



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**Σχολή Επιστήμη και Τεχνολογία Τροφίμων**

***Εφαρμογή ωσμωτικής αφυδάτωσης  
ως προκατεργασίας ξήρανσης ιπποφαούς***

***Διπλωματική εργασία***

***Παναγιώτης Σπινάκης & Σελλή Δέσποινα***



***Επιβλέπων Καθηγητής:***

***Γιαννακούρου Μαρία***

***Αθήνα 2021***

Η επιβλέπουσα καθηγήτρια:

Digitally signed by MARIA  
GIANNAKOUROU

Date: 2021.03.22 07:07:47 +02'00'

Μαρία Γιαννακούρου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής:

- Γιαννακούρου Μαρία
- Τριάντη Μυρτώ
- Στρατή Ειρήνη

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι Παναγιώτης Σπινάκης του Μιχαήλ με αριθμό μητρώου ft15107 και Σελλή Δέσποινα του Δημοσθένη με αριθμό μητρώου ft15098, φοιτητές του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνουμε υπεύθυνα ότι:

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

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

Ο/Η Δηλών/ούσα

Παναγιώτης Σπινάκης & Σελλή Δέσποινα



# Πρόλογος

---

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου σε συνεργασία με το τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμότερες ευχαριστίες μας στον καθηγητή κύριο Πέτρο Ταούκη για την ευκαιρία που μας έδωσε να εργαστούμε στην ομάδα του και την πολύτιμη και ουσιαστική βοήθεια που μας παρείχε όλον αυτόν το χρόνο.

Οφείλουμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στην κυρία Έφη Δερμεσονλούογλου και κυρία Μαρία Γιαννακούρου, καθώς μας προσέφεραν τη βοήθειά τους και τις πολύτιμες συμβουλές τους, με αποτέλεσμα όχι μόνο την επιτυχή ολοκλήρωση των πειραμάτων μας αλλά και τη συγγραφή της εργασίας.

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας σε όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων, για την άψογη συνεργασία και το φιλικό περιβάλλον που δημιούργησαν σε όλη την περίοδο παραμονής μας στο εργαστήριο.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τις οικογένειές μας και λοιπούς φίλους που μας στήριξαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Σπινάκης Παναγιώτης και Σελλή Δέσποινα,  
Αθήνα, Ιανουάριος 2021



## Περίληψη

---

Η διατροφή είναι ένας από τους κυριότερους παράγοντες για την εξασφάλιση της καλής υγείας. Τα φρούτα και τα λαχανικά είναι απαραίτητο κομμάτι της διατροφής μας. Ωστόσο λόγω της ευαισθησίας που παρουσιάζουν και της σύντομης διάρκειας ζωής τους είναι αναγκαία η εύρεση κατάλληλων μεθοδων για τη συντήρησή τους ώστε να αυξηθεί η διατηρησιμότητά τους. Για να καταφέρουμε να παράγουμε τελικά προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας είναι σκόπιμο να χρησιμοποιήσουμε εναλλακτικές μεθόδους συντήρησης με ηπιότερες τεχνικές επεξεργασίας. Στην πτυχιακή αυτή μελετήθηκε η ωσμωτική αφυδάτωση για την παραγωγή ξηρών προϊόντων ιπποφαούς ως μέθοδος προ - επεξεργασίας. Αυτή η μέθοδος ακολουθείται από ξήρανση με θερμό αέρα ώστε να δημιουργηθεί ένα βελτιωμένο τελικό προϊόν με μικρότερο χρόνο ξήρανσης. Με την ωσμωτική αφυδάτωση παράγεται ένα προϊόν με μεγάλη διάρκεια ζωής, με μέση υγρασία και με βελτιωμένα θρεπτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Η ωσμωτική αφυδάτωση πραγματοποιήθηκε σε δύο σειρές πειραμάτων, όπου η βασική διαφορά τους είναι η αντικατάσταση του νερού στο ωσμωτικό διάλυμα με χυμό μήλου και ανάδευση του δείγματος κατά τη διάρκεια της ώσμωσης. Το ιπποφάες που χρησιμοποιήθηκε ήταν κατεψυγμένο - αποψυγμένο δείγμα ελληνικού ιπποφαούς (*Hippophae rhamnoides* L.). Η σύσταση του ωσμωτικού διαλύματος για τη 1η πειραματική διαδικασία ήταν 30%,40%, 50% μίγμα ερυθριτόλης/γλυκοζιτών στεβιόλης, 20% γλυκερόλη, 1% άλας χλωριούχο νάτριο, 2% άλας χλωριούχο ασβέστιο και 37% απιονισμένο νερό. Η διαδικασία διήρκεσε μέχρι και 300 min και πραγματοποιήθηκε σε τρεις θερμοκρασίες 45°C, 55°C και 65°C. Για τη 2η πειραματική διαδικασία, η σύσταση του ωσμωτικού διαλύματος ήταν 30%,40% μίγμα ερυθριτόλης/γλυκοζιτών στεβιόλης, 20% γλυκερόλη, 1% άλας χλωριούχο νάτριο, 2% άλας χλωριούχο ασβέστιο και 37% χυμός μήλου. Η διαδικασία διήρκεσε μέχρι και 240 min και πραγματοποιήθηκε σε θερμοκρασία 55°C με ανάδευση (επιλέχθηκε από την 1η σειρά πειραμάτων). Και στις δύο συνταγές η αναλογία βάρους ωσμωτικού διαλύματος προς τροφίμου είναι 3:1. Τα μεγέθη που εξετάστηκαν ήταν η απώλεια νερού (WL), η πρόσληψη στερεών (SG), η ενεργότητα νερού (aw), οι βαθμοί °Brix καθώς και βασικοί ποιοτικοί δείκτες όπως το χρώμα. Ακολούθησε ξήρανση σε ρεύμα αέρα σε ρεύμα αέρα στους 65°C για 180min. Στα πειράματα διατηρησιμότητας που ακολούθησαν, πραγματοποιήθηκε οργανοληπτικός έλεγχος σε επιλεγμένα δείγματα και από τις δύο συνταγές και το μάρτυρα για τις θερμοκρασίες 15°C, 25°C και 35°C για διάστημα 85 ημερών. Συμπερασματικά, η ωσμωτική αφυδάτωση είναι μία αποτελεσματική μέθοδος προ - κατεργασίας στον τομέα της ξήρανσης των τροφίμων. Ο συνδυασμός των μεθόδων μειώνει τον χρόνο ξήρανσης ενώ παράλληλα παράγεται ξηρό τελικό προϊόν με καλύτερη ποιότητα. Οπότε, με την μέθοδο ωσμωτικής αφυδάτωσης παράγεται ένα τελικό ξηρό προϊόν ιπποφαούς με καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και χρώμα σε σχέση με το τελικό ξηρό ανεπεξεργαστο δείγμα.



# ***Study of osmotic dehydration (OD) as pretreatment for the production of dried sea buckthorn products***

---

Nutrition is one of the main factors having a significant impact on human health and wellbeing. Fruits and vegetables are an essential part of our diet. However, due to their perishability and short life, it is necessary to find suitable methods for their preservation in order to increase their shelf life. In order to be able to produce final products of high nutritional value, it is advisable to use alternative preservation methods with milder processing techniques. In this dissertation, osmotic dehydration was studied for the production of dried sea buckthorn products as a pre-treatment method. This method is followed by hot air drying to create an improved final product with a shorter drying time. Osmotic dehydration may lead to a product of extended shelf life, intermediate moisture content and improved nutritional and sensory attributes. Osmotic dehydration was performed in two series of experiments, where the main difference is the replacement of water in the osmotic solution with apple juice and stirring of the sample during osmosis. The sea buckthorn used was a frozen - thawed sample of Greek sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). The composition of the osmotic solution for the 1st experimental procedure was 30%, 40%, 50% mixture of erythritol / steviol glycosides, 20% glycerol, 1% sodium chloride, 2% calcium chloride and 37% deionized water. The process lasted up to 300 min and was performed at three temperatures of 45°C, 55°C and 65°C. For the 2nd experimental procedure, the composition of the osmotic solution was 30%, 40% erythritol / steviol glycoside mixture, 20% glycerol, 1% sodium chloride, 2% calcium chloride and 37% apple juice. The procedure lasted up to 240 min and was performed at a temperature of 55 °C with stirring (selected from the 1st series of experiments). In both recipes the weight ratio of osmotic solution to food is 3: 1. The parameters measured included water loss (WL), solid gain (SG), water activity (aw), °Brix, as well as quality indicators such as color. This was followed by drying in hot air at 65 °C for 180min. In the shelf life experiments which were performed on the final osmo-dried samples in comparison to the dried counterpart, organoleptic testing was performed on selected samples from both series of experiments and the control for temperatures of 15 °C, 25 °C and 35°C for a period of 85 days. The results showed that, the osmotic dehydration is an effective pre-treatment method prior to food drying. The combination of methods reduces the drying time while at the same time a dried final product with better quality is produced. Thus, the osmotic dehydration method leads to a final dried sea buckthorn product with better organoleptic characteristics and color compared to the dried unprocessed sample.





# Εισαγωγή

---

Τα φρούτα και τα λαχανικά είναι σημαντικό κομμάτι της διατροφής μας, μας προσφέρουν πληθώρα βιταμινών και θρεπτικών συστατικών και φροντίζουν για τη σωστή λειτουργία του οργανισμού μας. Οι υπερτροφές όπως το ιπποφαές, Goji berry, σπόροι Chia, κτλ περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνες, μέταλλα, αμινοξέα και ένζυμα και προσφέρουν στον οργανισμό ενέργεια και ευεξία. Είναι εντυπωσιακό το γεγονός ότι από την αρχαιότητα αναφέρονται τροφές που καταναλώνονται για τις θρεπτικές και τις θεραπευτικές τους ιδιότητες όπως το ιπποφαές που αποτελούσε μέρος της διατροφής των στρατιωτών του Μ. Αλεξάνδρου και το goji berry που περιλαμβανόταν στη διατροφή των Αρχαίων Ελλήνων και Ρωμαίων. Τα φρούτα και λαχανικά καταναλώνονται τόσο φρέσκα όσο και αποξηραμένα αφού είναι εξαιρετικά ευαίσθητα με σύντομη διάρκεια ζωής. Είναι σημαντικό να ανακαλύψουμε νέες μεθόδους επεξεργασίας ώστε να αποτρέψουμε την αλλοίωσή τους και παράλληλα να διατηρήσουμε την υψηλή τους διατροφική αξία.

Η ωσμωτική αφυδάτωση παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς τα τελευταία χρόνια, οι καταναλωτές ζητούν προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας με ελάχιστη επεξεργασία. Δεδομένου ότι η ωσμωτική αφυδάτωση παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, όπως η βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστών, κυρίως τη γεύση και το χρώμα, η αναστολή της ενζυμικής αμαύρωσης και η ελαχιστοποίηση του κόστους της ενέργειας, αποτελεί μια χρήσιμη διαδικασία για τη μερική αφυδάτωση φρέσκων φρούτων και λαχανικών, αλλά και ως προ-κατεργασία σε άλλες μεθόδους συντήρησης (κατάψυξη, ξήρανση με αέρα).

