydration.* *journal of osmotic dehydration Science,* 58, 1114-1124.

Guilbert S. Gontard N and Raoult-Wack A. L., *Superficial edible films and osmotic dehydration: Application of hurdle technology without affecting the food integrity,* In *Food Preservation by Moisture Control. Fundamentals and Applications,* G. V. Barbosa-Canovas and J.Welti-Chanes, Eds., *Technomic Publishing, PA,* pp. 305–323 (1995).

Guldás, M. (2003). *Peeling and the physical and chemical properties of kiwi fruit.* *journal of osmotic dehydration Processing and Preservation,* v. 27, n. 4, p. 271-284, 2003.

- Hartel D (1967). *Osmotic dehydration with sodium chloride and other agents*. Ph.D. Thesis, University of Illinois, Urbana, Illinois, USA.
- Hirata, N., Naruto, S., Inaba, K., Itoh, K., Tokunaga, M., Iinuma, M., & Matsuda, H. (2008). *Histamine release inhibitory activity of Piper nigrum leaf*. *Biol Pharm Bull*, 31(10), 1973-1976.
- Hutchings, J. B. (1999). *osmotic dehydration and colour appearance (2nd ed.)*. Gaithersburg, MD: Chapman and Hall osmotic dehydration Science Book, Aspen Publication
- Islam MN, Flink JN (1982). *Dehydration of Potato. II. Osmotic concentration and its effect on air drying behaviour*. *J. Food Technol.* 17:387-403.
- Kalra S.K., Bhardwaj K.C., (1981). *Use of simple solar dehydrator for drying fruit and vegetable products*. *J Food Sci Tech India* 18(1): 23–26,
- Le Maguer M (1988). *Osmotic dehydration: review and future directions*. *Production Symposium on Progress in Food Preservation Processes I*:183-309
- Lenart A, Flink JM (1984a). *Osmotic concentration of potato. I. Criteria for the end-point of osmosis process*. *J Food Technology* 19:45-60.
- Lenart A, Flink JM (1984b). *Osmotic concentration of potato. II. Spatial distribution of the osmotic effect*. *J.Food Technology* 19:65-89.
- Lenart, A. & Flink, J.M. (1984). *Osmotic concentration of potato. Criteria for the end – point of the osmosis process*. *Journal of osmotic dehydration Technology*, 19, 45-63.
- Lerici CR, Pinnavia G, Rosa M D, Bartolucci L (1985). *Osmotic dehydration of fruit: influence of osmotic agents on drying behaviour and product quality process*. *J. Food Technol.* 7: 147-155.
- Lycaona B.F., Julianusa P, Chillet M, Galasa C, Hubertc O, Rinaldoa D, Mbéguié D. (2011) *invertase as a serious candidate to control the balance sucrose versus (glucose + fructose) of banana fruit during ripening*. *Scientia Horticulturae* 129 (2011) 197–206
- Mavroudis NE, Gekas V, Sjöholm I (1998). *Osmotic dehydration of apples. Effects of agitation and raw material characteristics*. *J. Food Eng.* 35:191-209
- McGhie, T.K., Ainge, G.D., 2002. *Color in fruit of the genus Actinidia: carotenoid and chlorophyll compositions*. *J. Agric. osmotic dehydration Chem.* 50, 117–121.
- Nietoa A.B., Salvatoria D. M., Castrob M. A., Alzamora S. M. (2004) *Structural changes in apple tissue during glucose and sucrose osmotic dehydration: shrinkage, porosity, density and microscopic features*. *Journal of Food Engineering. Volume 61, Issue 2, February 2004, Pages 269–278*
- Nishiyama, I. (2007). *Fruits of the Actinidia genus. Advances osmotic dehydration and Nutrition Research*, 52, 293–324.
- Olanda Y. Unes N. Osana R. Oreira R.G., (2009). *Effect of Osmotic Dehydration and Vacuum-Frying Parameters to Produce High-Quality Mango Chips*. *Journal Of Food Science* 74
- Oliveira, A.R., Oliveira, C.J., Hendrickx, M.E., Korr, D. & Gorris, G.M. (1999). *Practising osmotic dehydration : Quality Optimization and Process Assessment*, 176-180. CRC Press, London.
- Ozdemir M, Banu F. Ozen, L. Dock, J. Floros D., (2008). *Optimization of osmotic dehydration of diced green peppers by response surface methodology*. - *Food Science and Technology* 41, 2044-2050
- Peschel, S., R. Franke, L. Schreiber, & M. Knäuper (2007). *Composition of the cuticle of developing sweet cherry fruit*. *Phytochemistry* 68:1017-1025.
- Pointing, J.D. (1973). *Osmotic dehydration of fruits: recent osmotic dehydrationifications and applications*. *Practising Biotechnology*, 8(12), 12–22.
- Prasanna, V., Prabha, T. N., & Tharanathan, R. N. (2007). *Fruit ripening phenomena-an overview*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(1), 1-19
- Pretel, M. T, Botella M. A, Amoros. A, Serrano M, Egea I and Romonjaro F (2007). *Obtaining fruit segments from a traditional Orange variety (Citrus sinensis (L.) Osbeck cv. Sangrina) by enzymatic peeling*. *European osmotic dehydration Research and Technology*, v. 225, n. 5-6, p. 783-788, 2007.