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η επίδραση της ωσμωτικής αφυδάτωσης σε καρπούς ιπποφαούς με εναλλακτικά ωσμωτικά μέσα και εκτιμήθηκαν τα πλεονεκτήματα του ωσμωμένου προϊόντος ως προς τον χρόνο ξήρανσή τους και ως προς τις λειτουργικές τους ιδιότητες. Για τη μελέτη των εναλλακτικών ωσμωτικών υλικών με σκοπό τον εμπλουτισμό του τελικού προϊόντος, επιλέχθηκε διάλυμα με ερυθριτόλη/γλυκοζιτών στεβιόλης, γλυκερόλη καθώς και σε ορισμένα πειράματα χυμός μήλου, σε αντικατάσταση του νερού στο ωσμωτικό διάλυμα.



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

• <i>Πρόλογος</i> .....	3
• <i>Περίληψη</i> .....	5
.....	5
• <i>Study of osmotic dehydration (OD) as pretreatment for the production of dried sea buckthorn products</i> .....	7
• .....	7
• <i>Εισαγωγή</i> .....	9
• .....	9
• <i>Κεφάλαιο 1: Ιπποφαές</i> .....	14
• 1.1 Εισαγωγή .....	14
• 1.2 Προέλευση και άλλα χαρακτηριστικά .....	15
• 1.3 Χημική σύσταση του ιπποφαούς (rhamnoides).....	17
• 1.4 Ιπποφαές και οφέλη στην υγεία .....	19
• 1.5 Τα προϊόντα του ιπποφαούς στην αγορά τροφίμων .....	21
<i>Κεφάλαιο 2: ΩΣΜΩΤΙΚΗ ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ</i> .....	23
• 2.1 Εισαγωγή .....	23
• 2.2 Μηχανισμός της Ωσμωτικής Αφυδάτωσης.....	24
• 2.3 Εφαρμογή της Ωσμωτικής Αφυδάτωσης στη Βιομηχανία Τροφίμων.....	24
2.3.1 Πλεονεκτήματα Χρήσης.....	25
2.3.2 Προβλήματα κατά την Εφαρμογή στη Βιομηχανία .....	26
• 2.4 Παράμετροι που Επηρεάζουν την Ωσμωτική Αφυδάτωση .....	27
2.4.1 Παράμετροι που Σχετίζονται με τα Χαρακτηριστικά της Πρώτης Ύλης.....	27
2.4.2 Παράμετροι που Σχετίζονται με τη Διεργασία .....	28
• 2.5 Μαθηματική Προσομοίωση της Μεταφοράς Μάζας .....	29
• 2.6 Η Ωσμωτική Αφυδάτωση ως προ – Κατεργασία της Ξήρανσης με Θερμό Αέρα.....	30
2.6.1 Παράμετροι που Σχετίζονται με τη Διεργασία .....	31
2.6.2 Η Ωσμωση ως Προκατεργασία της Ξήρανσης με Αέρα .....	32

### Κεφάλαιο 3: Υλικά και μέθοδοι

---

.....	35
• 3.1 Σκοπός .....	35
• 3.2 Πειραματική Διαδικασία .....	35
• 3.3 Εφαρμογή της Ωσμωτικής Αφυδάτωσης .....	35
• 3.4 Εφαρμογή της Ξήρανσης με Θερμό Αέρα .....	40
• 3.5 Αναλυτικές Μέθοδοι .....	40
3.5.1 Μέτρηση Ενεργότητας Νερού .....	40
3.5.2 Μέτρηση Περιεχόμενου Νερού και Ολικών Στερεών .....	41
3.5.3 Μέτρηση Χρώματος.....	42
3.5.4 Προσδιορισμός ασκορβικού οξέος.....	43
3.5.5 Οργανοληπτικός Έλεγχος.....	44
3.5.6 Βαθμοί Brix .....	44
• 3.6 Επεξεργασία Μετρήσεων .....	45
3.6.1 Απώλεια νερού, Πρόσληψη στερεών και Απώλεια συνολικού βάρους.....	45

### Κεφάλαιο 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

---

.....	47
• 4.1 Εφαρμογή της Ωσμωτικής Αφυδάτωσης ως μεθόδου προ – κατεργασίας για την Παραγωγή Ξηρών Προϊόντων ιπποφαούς.....	47
4.1.1 Κινητική Μελέτη Φαινομένων Μεταφοράς κατά την Ωσμωτική Αφυδάτωση .....	47
4.1.2 Κινητική Μελέτη Φαινομένων Μεταφοράς κατά την Ξήρανση με Θερμό Αέρα .....	62
4.1.3 Μελέτη Διατηρησιμότητας – Προσδιορισμός Διάρκειας Ζωής.....	66

### Κεφάλαιο 5: ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

---

.....	73
• 5.1 Συνοπτική Παρουσίαση και Συζήτηση Αποτελεσμάτων .....	73
• 5.2 Συμπεράσματα – Προτάσεις.....	80

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

.....	82
-------	----



# Κεφάλαιο 1: Ιπποφαές

## 1.1 Εισαγωγή

Το ιπποφαές είναι ο καρπός ενός θάμνου και θεωρείται από τα αρχαιότερα φυτά της γης αν και κατέχει θέση στη ζωή μας μόνο από τα τέλη του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Είναι γνωστό κυρίως για τις φαρμακευτικές του ιδιότητες καθώς θεωρείται από την επιστημονική κοινότητα πολύ σημαντικό λόγω της υψηλής διατροφικής του αξίας.

Η ονομασία του προέρχεται από τα συνθετικά "ίππος", που είναι το άλογο και "φαές" που σημαίνει λάμψη. Ο πιο συνηθισμένος τύπος είναι ο ιπποφαές ραμνοειδής που εξαπλώνεται τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Κίνα και ευδοκimei κυρίως σε εκτάσεις και αμμώδη εδάφη. Ο καρπός του ιπποφαούς είναι οβάλ και έχει ένα ζωηρό πορτοκαλί χρώμα. Λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε λιπαρά οξέα, διαθέτει μια χαρακτηριστικά ξινή γεύση.

Το προϊόν καταναλώνεται είτε νωπό είτε αποξηραμένο. Ο νωπός καρπός απαιτεί άμεση κατανάλωση για τη διατήρηση των θρεπτικών ουσιών, ενώ υπάρχει η δυνατότητα κατάψυξης για να αυξηθεί η διάρκεια ζωής του. Ο αποξηραμένος καρπός μπορεί να



διατηρηθεί για μεγάλες χρονικές περιόδους και είναι η πιο συνηθισμένη μορφή που συναντάμε.

Το ιπποφαές είναι ένα από τα ελάχιστα είδη φυτών από το οποίο μπορούμε να αξιοποιήσουμε όλα

τα μέρη, δηλαδή τους καρπούς, τα φύλλα, το φλοιό

Εικόνα 1.3 φρέσκο ιπποφαές

και το ξύλο. Ο καρπός του αποξηραίνεται και καταναλώνεται σε συνδυασμό με άλλους καρπούς ή τρόφιμα. Από την πούλπα των καρπών του παράγεται χυμός, έλαιο αλλά και ζωοτροφή μετά την μεταποίηση τους. Από τους σπόρους των καρπών παράγεται πολύτιμο έλαιο. Τα φύλλα μπορούν να αποξηραθούν και να γίνουν τσάι με πολύ υψηλή θρεπτική αξία. Από τον φλοιό του παράγονται διάφορες χημικές ουσίες ενώ το ξύλο του

χρησιμοποιείται σε μικροκατασκευές. Στο εμπόριο ο καρπός του βρίσκεται σε μορφή σκόνης, αποξηραμένο, φρέσκο και σε συμπληρώματα διατροφής.

## 1.2 Προέλευση και άλλα χαρακτηριστικά

Η ιστορία του ιπποφαούς ξεκινάει από τα αρχαία χρόνια με αναφορές μεγάλων τότε φαρμακολόγων. Προέρχεται από την Κεντρική Ασία, ενώ με την πάροδο του χρόνου εξαπλώθηκε έως την Κεντρική Ευρώπη και τις ακτές της Βόρειας και Βαλτικής Θάλασσας. Στην Ελβετία κατά το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, το ιπποφάες έγινε γνωστό ως πηγή βιταμίνης C. Το πυκνό ριζικό σύστημα του Ιπποφαούς και η αντοχή του σε άγονες και δύσκολες συνθήκες (κρύο, αλάτι, φτωχά εδάφη) είναι οι λόγοι που ο θάμνος αυτός φυτεύεται συστηματικά σε καμμένες περιοχές για να εμποδίσει τη διάβρωση των εδαφών, όπως π.χ. σε μεγάλες εκτάσεις της βόρειας Κίνας, όπου παράλληλα οι καρποί του συλλέγονται και αποφέρουν κάποιο εισόδημα στους ντόπιους πληθυσμούς.



**Εικόνα 1.2 καρπός ιπποφαές**

Το ιπποφάες είναι ένας αυτοφυής, ανθεκτικός, φυλλοβόλος, ακανθωτός θάμνος που φτάνει τα 2-4 μέτρα και ευδοκίμει στην περιοχή της Ευρασίας. Το φυτό αυτό είναι δίοικο, διακρίνουμε δηλαδή φυτά με αρσενικά και φυτά με θηλυκά άνθη. Το χρώμα του είναι κίτρινο ή πορτοκαλί, το σχήμα του καρπού στρογγυλό ή ωσειδές και το βάρος του ζυγίζει από 10-16 g / 100 καρπούς.



Το ιπποφαές διακρίνεται σε 6 είδη και 12 υποείδη με το πιο διαδεδομένο είδος το ιπποφαές ραμνοειδές όπου επικρατεί τόσο στην Κίνα και στην Ευρώπη αλλά και σε όλο το κόσμο.(GRIN,2007).

Πίνακας 1.1: Είδη, γεωγραφική κατανομή και χρησιμότητα του Ιπποφαούς (pers. comm., Dr. Sanjai Kumar Dwivedi (Deputy Director, Defense Research and Development Organization, Delhi, India)

Είδη	Υποείδη	Γεωγραφική κατανομή	χρησιμότητα
<b>Ιπποφαές το ραμνοειδές (Hippophae rhamnoides L.)</b>	Καρπάθικο (subsp. carpatica)	Ρουμανία (Καρπάθια Όρη, Άλπεις της Τρανσυλβανίας)	Καλλιέργια για μεταποίηση προϊόντων
	Καυκασικό (subsp. caucasica)	Ευρώπη, Ασία	Καλλιέργια για επιστημονικές δοκιμές
	Μογγολικό (subsp. mongolica Rousi)	Σιβηρία, Μογγολία, Κίνα	Καλλιέργια για επιστημονικές δοκιμές
	Ραμνοειδές (subsp. rhamnoides)	Ευρώπη	Καλλιέργια για παραγωγή προϊόντων
	Σινικό (subsp. sinensis)	Κίνα	Παραγωγή προϊόντων.
	Τουρκεστανικό (subsp. turkestanica)	Ασία	Παραγωγή τροφίμων, φαρμάκων και καλλυντικών.
	Γιανγκτσέ (subsp. yunnanensis)	Σιτσουάν, Γιουνάν, Θιβέτ της Κίνας	Χρησιμοποιείται για οικολογική αποκατάσταση μόνο.
	Φλουβιατίλις (Subsp. Fluviatilis)	Ευρώπη	Παραγωγή προϊόντων.
<b>Ιπποφαές το γονιόκαρπον (Hippophae goniocharpa)</b>	γονιόκαρπον (subsp. goniocharpa)	Σιτσουάν, Qinghai της Κίνας	Προστατεύονται ως δασικά είδη. Πολύ λίγες μελέτες έχουν γίνει.
	Λιτάνγκ (subsp. litangensis)	Σιτσουάν, Qinghai της Κίνας	Προστατεύονται ως δασικά είδη. Πολύ λίγες μελέτες έχουν γίνει.
<b>Ιπποφαές το νευρόκαρπον (Hippophae neurocarpa)</b>	αστερωτοτριχωτό (subsp. stellatopilosa)	Σιτσουάν, Θιβέτ της Κίνας	Προστατεύονται ως δασικά είδη. Πολύ λίγες μελέτες έχουν γίνει.
	νευρόκαρπον (subsp. neurocarpa)	Σιτσουάν, Qinghai της Κίνας	Προστατεύονται ως δασικά είδη. Πολύ λίγες μελέτες έχουν γίνει.
<b>Ιπποφαές το θιβετιανό (Hippophae tibetana)</b>		Σιτσουάν, Qinghai, Gansu, Θιβέτ της Κίνας, Ινδία, Νεπάλ	Προστατεύονται ως βοσκοτόπια. Πολύ λίγες μελέτες έχουν γίνει.
<b>Ιπποφαές το ιτεόφυλλον (Hippophae salicifolia) D. Don</b>		Νότια πλευρά Ιμαλαίων, Θιβέτ της Κίνας, Νεπάλ, Ινδία	Προστατεύονται ως δασικά είδη και οι καρποί επεξεργάζονται για παραγωγή προϊόντων.
<b>Ιπποφαές του Γιανγκτσέ (Hippophae gyantsensis)</b>		Θιβέτ της Κίνας	Προστατεύονται ως δασικά είδη. Παραγωγή ιατρικών φαρμάκων

## 1.3 Χημική σύσταση του ιπποφαούς (rhamnoides)

Το ιπποφαές θεωρείται από την επιστημονική κοινότητα πολύ σημαντικό λόγω της υψηλής διατροφικής του αξίας. Όλα τα μέρη του ιπποφαούς είναι μια καλή πηγή μεγάλου αριθμού βιοδραστικών ενώσεων. Υπάρχουν πάνω από 190 πιστοποιημένες βιοενεργές ουσίες στο ιπποφαές και 60 που δεν έχουν πιστοποιηθεί ακόμα. (Maertz, 2006)

### Καροτενοειδή

Το κόκκινο – πορτοκαλί χρώμα του ιπποφαούς αποδίδεται στο σύμπλεγμα των καροτενοειδών. Η συνολική περιεκτικότητα σε καροτενοειδή κυμαίνεται μεταξύ 53 και 97 mg / 100g ξηρού βάρους σε καρπούς και μεταξύ 3,5 και 4,2 mg / 100g σε φύλλα. Το ιπποφαές περιέχει β-καροτένιο, που είναι πρόδρομος της βιταμίνης Α, καθώς και λυκοπένιο, α-καροτίνη και λουτεΐνη. Πολλές φορές το ιπποφαές, ανάλογα με την περιοχή στην οποία καλλιεργείται, περιέχει καροτενοειδή σε μεγαλύτερες ποσότητες από κάθε άλλο φυτό. Οι καροτενοειδείς διεστέρες ήταν το κύριο κλάσμα μεταξύ των ποικιλιών καρπών με διπάλμιτική ζεαξανθίνη ως κύρια ένωση, ενώ τα φύλλα περιέχουν μόνο ελεύθερα καροτενοειδή όπως η λουτεΐνη, β-καροτένιο, βιλαξανθίνη και νεοξανθίνη. (Da Cheng Hao, Pei Gen Xiao (2015). Medicinal Plants,)

### Λιπαρά Οξέα

Επιπλέον, το ιπποφαές είναι πλούσιο σε λιπαρά οξέα (ελαϊκό οξύ, λινελαϊκό οξύ, λινολενικό οξύ) με κατά μέσο όρο 86,3%, με τη μορφή παλμιτικού οξέος C16: 0 (30-33% κ.β.) και στεατικού οξέος C18: 0 (<1% κ.β.). Περιέχεται α-λινολενικό οξύ (ωμέγα-3) C18: 3 (30% κ.β.), γ-λινολενικό οξύ (ωμέγα-6) C18: (5% κ.β.), ελαϊκό οξύ (ωμέγα-9) C18: 1 (14-18% κ.β.) και εικοσανοϊκό οξύ (ωμέγα-9) C20: 1 (2% κ.β.) και το σπάνιο παλμιτελαϊκό οξύ (ω-7). Ο καρπός περιέχει επίσης φυτοστερόλες όπως β-σιτοστερόλη, εργοστερόλη και αμυρίνες. (Bal L. M., Meda V., Naik S. N., Santosh S. 2011. Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmoceuticals 1718-1727)

### Βιταμίνη C

Η περιεκτικότητα της βιταμίνης C εξαρτάται από την ποικιλία του φυτού και τη γεωγραφική του θέση. Ο καρπός έχει υψηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνη C, κυμαινόμενη από 114 έως 1.550 mg ανά 100 g με μέσο όρο 695 mg / 100 g. Τα συγκεκριμένα επίπεδα είναι έως και 15 φορές υψηλότερα από το πορτοκαλί (45 mg / 100 g). (Zeb A. 2004. Chemical and nutritional constituents of sea buckthorn juice.)

### Άλλα συστατικά

Ο καρπός του ιπποφαούς είναι πλούσια πηγή πρωτεϊνών και περιέχουν διάφορα απαραίτητα για τον οργανισμό αμινοξέα. Περιέχουν επίσης μεταλλικά στοιχεία όπως Ca, P, Fe και ειδικά το K που είναι το πιο άφθονο μεταξύ όλων των άλλων στοιχείων, αλλά και άλλες βιταμίνες όπως φολικό οξύ, B1, B2 και K. Εξάλλου, έχουν μεγάλες ποσότητες σακχάρων κυρίως γλυκόζη και φρουκτόζη που ποικίλλει στο χυμό των καρπών από 0,6 έως 24,2g / 100 ml. Επίσης, υπάρχουν οργανικά οξέα, όπως μηλικό και κινικό οξύ, καθώς και οξαλικό

κιτρικό και τρυγικά οξέα. Η φλούδα του φυτού και των καρπών περιέχει 5-υδροξυτρυπταμίνη, η οποία είναι σπάνια μεταξύ των φυτών. ( Bekker N. P., Glushenkova A.I. 2001)

Πίνακας 1.2: Χημική σύσταση του Ιπποφαούς\_( Schroelder και Yao, 1995, Li και McLoughlin, 1997, Vaidy a, 1999, Lu, 2003, Dwivedi et αϊ, 2006)

Ιδιότητες				Μέταλλα			
Ποσοστό εξόρυξης χυμού φρούτων (%)	64 - 75	Συνολικά σάκχαρα (%)	6,29	Fe	11,68 mg / kg καρπού	Ph (%)	0,02
Υγρασία (%)	3,0-5,0	Διαλυτά στερεά	16 - 18	Na	41,28 mg / kg φρούτου	Mg	47,7 mg / kg καρπού
Πρωτεΐνη (%)	34,6	φλαβόνη	354mg/ 100mg	K	1499,96 mg / kg καρπού	Zn	0,94 mg / kg καρπού
				Ca	383 mg / kg καρπού	Ph (%)	0.02
Βιταμίνες				Λιπαρά οξέα			
Βιταμίνη C	1161.1 - 1302.5 mg / 100 gm	Βιταμίνη A	0,75 mg / 100 gm	Κορεσμένο λιπαρό οξύ(%)	12 - 20	Λινολεϊκό οξύ (%)	40,8
Βιταμίνη E σε έλαιο σπόρου	101,5 - 277,6 mg / 100 gm	Βιταμίνη C σε σπόρους	149 mg / 100 gm	Ολεϊκό οξύ (%)	15	Παλμιτικό οξύ (%)	30



Εικόνα 1.3 φρέσκο ιπποφαές

## 1.4 Ιπποφαές και οφέλη στην υγεία

Το Ιπποφαές περιέχει ένα μοναδικό συνδυασμό αντιοξειδωτικών συστατικών που δρουν προληπτικά κατά της γήρανσης, των καρδιαγγειακών νοσημάτων και του καρκίνου.

Ειδικότερα παρέχει:

### **Ισχυρά αντιφλεγμονώδη, αντιμικροβιακή, αναλγητική και θεραπευτική δράση**

Η βιταμίνη C συνεισφέρει στην απορρόφηση του σιδήρου, βοηθά στο σχηματισμό κολλαγόνου στο δέρμα, στην επανόρθωση των ιστών και ενισχύει την άμυνα του οργανισμού. Η βιταμίνη E επιβραδύνει τη γήρανση των κυττάρων και βοηθά στην οξυγόνωση των ιστών. Επιταχύνει την επούλωση των πληγών και προστατεύει από την αρτηριοσκλήρυνση. Τα καροτενοειδή αποτρέπουν σε μεγάλο βαθμό την οξείδωση των κυττάρων και την καταστροφή τους. Ισχυρή δράση έχουν και τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα συγκεκριμένα: ω- 3 (λινολενικό οξύ), ω- 6 (λινελαϊκό οξύ), ω- 7 (παλμιτελαϊκό οξύ), ω- 9 (ελαϊκό οξύ). Το ω- 7 συγκεκριμένα έχει αντιική, αντιβακτηριδιακή, επουλωτική και αντιγηραντική δράση. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό, διότι μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο του διαβήτη τύπου II, να εμποδίσει το σχηματισμό της αθηρωματικής πλάκας, να αυξήσει την HDL- χοληστερόλη και να μειώσει ένα δείκτη φλεγμονής που ονομάζεται C-αντιδρώσα πρωτεΐνη (CRP), η οποία συνδέεται με αυξημένο κίνδυνο για καρδιακή προσβολή και εγκεφαλικό επεισόδιο.

### **Ενίσχυση της λειτουργίας του νευρικού συστήματος**

Οι βιταμίνες του συμπλέγματος B βοηθούν στην καλή λειτουργία του νευρικού και μυϊκού συστήματος, αλλά και της καρδιάς. Συμμετέχουν στη σύνθεση των ενζύμων και στο μεταβολισμό των λιπών, των πρωτεϊνών και των υδατανθράκων. Βοηθούν στην ανάπτυξη και στην αναπαραγωγή, φροντίζουν για την υγεία των μαλλιών, των νυχιών και του

δέρματος. Όλα τα μεταλλικά στοιχεία όπως το ασβέστιο, μαγνήσιο, σίδηρο, φώσφορο, χαλκό, κάλιο, σελήνιο και ψευδάργυρο, είναι απαραίτητα για την πνευματική και σωματική υγεία. Όπως και οι βιταμίνες, δρουν ως καταλύτες σε πολλές βιολογικές αντιδράσεις και οι λειτουργίες τους είναι αλληλένδετες. Το σελήνιο και ο χαλκός έχουν πολύ ισχυρή αντιοξειδωτική δράση. (Πηγή: [ipprofaes.net](http://ipprofaes.net))

Πίνακας 1.3: Οφέλη του ιπποφαούς για την υγεία  
(<https://www.foodandnutritionjournal.org>)

Οφέλη για την υγεία	Υπεύθυνες ενώσεις
Ενίσχυση της λειτουργίας του νευρικού συστήματος	Βιταμίνες του συμπλέγματος Β καθώς και ασβέστιο, μαγνήσιο, σίδηρος, φώσφορος, χαλκός, κάλιο, σελήνιο, ψευδάργυρος κ.λπ.
Προστασία από καρδιαγγειακά νοσήματα	φυτοστερόλες και ανορεστικά λιπαρά οξέα ( $\omega$ -3, $\omega$ -6, $\omega$ -7 και $\omega$ -9)
Αντιοξειδωτική δράση: σάρωση ελεύθερων ριζών	Αντιοξειδωτικά: φλαβονοειδή, καροτενοειδή
Ισχυρά αντιφλεγμονώδη, αντιμικροβιακή, αναλγητική και θεραπευτική δράση	βιταμίνη C, $\omega$ μέγα-3 και $\omega$ μέγα-6 λιπαρά οξέα και βιταμίνη E

## 1.5 Τα προϊόντα του ιπποφαούς στην αγορά τροφίμων

Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον των καταναλωτών για super foods, καθώς εμφανίζουν ευεργετικές ιδιότητες για την ανθρώπινη υγεία. Την ανάγκη αυτή έρχονται να καλύψουν τρόφιμα όπως τα κράνα, τα goji berries, το ιπποφαές, το κινόα, κ.α.