Rahman M. S and Lamb J, *Osmotic dehydration of pineapple*, *J. Food Sci. Technol.* 27:150-152 (1990)..

Raoult-Wack AL (1994). *Recent advances in the osmotic dehydration of foods. Trends in Food Science and Technology.* 5: 255-260.

Ray, A. K. & Stark R. E. (1998). *Isolation and molecular structure of an oligomer osmotic dehydration uces enzymatically from the cuticle of lime fruit. Phyt Chemistry*, v. 48, n. 8, p. 1313-1320.

Rosa M,D. and Giroux F., *Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management*,*J. Food Eng.* 49:223 (2001).

Rossiter, K.L., H. Young, S.B. Walker, M. Miller, & D.M. Dawson (2000). *The effects of sugars and acids on consumer acceptability of kiwifruit. J. Sens. Stud.* 15:241–250.

Roza, M.D. & Giroux, F. (2000). *Osmotic treatment and problems related to the solution management. journal of osmotic dehydration Engineering*, 49, 223-236.

Sanz, M. L., Villamiel, M., & Martinez-Castro, I. (2004). *Inositols and carbohydrates in different fresh fruit juices. osmotic dehydration Chemistry*, 87, 325–328.

Saputra D. (2001) *OSMOTIC DEHYDRATION OF PINEAPPLE*, *Drying Technology*, 19:2, 415-425, DOI: 10.1081/DRT-100102914

Sereno, A.M., Moreira, R. and Martinez, E. (2001). *Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. journal of osmotic dehydration Engineering*, 47, 43- 49.

Torreggiani D., (1993) *Osmotic dehydration in fruit and vegetables processing*.*Food Research International* 26, 59-68

Tortoe C (2010) *review of osmodehydration for food industry African Journal of Food Science Vol. 4(6)*, pp. 303 - 324, June 2010

Tsotsas E. and Arun S. Mujumdar, (2014) *Modern Drying Technology, Willey-vch, Volume 5 Januay 2014*

Vial C., Guilbert S and J. L. Cuq, *Osmotic dehydration of kiwi fruits: influence of process variables on the color and ascorbic acid content, Sciences Des Aliments* 11:63 (1991)

Waliszewski, K. N., Garcia, R. H., Ramirez, M., & Garcia, M. A. (2001). *Polyphenol oxidase activity in banana chips during osmotic dehydration. Drying Technology*, 18(6), 1327–1337

Zenzehn, L. & Tingyao, M. (1982). *osmotic dehydration and fermentation industries*, 3, 62-64.

Ελληνική βιβλιογραφία

Δημουλάς, Ι. (1988). *Η Ακτινιδιά Αγροτική Τράπεζα της Ελλάδος*.

Παλούκης, Σ. & Ο. Ντινόπουλος (1989). *Ακτινιδιά. Εκδόσεις Πεταλωτή, Θεσσαλονίκη. Σελ. 17-42*.

Ποντίκης, Κ.Α. (1987). *Ειδική Δενδροκομία. Πυρηνόκαρπα και λοιπά καρποφόρα. Εκδόσεις Σταμούλη*.

Ηλεκτρονικές πηγές

[://www.yiannislucacos.gr/](http://www.yiannislucacos.gr/)

[://en.wikibooks.org/wiki/A-level_Biology/Transport/multicellular_plants](http://en.wikibooks.org/wiki/A-level_Biology/Transport/multicellular_plants)

[://en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