Υπάρχουν πολλά προϊόντα στο εμπόριο τα οποία χρησιμοποιούν το ιπποφαές 100% για τη σύνθεσή τους ή συνυπάρχουν με άλλα συστατικά. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία στα εμπορικά προϊόντα, ωστόσο τα πιο κοινά είναι σε αποξηραμένη μορφή, συμπληρώματα διατροφής και καλλυντικά. Συνεπώς, το ιπποφαές πωλείται ως αποξηραμένο φρούτο ή σε κάψουλες. Τα προϊόντα ιπποφαούς πωλούνται κυρίως σε καταστήματα με βιολογικά τρόφιμα, σε φαρμακεία, στο διαδίκτυο σε ιστοσελίδες που σχετίζονται με την υγεία, την ευεξία και τη μακροζωία αλλά και σε ορισμένα super market.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός εμπορικού προϊόντος με ιπποφαές είναι το συμπλήρωμα διατροφής Superfoods Ιπποφαές Eubias™, το οποίο είναι προϊόν υψηλής διατροφικής αξίας.

Το ιπποφαές έχει χρησιμοποιηθεί εδώ και αιώνες στην παραδοσιακή ιατρική. Παρόλο που το εκχυλίσμα καρπών ιπποφαές βρίσκεται υπό έρευνα για τις φαρμακευτικές τους επιδράσεις, δεν υπάρχουν κλινικές ενδείξεις για την ικανότητα των προϊόντων ιπποφαούς να μειώνουν τον κίνδυνο ανθρώπινων ασθενειών και δεν έχουν εγκριθεί ως συνταγογραφούμενα φάρμακα από οποιαδήποτε εθνική υπηρεσία ακόμη. Το έλαιο ή ο πολτός του ιπποφαούς, είτε λαμβάνεται από το στόμα ως συμπλήρωμα διατροφής ή εφαρμόζεται τοπικά, πιστεύεται ότι επιδρά στην απαλότητα του δέρματος ή λειτουργεί ως φάρμακο για τον οργανισμό, αλλά δυστυχώς υπάρχουν ανεπαρκή κλινικά στοιχεία για την αποτελεσματικότητά του. Τέλος δεν έχουν διεξαχθεί συστηματικές μελέτες τοξικότητας και ασφάλειας για κανένα προϊόν ιπποφαούς. (Drugs.com. 2018. Retrieved 17 February 2018)



## Κεφάλαιο 2: ΩΣΜΩΤΙΚΗ ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ

---

### 2.1 Εισαγωγή

Η ωσμωτική αφυδάτωση είναι μια μέθοδος μερικής απομάκρυνσης του νερού που περιέχεται σε ένα τρόφιμο μέσω της εμβάπτισής του σε ένα υπερτονικό μέσο, όπως ένα διάλυμα σακχάρου ή άλατος με υψηλή συγκέντρωση. Λόγω της διαφοράς της ωσμωτικής πίεσης εκατέρωθεν της μεμβράνης των τροφίμων, λαμβάνουν χώρα δύο κύριες ροές αντίθετης κατεύθυνσης: νερό διαφεύγει από το εσωτερικό του τροφίμου αραιώνοντας το ωσμωτικό διάλυμα, ενώ ταυτόχρονα, στερεά ωσμωτικού διαλύματος εισρέουν στα κύτταρα του τροφίμου, εμπλουτίζοντας με αυτόν τον τρόπο επιλεκτικά τη σύστασή του. Στόχος της ωσμωτικής αφυδάτωσης είναι να επιτευχθεί ισορροπία της ενεργότητας νερού του διαλύματος και του τροφίμου, σημείο το οποίο προσδιορίζει άλλωστε και τη λήξη της διεργασίας. (σημειώσεις εργαστηρίου Επεξεργασίας ΙΙ, ΠΑΔΑ)

Πλεονεκτήματα της χρήσης της μεθόδου της ωσμωτικής αφυδάτωσης είναι:

- δεν υπάρχει ανάγκη χρήσης διοξειδίου του θείου ή και ζεμάτισμα για προστασία έναντι οξειδωτικού και ενζυματικού αποχρωματισμού.
- η ήπια θερμική επεξεργασία σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες επεξεργασίας 50 ° ευνοεί τη διατήρηση του χρώματος και της γεύσης, οδηγώντας συχνά σε προϊόντα με βελτιωμένα χαρακτηριστικά (Ponting, 1973).
- Τέλος, η ωσμωτική αφυδάτωση είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για τη μείωση των συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων σε σύγκριση με την αφυδάτωση και την κατάψυξη.

Τα παραπάνω πλεονεκτήματα καθιστούν την κατεργασία αυτή ευέλικτη και ενδιαφέρουσα ως ένα προκαταρκτικό βήμα σε διάφορες εναλλακτικές διεργασίες, όπως, η παστερίωση, κονσερβοποίηση, κατάψυξη, μέτρια ή πλήρη ξήρανση (αέρας, κενό, ξήρανση με κατάψυξη), και διάφορους πιθανούς συνδυασμούς εμποδίων, δηλαδή, εμπότισμό με συντηρητικά ή αντιμικροβιακά, αφυδάτωση-κάπνισμα, οξίνιση, βρώσιμη επικάλυψη κ.λπ.

Παρά το μεγάλο αριθμό ερευνητικών εργασιών που έχουν δημοσιευτεί στον τομέα της ωσμωτικής επεξεργασίας, η εφαρμογή σε βιομηχανική κλίμακα αντιμετωπίζει ακόμα θεμελιώδη ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Τέτοια ζητήματα περιλαμβάνουν τη φιλική προς το περιβάλλον διαχείριση του ωσμωτικού διαλύματος, περιορισμό της ανάπτυξης μικροοργανισμών και ικανοποιητικό έλεγχο διεργασιών. (Oliviera Fernand A.R., Oliviera Jorge C (2000). Processing foods: quality optimization and process. In Advances in osmotic dehydration(7th chapter) (pp.176-177)

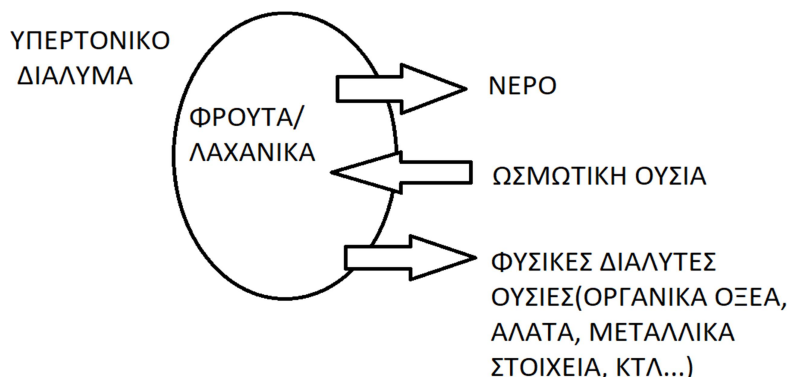


## 2.2 Μηχανισμός της Ωσμωτικής Αφυδάτωσης

Η ωσμωτική αφυδάτωση είναι μια μέθοδος μερικής απομάκρυνσης του νερού που επιτυγχάνεται όταν ένα τρόφιμο εμβαπτίζεται σε ένα υπερτονικό μέσο, όπως ένα διάλυμα σακχάρου ή άλατος με υψηλή συγκέντρωση. Λόγω της διαφοράς της ωσμωτικής πίεσης εκατέρωθεν της μεμβράνης των τροφίμων, λαμβάνουν χώρα τρεις κύριες ροές αντίθετης κατεύθυνσης: (Karthiayani, 2004/Tiwari, 2005)

1. Εκροή νερού από το προϊόν στο διάλυμα (αραίωση του ωσμωτικού διαλύματος)
2. Μεταφορά διαλυμένης ουσίας από το διάλυμα στο προϊόν. Καθιστάται έτσι δυνατή η εισαγωγή της επιθυμητής ποσότητας μιας δραστικής ουσίας
3. Απομάκρυνση διαλυτών ουσιών (ζάχαρη, οργανικά οξέα, μέταλλα, βιταμίνες κ.λπ.), θεωρείται ποσοτικά αμελητέα όταν συγκρίνεται με τους δύο πρώτους τύπους μεταφοράς, αλλά απαραίτητη σε σχέση με τη σύνθεση του τελικού προϊόντος.

Στόχος της ωσμωτικής αφυδάτωσης είναι να επιτευχθεί ισορροπία της ενεργότητας νερού του διαλύματος και του τροφίμου, σημείο το οποίο προσδιορίζει άλλωστε και τη λήξη της διεργασίας.



Σχήμα 2.1: Μεταφορά μάζας σε φρούτα και λαχανικά κατά τη διάρκεια της ωσμωτικής αφυδάτωσης

## 2.3 Εφαρμογή της Ωσμωτικής Αφυδάτωσης στη Βιομηχανία Τροφίμων

Το πρωτοποριακό έργο της ομάδας του Ponting για την ωσμωτική αφυδάτωση των φρούτων στα μέσα της δεκαετίας του 1960 προκάλεσε ένα ολο ένα και αυξανόμενο ενδιαφέρον στους επιστήμονες της εποχής και φυσικά στους μηχανικούς τροφίμων για την ωσμωτική επεξεργασία ως βασική μέθοδο για την επεξεργασία τροφίμων.

Ταυτόχρονα με το έντονο ενδιαφέρον για τη μέθοδο, αυξήθηκε η ανάγκη να αντιμετωπιστούν τα διάφορα προβλήματα για να μπορέσει να προχωρήσει η μέθοδος σε βιομηχανική εφαρμογή. Ο σχεδιασμός της επεξεργασίας τροφίμων πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη θρεπτική αξία, τη σταθερότητα του προϊόντος και την ασφάλεια των καταναλωτών. Τα οικονομικά και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι επίσης κρίσιμα ζητήματα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. (Oliviera Fernand A.R., Oliviera Jorge C (2000). Processing foods: quality optimization and process. In Advances in osmotic dehydration (7th chapter) (pp.194 -195)

### **2.3.1 Πλεονεκτήματα Χρήσης**

Τα κύρια πλεονεκτήματα από την εφαρμογή της ωσμωτικής αφυδάτωσης είναι:

- Ελαχιστοποιείται η επίδραση της θερμοκρασίας στην ποιότητα των τροφίμων και διατηρείται η ακεραιότητα των τροφίμων
- Αυξάνεται η αντίσταση στη θερμική επεξεργασία
- Η ήπια θερμική επεξεργασία ευνοεί τη διατήρηση χρώματος και γεύσης με αποτέλεσμα το προϊόν να έχει αποδεκτά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.
- Η διαδικασία είναι αρκετά απλή, οικονομική (η ενέργεια που απαιτείται είναι 2-3 φορές μικρότερη σε σύγκριση με τη συμβατική ξήρανση)
- Αποτρέπεται η ενζυματική αμαύρωση
- Βελτιώνεται η υφή και η επανυδάτωση
- Η διαδικασία ζεματίσματος μπορεί παραληφθεί με αυτήν τη διαδικασία, η οποία μειώνει το κόστος επεξεργασίας
- Η απομάκρυνση των οξέων και η πρόσληψη ζάχαρης από φρούτα τροποποιεί τη σύνθεση και βελτιώνει τη γεύση
- Η διαδικασία μπορεί να αποδειχθεί ιδανική για την παραγωγή έτοιμων για κατανάλωση τροφίμων όπως σταφίδες κ.λπ.
- Η διαδικασία μειώνει τον όγκο των προϊόντων εξοικονομώντας έτσι το κόστος επεξεργασίας, αποθήκευσης και μεταφοράς
- Η συνεχής εμβάπτιση του προϊόντος σε ωσμωτικό διάλυμα αποτρέπει την έκθεση στο οξυγόνο και έτσι το προϊόν διατηρεί καλύτερα το χρώμα του
- Προστατεύει τη δομή του προϊόντος κατά την επακόλουθη ξήρανση, βοηθά στη διατήρηση του σχήματος των αφυδατωμένων προϊόντων

(U. D. Chavan, R. Amarowicz (2012): Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables)

### **2.3.2 Προβλήματα κατά την Εφαρμογή στη Βιομηχανία**

Παρά τα πλεονεκτήματά της ωσμωτικής αφυδάτωσης και τον μεγάλο αριθμό ερευνητικών εργασιών που έχουν δημοσιευτεί σε αυτόν τον τομέα, η μεγάλης κλίμακας βιομηχανικές εφαρμογές αντιμετωπίζουν τα εξής ζητήματα:

#### **Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος**

Κατά την ωσμωτική αφυδάτωση επηρεάζονται σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Για παράδειγμα μπορεί να μεταβληθεί η γλυκύτητα, ή αλμυρότητα ή και το pH του τροφίμου. Αυτές οι αλλαγές δεν είναι πάντα επιθυμητές και για να τις αποφύγουμε επιλέγουμε ανάλογα με τις διαλυμένες ουσίες του ωσμωτικού διαλύματος και προσθέτουμε βελτιωτικές ουσίες. Αρκετές φορές, κατά την ώσμωση προστίθενται στο τρόφιμο εδώδιμες επικαλύψεις πλούσιες σε συγκεκριμένα συστατικά που περιορίζουν την μικροβιακή ανάπτυξη στην επιφάνεια αυτών και τα προστατεύουν κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Αυτές οι βρώσιμες ημιπερατές μεμβράνες συμβάλλουν επίσης στη μείωση της πρόσληψης ουσιών με ταυτόχρονη αύξηση της απώλειας νερού από την πρώτη ύλη (Rahman, 2007).

#### **Η διαχείριση του ωσμωτικού μέσου**

Η διαχείριση του ωσμωτικού μέσου είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για τη διεργασία. Η σύνθεση του διαλύματος διαφέρει για κάθε φρούτο και λαχανικό και επηρεάζει την ποιότητα του προϊόντος όσον αφορά στο χρώμα, τα σάκχαρα, τα μέταλλα, τις βιταμίνες και τα οξέα. Πολλά προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν με την αλλαγή στη σύσταση του ωσμωτικού μέσου.

Μεγάλο πρόβλημα προκύπτει από τη μεγάλη δυσκολία επαναχρησιμοποίησης του ωσμωτικού διαλύματος. Το ζήτημα αυτό είναι καίριο για τη βιομηχανική εφαρμογή της ωσμωτικής αφυδάτωσης και ευθύνεται για:

- Την αραίωση του ωσμωτικού διαλύματος με την πάροδο του χρόνου όταν το τρόφιμο εμβαπτίζεται στο ωσμωτικό μέσο, το διαθέσιμο νερό του τροφίμου εξέρχεται από αυτό στο διάλυμα
  - Τις αρνητικές αλλαγές στο χρώμα του ωσμωτικού διαλύματος από την ενζυμική αμαύρωση, κυρίως την πολυφαινολοξειδάση
  - Τις αλλαγές στο pH του ωσμωτικού διαλύματος με την πάροδο του χρόνου όταν τα οργανικά οξέα εξέρχονται από το τρόφιμο κατά τη διάρκεια της ωσμωτικής αφυδάτωσης.
- (M. Dalla Rosa, F. Giroux / Journal of Food Engineering 49 (2001) 223-236)

Τρόποι επαναφοράς της συγκέντρωσης του ωσμωτικού διαλύματος είναι:

- Εξάτμιση (ατμοσφαιρική σε υψηλή θερμοκρασία ή υπό κενό σε μέτρια θερμοκρασία)
  - Προσθήκη ωσμωτικού διαλύματος χωρίς αλλαγή φάσης
  - Επανασύσταση του ωσμωτικού διαλύματος
  - Συγκέντρωση μεμβράνης χωρίς αλλαγή φάσης
  - Cryoconcentration
- (M. Dalla Rosa, F. Giroux / Journal of Food Engineering 49 (2001) 223-236)

## Ο σχεδιασμός και ο έλεγχος της διεργασίας

Οι επαρκείς πληροφορίες και τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα συμβάλλουν σε έναν αποτελεσματικό σχεδιασμό και έλεγχο της διεργασίας στη βιομηχανία. Απαραίτητη κρίνεται η διεξαγωγή έρευνας για τον σχεδιασμό της διεργασίας τόσο για τις ιδιότητες του ωσμωτικού διαλύματος και την κατάσταση του τροφίμου αλλά και για τον ρυθμό της διεργασίας. Πολλές φορές, τα φρούτα και τα λαχανικά τείνουν να επιπλέουν στο συμπυκνωμένο σιρόπι, εξαιτίας της μεγαλύτερης πυκνότητάς του. Το ιξώδες του διαλύματος ασκεί σημαντική αντίσταση στη μεταφορά μάζας με αποτέλεσμα την προσκόλληση του στην επιφάνεια του τροφίμου (Rahman, 2007).

## **2.4 Παράμετροι που Επηρεάζουν την Ωσμωτική Αφυδάτωση**

Μεταβλητές όπως ωριμότητα, ποικιλία, προκατεργασίες, θερμοκρασία, φύση και συγκέντρωση ωσμωτικού παράγοντα, ανάδευση, γεωμετρία του υλικού, αναλογία τεμαχίων φρούτων προς ωσμωτικό διάλυμα, φυσικοχημικές ιδιότητες, πρόσθετα, δομή και πίεση επηρεάζουν τη διαδικασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης.

### **2.4.1 Παράμετροι που Σχετίζονται με τα Χαρακτηριστικά της Πρώτης Ύλης**

#### **Η ποιότητα της πρώτης ύλης**

Η ποικιλία και η ωρίμανση των φρούτων και λαχανικών επηρεάζουν κυρίως την απώλεια νερού αλλά και την διάρκεια ώσμωσης. Μεταξύ των διαφορετικών καρπών, η μεταβλητότητα σχετίζεται κυρίως με τη συμπίεση των ιστών, την αρχική περιεκτικότητα σε αδιάλυτα και διαλυτά στερεά, τους ενδοκυτταρικούς χώρους και την ενζυματική δραστηριότητα του καρπού. Ο ρυθμός των στερεών (solid gain) δεν εξαρτάται σημαντικά από τη συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας ή τη θερμοκρασία της διαδικασίας.

#### **Η γεωμετρία της πρώτης ύλης**

Η απώλεια νερού αυξάνεται με την αύξηση της επιφάνειας των φρούτων. Οι Panagiotou et al. (1998) παρατήρησαν ότι το μέγεθος των δειγμάτων φρούτων είχε αρνητική επίδραση στην απώλεια νερού κατά την ωσμωτική επεξεργασία. Ο Rahman (1992) παρατήρησε ότι η απώλεια του νερού μειώθηκε με την αύξηση της θερμοκρασίας και της επιφάνειας και αυξήθηκε με την αύξηση της συγκέντρωσης σιροπιού και του πάχους της ελάχιστης γεωμετρικής διάστασης. Γενικά, ένα δείγμα μεγέθους από 3 mm έως το πολύ 10 mm σε σχήμα ορθογωνίου, δακτυλίου ή κύβου προτάθηκε για χρήση στη διαδικασία της

ωσμωτικής αφυδάτωσης. (U. D. Chavan, R. Amarowicz (2012): Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables)

## **2.4.2 Παράμετροι που Σχετίζονται με τη Διεργασία**

### **Η προ - κατεργασία**

Οποιαδήποτε προ-κατεργασία όπως , η κατάψυξη, το ζεμάτισμα, η θείωση, η εμφάνιση σε αλκαλικό διάλυμα, η εφαρμογή της υδροστατικής πίεσης πριν από την απομάκρυνση του νερού με την ωσμωτική αφυδάτωση περιορίζει την κυτταρική βλάβη που προκαλούν οι συμβατικές μέθοδοι ξήρανσης. Βύθιση σε διάλυμα κιτρικού οξέος 1% πριν από την ξήρανση ή την ωσμωτική αφυδάτωση προλαμβάνει την ενζυματική αμαύρωση των φρούτων . (Hussain et al., 2004; Sunkja & Raghavan, 2004).

### **Το είδος και η συγκέντρωση του ωσμωτικού διαλύματος**

Το είδος και η συγκέντρωση του διαλύματος είναι βασικοί παράγοντες στη διαδικασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης. Συχνά χρησιμοποιούνται ωσμωτικοί παράγοντες όπως η σακχαρόζη, η γλυκόζη για τα φρούτα και το NaCl για τα λαχανικά. Άλλοι ωσμωτικοί παράγοντες περιλαμβάνουν χλωριούχο ασβέστιο, μονοϋδροξυ-αιθανόλη και πολύ-υδροξυ ενώσεις όπως λακτόζη, δεξτρίνη βύνης, σιρόπι καλαμποκιού και μείγματα αυτών των ειδών.

Γενικά, έχει βρεθεί ότι η ισχύς του ωσμωτικού διαλύματος είναι βέλτιστη στην περιοχή από 60° έως 70° Brix. Υψηλότερη συγκέντρωση σημαίνει γρηγορότερος ρυθμός ώσμωσης. (Chaudhary et al, 1993). Οι Torreggiani et al.(1993) πρότειναν ότι συνήθως δεν αξίζει να χρησιμοποιείται υψηλότερη συγκέντρωση από 50° Brix λόγω της μείωσης του ωσμωτικού ρυθμού με το χρόνο.

### **Η αναλογία δείγματος: ωσμωτικού διαλύματος**

Με την αύξηση της αναλογίας διαλύματος προς δείγμα, ο ρυθμός ώσμωσης αυξάνεται έως ένα ορισμένο βαθμό. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται μια βέλτιστη αναλογία, καθώς οι μεγάλες αναλογίες προσφέρουν πρακτικές δυσκολίες στο χειρισμό του μείγματος φρούτων και σιροπιού για επεξεργασία. (Tiwari, 2005).

Η θερμοκρασία του ωσμωτικού διαλύματος

Η θερμοκρασία του ωσμωτικού διαλύματος επηρεάζει σημαντικά τον ρυθμό της ώσμωσης. Αν και αυξάνεται ο ρυθμός με την αύξηση της θερμοκρασίας, περιορίζεται η τιμή έως 60°C καθώς η υψηλότερη θερμοκρασία καταστρέφει τις κυτταρικές μεμβράνες. (U. D. Chavan, R. Amarowicz (2012): Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables)

Η χρήση χαμηλής θερμοκρασίας βοηθάει τη διατήρηση των αρωματικών ενώσεων του φρούτου ενώ η υψηλή θερμοκρασία αλλοιώνει σε μεγάλο βαθμό τα οργανοληπτικά χαρακτηριστά του. (TAKESHI MATSUURA, A. G. BAXTER and S. SOURIRAJAN: STUDIES ON REVERSE OSMOSIS FOR CONCENTRATION OF FRUIT JUICES).

### **Η ανάδευση**

Όταν τα φρούτα αναδεύονται σε σιρόπι, ο ρυθμός ώσμωσης θα είναι ταχύτερος λόγω μειωμένης αντίστασης μεταφοράς μάζας στην επιφάνεια αποφεύγοντας την τοπική διαδικασία αραίωσης. Ωστόσο, μπορεί να προκαλέσει ζημιά στο δείγμα.

### **Η χρονική διάρκεια της διεργασίας**

Διατηρώντας σταθερή τη συγκέντρωση του διαλύματος, και αυξάνοντας το χρόνο εμβάπτισης είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού απώλειας νερού. Μελέτες για τη βελτιστοποίηση της διάρκειας της διαδικασίας ώσμωσης αναφέρουν ότι η ανταλλαγή μάζας πραγματοποιείται με τον μέγιστο ρυθμό εντός των δύο πρώτων ωρών της ωσμωτικής αφυδάτωσης. (U. D. Chavan, R. Amarowicz (2012): Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables)

## **2.5 Μαθηματική Προσομοίωση της Μεταφοράς Μάζας**

Τα σημαντικότερα μεγέθη για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων της ώσμωσης είναι η απώλεια νερού (WL, Water Loss) (εξ.1), η πρόσληψη στερεών (SG, Solid Gain) (εξ. 2) καθώς και η απώλεια του συνολικού βάρους (WR, Weight Reduction) (εξ.3) (Panagiotou and others 1999):

Οι αριθμητικές τιμές των WL και SG είναι:

$$\text{➤ } WL = \frac{(M_0 - m_0) - (M - m)}{m_0}$$

Εξίσωση 2.1

$$\text{➤ } SG = \frac{(m - m_0)}{m_0}$$

Εξίσωση 2.2

$$\text{➤ } WR = \frac{(M_0 - M)}{m_0}$$

Εξίσωση 2.3

Όπου:

$M_0$  = η αρχική μάζα του φρέσκου τροφίμου,

$M$  = η μάζα του τροφίμου μετά από χρόνο  $t$  ωσμωτικής επεξεργασίας,

$m$  = η ξηρή μάζα του τροφίμου μετά από χρόνο  $t$  ωσμωτικής επεξεργασίας και

$m_0$  = η ξηρή μάζα του φρέσκου προϊόντος

(σημειώσεις εργαστηρίου Επεξεργασίας ΙΙ, ΠΑΔΑ)

## **2.6 Η Ωσμωτική Αφυδάτωση ως προ - Κατεργασία της Ξήρανσης με Θερμό Αέρα**



Εικόνα 2.1 αποξηραμένα φρούτα

Η απομάκρυνση νερού από τα τρόφιμα προκειμένου να γίνουν στερεά γίνεται με πάρα πολλούς τρόπους. Οι εξελίξεις στην τεχνολογία έχουν βοηθήσει ώστε να επιλέγεται για κάθε περίπτωση τροφίμου ή συστατικού που επιθυμείται η αφυδάτωσή του, ο πιο ιδανικός συνδυασμός μεθόδου και εξοπλισμού στα πλαίσια της επίτευξης της ποιότητας του προϊόντος και της αποτελεσματικής διαχείρισης των χρησιμοποιούμενων πόρων (ενέργεια κλπ). Η πιο κοινή μέθοδος συμβατικής ξήρανσης είναι η ξήρανση με θερμό αέρα (hot air drying).

Μελέτες έχουν δείξει ότι ως προεργασία της ξήρανσης με αέρα, η ωσμωτική αφυδάτωση συμβάλλει στη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος και αυξάνει την απόδοση της συνολικής διεργασίας.



Εικόνα 2.2 α) ωσμωτικά αφυδατωμένο ιπποφαές, β) αποξηραμένο ιπποφαές

Η ωσμωτική αφυδάτωση είναι αποδοτική όταν χρησιμοποιούνται διαλύματα με υψηλή περιεκτικότητα σε σακχαρόζη, επομένως είναι εξαιρετικά χρήσιμη διεργασία διότι μειώνει το χρόνο και άρα το κόστος της ξήρανσης. Έτσι, αυξάνεται η συνολική παραγωγικότητα (Fernandes et al., 2006).

### **2.6.1 Παράμετροι που Σχετίζονται με τη Διεργασία**

Η ξήρανση σε ρεύμα αέρα είναι η περισσότερο διαδεδομένη μέθοδος ξήρανσης. Το προϊόν τοποθετείται σε επαφή με ρεύμα θερμού και ξηρού αέρα. Η θερμότητα μεταδίδεται με μεταφορά από τον αέρα προς το προϊόν, ενώ οι σχηματιζόμενοι ατμοί της υγρασίας παρασύρονται από το ρεύμα.

- Οι τύποι της υγρασίας στο υλικό
- Η κίνηση της υγρασίας στο υλικό
- Οι ιδιότητες του υγρού αέρα
- Η διάρκεια και η κατάληξη της ξήρανσης

(votanistas.com/Η ξήρανση φυτικών υλών: Παράμετροι και μέθοδοι)



## **2.6.2 Η Ώσμωση ως Προκατεργασία της Ξήρανσης με Αέρα**

Η ξήρανση τροφίμων και λαχανικών, με την αφαίρεση νερού και τη μείωση της ενεργότητας νερού, μειώνει την πιθανότητα ανάπτυξης μικροβιακού φορτίου, ενώ παράλληλα τα αφυδατωμένα προϊόντα μπορούν να αποθηκευτούν και να μεταφερθούν με μεγαλύτερη ευκολία.

Όμως, σε υψηλές θερμοκρασίες και μεγάλης διάρκειας ξήρανση, η απομάκρυνση του νερού μπορεί να προκαλέσει σημαντικές αλλοιώσεις στα διατροφικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου, επηρεάζοντας κυρίως το χρώμα, το άρωμα και τα θρεπτικά συστατικά του αφυδατωμένου προϊόντος (Lenart, 1996; Lin, Durance, & Scaman, 1998). Η χρήση προκατεργασίας, όπως η ωσμωτική αφυδάτωση, μειώνει την κατανάλωση ενέργειας και οδηγεί σε ένα προϊόν βελτιωμένης ποιότητας. (Torreggiani, 1993, Sereno, Moreira, & Martinez, 2001).

Όλα αυτά τα χρόνια διεξάγονται όλο και περισσότερες έρευνες και μελέτες σχετικά με την ξήρανση διαφόρων φρούτων και λαχανικών, με συνδυασμό της ωσμωτικής αφυδάτωσης και της ξήρανσης με θερμό αέρα. Οι έρευνες αυτές, αποδεικνύουν πως η εφαρμογή της ωσμωτικής αφυδάτωσης ως προκατεργασία της συμβατικής ξήρανσης συμβάλλει στη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος και αυξάνει την απόδοση της συνολικής διεργασίας.

Οι Pointing et al. (1966) παρατήρησαν τη βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του τελικού τροφίμου, με την απομάκρυνση μερικών οξέων από το λαχανικό κατά της διάρκειας της ωσμωτικής αφυδάτωσης. Το τελικό προϊόν που λαμβάνεται είναι μαλακότερο και γλυκύτερο από τα συμβατικά φρούτα και λαχανικά. Επιπλέον, η πρόσληψη σακχάρων αυξάνει τη σταθερότητα των χρωστικών ουσιών κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και της επακόλουθης περιόδου αποθήκευσης (Kim, 1990) και περιορίζει ή απαλλάσσει από την ανάγκη χρήσης SO<sub>2</sub>. (Pointing et al. 1966, Crivelli et al. 1989, Maltini et al. 1991)

Τα τελευταία χρόνια διερευνήθηκε η επίδραση της ωσμωτικής αφυδάτωσης στη μετέπειτα συμπεριφορά ξήρανσης με αέρα και στην ποιότητα του προϊόντος για καρπούς που τοποθετήθηκαν σε διαλύματα σακχαρόζης και μίξη σακχαρόζης και κιτρικού. Συγκριτικά με τα δείγματα που δεν ωσμώθηκαν, τα ωσμωμένα δείγματα είχαν πολύ υψηλότερο ρυθμό ξήρανσης. Διαπιστώθηκε ότι το αρχικό ωσμωτικό στάδιο μείωσε τον χρόνο ξήρανσης αέρα κατά 55-70%, ανάλογα με το διάλυμα και τις συνθήκες της ώσμωσης. Αποδείχθηκε ότι με την αρχική ωσμωτική αφυδάτωση μπορεί να ληφθεί ένα προϊόν με υψηλότερη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα σε υγρασία και αυξημένα στερεά καθώς και βελτιώνονται τα χαρακτηριστικά επανυδάτωσης των δειγμάτων. Επιπλέον, τα προϊόντα έχουν πιο ελκυστικό χρώμα και επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Όμως, μόνο με τη χρήση της ωσμωτικής αφυδάτωσης δεν είναι δυνατόν να παραλάβουμε ένα προϊόν χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία που θα θεωρείται σταθερό σε συντήρηση σε θερμοκρασία δωματίου. Κατά συνέπεια, το ωσμωμένο προϊόν θα πρέπει να υποστεί

περαιτέρω επεξεργασία (αποξήρανση, κατάψυξη, κ.λπ.) για να αποκτήσει σταθερότητα σε συντήρηση σε θερμοκρασία δωματίου (Ponting 1973; Hawkes and Flink 1978; Flink 1980; Biswal et al. 1991; Bolin and Huxsoll 1993). Ο συνδυασμός της οσμωτικής αφυδάτωσης με την ξήρανση με ζεστό αέρα έχει προταθεί από πολλούς συγγραφείς για τη βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος (Islam and Flink 1982; Lericci et al. 1983, 1988; Mazza 1983; Lenart and Lewicki 1988a, b; Riva and Masi 1990).

Η διαδικασία της ώσμωτικής αφυδάτωσης ελαχιστοποιεί την αλοίωση του χρώματος και της γεύσης, αποτρέπει την ενζυμική αμαύρωση και έτσι περιορίζει τη χρήση του θειώδους ανυδρίτη, και αυξάνει τη διατήρηση των θρεπτικών ουσιών κατά την επακόλουθη ξήρανση στον αέρα (Ponting 1973, Islam and Flink 1982).

Οι αλλαγές που συμβαίνουν στη σύνθεση του προϊόντος κατά τη διάρκεια της ώσμωσης μπορούν να επηρεάσουν την απορρόφηση νερού και τον ρυθμό ξήρανσης του προϊόντος. Είναι επιστημονικά τεκμηριωμένο ότι η ώσμωση μειώνει σημαντικά το χρόνο ξήρανσης σε αέρα του προϊόντος. Επιπλέον, η πυκνότητα και η συνολική απόδοση του τελικού προϊόντος αυξάνονται λόγω αύξησης των στερεών στο τρόφιμο (solid gain). Η οσμωτική αφυδάτωση με μείγμα σακχαρόζης και άλατος αύξησε την ικανότητα επανυδάτωσης ξηρών προϊόντων. (Flink 1980; Islam and Flink 1982; Lericci et al. 1983; Rahman and Lamb 1991).



## **Κεφάλαιο 3: Υλικά και μέθοδοι**

---

### **3.1 Σκοπός**

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η πειραματική μελέτη της παραγωγής ιπποφαούς εφαρμόζοντας την ωσμωτική αφυδάτωση ως προ – επεξεργασία της συμβατικής ξήρανσης (σε ρεύμα αέρα), για τη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος ιπποφαούς και τη βελτίωση της ξήρανσης.

### **3.2 Πειραματική Διαδικασία**

Η πειραματική διαδικασία περιλαμβάνει τη μελέτη βασικών παραμέτρων της ώσμωσης και της συμβατικής ξήρανσης, αλλά και τα πειράματα διατηρησιμότητας στα προϊόντα ιπποφαούς.

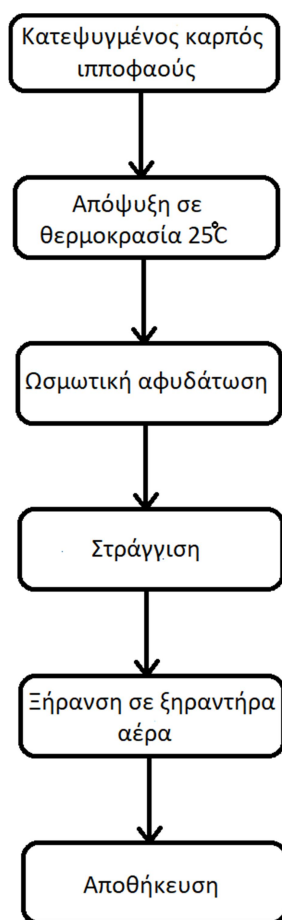
Οι παράμετροι της ώσμωσης που μελετήθηκαν περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία, το χρόνο ώσμωσης και τη σύσταση ωσμωτικού διαλύματος με έμφαση στην επίδραση τους στη μεταφορά μάζας, αλλά και σε σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου. Επίσης, μελετώνται τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας στην ξήρανση και η μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών στο ιπποφάες, ενώ παράλληλα πραγματοποιείται και σύγκριση ανάμεσα στα ανεπεξέργαστα και ωσμωμένα δείγματα.

Η μελέτη ολοκληρώνεται με τα πειράματα διατηρησιμότητας, όπου προσδιορίζεται η χρονική διάρκεια ζωής αφυδατωμένων προϊόντων ιπποφαούς που έχουν υποστεί και προκατεργασία ωσμωτικής αφυδάτωσης και ανεπεξέργαστων ξηρών προϊόντων ιπποφαούς.

### **3.3 Εφαρμογή της Ωσμωτικής Αφυδάτωσης**

Για τα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν κατεψυγμένα ελληνικά δείγματα ιπποφαούς τύπου *hipprophaes rhamnoides*. Τα δείγματα ιπποφαούς διατηρούνταν στην κατάψυξη σε θερμοκρασία -40°C, πριν την έναρξη των πειραμάτων. Ακολούθουσε απόψυξη κατάλληλης ποσότητας σε θερμοκρασία δωματίου για περίπου 1h. Πραγματοποιήθηκαν δύο κύκλοι πειραμάτων, με ώριμο ιπποφάες και σχεδόν ώριμο ώστε να μελετήσουμε και να κατανοήσουμε τη διαδικασία της ώσμωσης στο φυτικό ιστό, καθώς και την επίδραση της ωριμότητας της πρώτης ύλης

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής για την παρασκευή αφυδατωμένου ιπποφαούς με χρήση ωσμωτικής αφυδάτωσης ως προκατεργασία της ξήρανσης.



Σχήμα 3.1: Διάγραμμα ροής της παρασκευής αφυδατωμένου ιπποφαούς με χρήση ώσμωσης ως προκατεργασία της ξήρανσης.

Για το σχεδιασμό τόσο του ωσμωτικού διαλύματος όσο και της διαδικασίας της ωσμωτικής αφυδάτωσης πραγματοποιήθηκαν πολλές δοκιμές. Από τις δοκιμές καταλήξαμε σε δύο συνταγές που επιλέχθηκαν με βάση την γεύση και την απόδοση του τελικού προϊόντος.

Η βασική διαφορά των δυο σειρών πειραμάτων περιλαμβάνει την αντικατάσταση του νερού στο ωσμωτικό διάλυμα με χυμό μήλου και ανάδευση του δείγματος κατά τη διάρκεια της ώσμωσης.

❖ Η πρώτη συνταγή περιλαμβάνει:

- 40% εμπορικό μίγμα ερυθριτόλης ( $C_4H_{10}O_4$ ) /γλυκοζιτών στεβιόλης ( $C_{20}H_{30}O_3$ )
- 20% γλυκερόλη ( $C_3H_8O_3$ )
- 1% άλας χλωριούχο νάτριο (NaCl)
- 2% άλας χλωριούχο ασβέστιο ( $CaCl_2$ )
- 37% απιονισμένο νερό ( $H_2O$ )

❖ Η δεύτερη συνταγή περιλαμβάνει ανάδευση και:

- 40% εμπορικό μίγμα ερυθριτόλης ( $C_4H_{10}O_4$ ) /γλυκοζιτών στεβιόλης ( $C_{20}H_{30}O_3$ )
- 20% γλυκερόλη ( $C_3H_8O_3$ )
- 1% άλας χλωριούχο νάτριο (NaCl)
- 2% άλας χλωριούχο ασβέστιο ( $CaCl_2$ )
- 37% χυμό μήλου

### Γλυκερόλη

Η γλυκερόλη χρησιμοποιείται ως πλαστικοποιητής στα τρόφιμα για τη βελτίωση της υφής τους, είναι ένα υγροσκοπικό μέσο με αντιμικροβιακές ιδιότητες . Επιδρά στη μείωση της ενεργότητας ύδατος και προσδίδει γλυκιά γεύση στο τρόφιμο, ενώ η θερμιδική αξία της είναι 4,3 kcal/g. (Blomberg, A. and Adler, L. (1992) Physiology of osmotolerance in fungi. Adv. Microb. Physiol. 33, 145-212.)

### Ερυθριτόλη

Η ερυθριτόλη χρησιμοποιείται κυρίως ως γλυκαντικό για την εξισορρόπηση των χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος, όπως η γεύση, το χρώμα και η υφή. Η ερυθριτόλη μπορεί επομένως να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή τροφίμων χωρίς προσθήκη ζάχαρης. (de Cock 2012). Η θερμιδική αξία της εκτιμάται ότι είναι  $\leq 0,4$  kcal / g (Bornet et al. 1996). Επειδή η ερυθριτόλη δεν έχει θερμιδική αξία , είναι μη καρκινογόνος , μη γλυκαιμική και έχει αντιοξειδωτικές ιδιότητες, προστίθεται συχνά στα τρόφιμα. (deCock και Bechert 2002). Η ερυθριτόλη είχε χρησιμοποιηθεί σε μελέτες προϊόντων αρτοποιίας, όπως καραμέλα και κέικ. Μια μαλακή καραμέλα, που περιέχει ερυθριτόλη ως κύριο γλυκαντικό, έχει απαλή υφή, είναι χαμηλή σε θερμίδες και λιγότερο επιβλαβής για τον ανθρώπινο οργανισμό από τις καραμέλες που περιέχουν σακχαρόζη (Konidou και Yuki 1996).

### Οι γλυκοζίτες στεβιόλης

Οι γλυκοζίτες στεβιόλης χρησιμοποιούνται για να προσδώσουν γλυκιά γεύση στα τρόφιμα. Για την ωσμωτική αφυδάτωση του ιπποφαούς ήταν απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί γλυκαντικό εξαιτίας της ιδιαίτερα ξινής γεύσης που έχει. Η στεβιόλη αποτελεί το άγλυκο τμήμα των γλυκοζιτών που βρίσκονται στα φύλλα της στέβιας. Οι γλυκοζίτες της στεβιόλης προκύπτουν με αντικατάσταση του υδρογόνου του καρβοξυλίου με γλυκόζη σχηματίζοντας ένα εστέρα και του υδρογόνου του υδροξυλίου με συνδυασμούς μορίων κυρίως γλυκόζης και σε κάποιους γλυκοζίτες με τα σάκχαρα ραμνόζη και ξυλόζη. (Geuns JMC: "Molecules of Interest: Stevioside", Phytochemistry 64: 913-921, 2003)

Οι γλυκοζίτες της στεβιόλης δεν επηρεάζουν τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα και λόγω των απαιτούμενων μικρών ποσοτήτων δεν επιβαρύνουν με θερμίδες τη διατροφή. Ένα ακόμα πλεονέκτημα του κρυσταλλικού μίγματος των γλυκοζιτών της στεβιόλης είναι η σταθερότητά του σε θερμοκρασία έως και 200οC (δεν υφίσταται διάσπαση ή καραμελοποίηση), ιδιότητα που επιτρέπει τη χρήση του στη μαγειρική και ζαχαροπλαστική. (Prof. Dr. Ahmed M. Ebieda, Stevia Plant, Egypt)

### Άλας NaCl

Το άλας NaCl σε μικρές ποσότητες στο ωσμωτικό διάλυμα αυξάνει την απόδοση της διεργασίας και βελτιώνει τη γεύση του τελικού προϊόντος, εξασθενώντας τη γλυκύτητα. (Lerici et al., 1985).

### Άλας CaCl<sub>2</sub>

Το άλας CaCl<sub>2</sub> βελτιώνει και ενισχύει την υφή, αυξάνει τη σκληρότητα και την αντοχή του τροφίμου στο μαλάκωμα. (Rao and Barringer 2005), και επομένως χρησιμοποιείται δηλαδή για την ελαχιστοποίηση της βλάβης της συνοχής των ιστών κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας μέσω αλληλεπίδρασης με πηκτίνες ενισχύοντας τις μηχανικές ιδιότητες των κυττάρων. (Gras et al., 2003)

### Χυμός μήλου

Ο χυμός μήλου χάρη στα φυσικά σάκχαρα που περιέχει ενισχύει τη γλυκιά γεύση, βελτιώνει το χρώμα και την υφή καθώς και αυξάνει την απόδοση της διεργασίας προσδίδοντας στο προϊόν μεγαλύτερη αντοχή και καλύτερη γεύση. Ο χυμός μήλου που χρησιμοποιήθηκε ήταν από συμπυκνωμένο φυσικό χυμών μήλου από την περιοχή του Πηλίου.

Το ωσμωτικό διάλυμα, με βάση το νερό, αλλά και εκείνο με βάση το χυμό μήλου είχε συγκέντρωση περίπου 57° Brix, ενώ η συγκέντρωση σε διαλύτα στερεά συστατικά με το διαθλασίμετρο χειρός (Αναλογικός Μετρητής Χειρός Συγκέντρωσης Σακχάρων >25°).

Η αναλογία μεταξύ τροφίμου και ωσμωτικού διαλύματος ήταν 1:3 (w/w).

Η ωσμωτική αφυδάτωση πραγματοποιήθηκε σε θερμοκρασίες 45°C, 55°C και 65°C.

Η θερμοκρασία των 55°C αξιολογήθηκε ως η βέλτιστη από τις τρεις (45°C, 55°C και 65°C), καθώς επιτάχυνε ικανοποιητικά τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας χωρίς να αλλοιώνει σημαντικά την ποιότητα του προϊόντος.

Η συνολική διάρκεια της διεργασίας χωρίς την προσθήκη χυμού μήλου, χωρίς ανάδευση αλλά με ώριμο καρπό ήταν μέχρι και 5h, ενώ δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε για τους χρόνους 40, 80, 120, 180, 240, 300, 360. Από την άλλη, στην άλλη σειρά πειραμάτων με την προσθήκη χυμού μήλου, με ανάδευση αλλά όχι με ώριμο καρπό ήταν μέχρι και 4h και δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε για τους χρόνους 15, 30, 60, 120, 180 και 240 min.

Η πειραματική διαδικασία ολοκληρώνεται με τα πειράματα διατηρησιμότητας, κατά τα οποία υπολογίζεται ο χρόνος ζωής, των ωσμωτικά αφυδατωμένων ξηρών προϊόντων ιπποφαούς αλλά και των ανεπεξέργαστων (χωρίς την ωσμωτική προκατεργασία) ξηρών προϊόντων ιπποφαούς.

Για τη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν δείγματα μάρτυρες, δηλαδή προϊόντα ιπποφαούς που δεν είχαν υποστεί καμία επεξεργασία ώσμωσης αλλά μόνο ξήρανσης σε θερμό αέρα .



### **3.4 Εφαρμογή της Ξήρανσης με Θερμό Αέρα**

Για την ξήρανση χρησιμοποιήσαμε δείγματα ιπποφαούς, τα οποία είχαν υποστεί ωσμωτική αφυδάτωση για 180 min και στη συνέχεια σε θερμοκρασία 65°C έγινε η ξήρανση με θερμό αέρα. Παράλληλα ξηράνθηκε και νωπό ιπποφάες ώστε να μπορεί να γίνει η συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 3.1 Ξηραντήρας (Biosec De Luxe B12, TAUROESSICCATORI, Italy)

Για την ξήρανση χρησιμοποιήθηκε ξηραντήρας (Biosec De Luxe B12, TAUROESSICCATORI, Italy) (εικόνα 3.1)

Η ξήρανση των δειγμάτων γινόταν σε όλα τα ράφια του ξηραντήρα, όπου και τοποθετούνταν κάθε φορά συγκεκριμένη ποσότητα ιπποφαούς. Προκειμένου να προσδιορίζεται κάθε φορά η απώλεια υγρασίας κατά την ξήρανση, τα ράφια ζυγίζονταν πριν την έναρξη της διαδικασίας και κατά τη διάρκεια αυτής. Έτσι, από το μικτό βάρος και γνωρίζοντας το αρχικό βάρος του δείγματος ήταν δυνατός ο προσδιορισμός των παραμέτρων της διεργασίας την ξήρανσης. Κριτήριο για τον τερματισμό της ξήρανσης ήταν η τιμή της ενεργότητας νερού να φτάσει σε τιμές όπου  $a_w < 0,65$ .

### **3.5 Αναλυτικές Μέθοδοι**

#### **3.5.1 Μέτρηση Ενεργότητας Νερού**

Για τη μέτρηση της ενεργότητας νερού χρησιμοποιήθηκε η συσκευή Aqua lab 4TEV, Decagon Devices, USA (εικόνα 3.2), όπου τοποθετείται ποσότητα δείγματος σε ειδικό πλαστικό υποδοχέα και ύστερα εισάγεται στη συσκευή.



Εικόνα 3.2 Διάταξη μέτρησης της ενεργότητας νερού Aqua lab 4TEV, Decagon Devices, USA

Η αρχή λειτουργίας της διάταξης μέτρησης της ενεργότητας νερού βασίζεται στο σημείο δρόσου. Μια υπέρυθρη ακτίνα που εστιάζεται σε έναν μικροσκοπικό καθρέφτη καθορίζει την ακριβή θερμοκρασία του σημείου δρόσου του δείγματος. Αυτή η θερμοκρασία του σημείου δρόσου μεταφράζεται στη συνέχεια σε ενεργότητα νερού.

### **3.5.2 Μέτρηση Περιεχόμενου Νερού και Ολικών Στερεών**

Η μέτρηση του περιεχόμενου νερού αλλά και των ολικών στερεών πραγματοποιήθηκε σε κλίβανο σταθερής θερμοκρασίας 110 °C (WTB BINDER 7200, Type E53, Germany)(εικόνα3.3) σε διάρκεια 24 h, μέχρι τελικού σταθερού βάρους των δειγμάτων.



Εικόνα 3.3 κλίβανος (WTB BINDER 7200, Type E53, Germany)

### 3.5.3 Μέτρηση Χρώματος

Για τη μέτρηση του χρώματος του ιπποφαούς στα διάφορα στάδια επεξεργασίας του χρησιμοποιήθηκε το χρωματόμετρο MINOLTA CR – 200 (Minolta Company, Chuo-Ku, Japan)(εικόνα 3.4). Η χρωματική κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε ήταν η CIE Lab με χρωματικούς δείκτες τους: L, a, b. Πραγματοποιούνταν βαθμονόμηση του οργάνου με τη βοήθεια ειδικής λευκής πλάκας (L = 97,50, a = - 0,31, b = - 3,83), πριν από κάθε μέτρηση και η κάθε μέτρηση επαναλαμβανόταν τρεις φορές.



Εικόνα 3.4 χρωματόμετρο MINOLTA CR – 200

Η ολική μεταβολή του χρώματος  $\Delta E$  προκύπτει από τις παραμέτρους L, a, b και την παρακάτω εξίσωση:

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$

Εξίσωση 3.1

όπου  $L_0$ ,  $a_0$ ,  $b_0$  οι παράμετροι στο χρόνο μηδέν (πριν από οποιαδήποτε επεξεργασία).

### 3.5.4 Προσδιορισμός ασκορβικού οξέος

Ο προσδιορισμός του ασκορβικού οξέος πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της χρωματογραφίας σε συσκευή HPLC (high-pressure liquid chromatography)(Hewlett Packard Series 1100) (εικόνα 3.5). Η μέθοδος βασίζεται στη διέλευση ενός υγρού διαλύτη υπό πίεση που περιέχει το δείγμα μείγματος μέσω μιας στήλης γεμάτης με ένα στερεό προσροφητικό υλικό, με τη βοήθεια αντλίας. Κάθε συστατικό του δείγματος αλληλεπιδρά ελαφρώς διαφορετικά με το προσροφητικό υλικό, προκαλώντας διαφορετικούς ρυθμούς ροής για τα διάφορα συστατικά και οδηγώντας στο διαχωρισμό των συστατικών καθώς ρέουν έξω από τη στήλη.



Εικόνα 3.5 συσκευή HPLC (high-pressure liquid chromatography)

### 3.5.5 Οργανοληπτικός Έλεγχος

Ο οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε σε προϊόντα ιπποφαούς που είχαν υποστεί ώσμωση 180min και ξήρανση με θερμό αέρα 180min και σε ιπποφαές που είχε υποστεί μόνο ξήρανση 180 min. Ο έλεγχος έγινε στα παραπάνω προϊόντα για θερμοκρασία αποθήκευσης 15°C, 25°C και 35°C, από ομάδα 5 δοκιμαστών, με βαθμολογία σε κλίμακα αρέσκειας / έντασης από 1 έως 9, με 9 να θεωρείται το άριστο. Τα δείγματα εξετάσθηκαν ως προς την εμφάνιση, το χρώμα, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, τα εξωτερικά χαρακτηριστικά, την υφή, τη γεύση και τη γενική εντύπωση.

Το έντυπο του οργανοληπτικού ελέγχου που χρησιμοποιήθηκε κατά τις δοκιμές παρουσιάζεται παρακάτω:

Παρακαλώ να βαθμολογήσετε την αρέσκεια / ένταση σε κλίμακα από το 1 (χαμηλότερη ) έως το 9 (υψηλότερη)		κωδικοί δειγμάτων												
		582	798	345	456	890	245	675	789	543				
Εμφάνιση	Αρέσκεια													
Χρώμα	Ένταση (1=ανοχτό κίτρινο και 9= σκούρο καφέ)													
	Αρέσκεια													
Γεωμετρικά χαρακτηριστικά	Διαφάνεια													
Επιφάνεια	Λεία													
Εξωτερικά χαρακτηριστικά	Ομοιογενής													
	Μέγεθος κόκκων													
Υφή	Σκληρότητα στο χερι													
	Ένταση													
	Σκληρότητα στο στόμα													
	Ένταση													
	Κολλώδης υφή/ κόκκοι													
	Μασσητικότητα													
Γεύση	Αρέσκεια													
	Γλυκό													
	Ξινό													
	πικρό													
	Τάγγιση													
Γενική Εντύπωση	Αρέσκεια													

Εικόνα 3.6 έντυπο οργανοληπτικού ελέγχου

### 3.5.6 Βαθμοί Brix

Για τη μέτρηση των βαθμών Brix του ιπποφαούς στα διάφορα στάδια επεξεργασίας του χρησιμοποιήθηκε διαθλασίμετρο χειρός (Αναλογικός Μετρητής Χειρός Συγκέντρωσης Σακχάρων >25°)(εικόνα 3.7 και 3.8 ). Το διαθλασίμετρο μετρά την περιεκτικότητα σε σάκχαρα των τροφίμων και των ποτών με την προσθήκη μόνο λίγων σταγόνων υγρού στο πρίσμα και κρατώντας το μετρητή σε μια πηγή φωτός. Το φως διαθλάται καθώς περνά μέσα από το υγρό και οι μετρήσεις διαβάζονται σύμφωνα με την κλίμακα Brix. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή Brix στην κλίμακα τόσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα σε ζάχαρη.



Εικόνα 3.7: προσθήκη σταγόνων υποφαούς στο διαθλασίμετρο για τη μέτρηση των βαθμών Brix



Εικόνα 3.8: Μέτρηση των βαθμών Brix σε καρπό υποφαούς με τη βοήθεια διαθλασίμετρου

## 3.6 Επεξεργασία Μετρήσεων

### 3.6.1 Απώλεια νερού, Πρόσληψη στερεών και Απώλεια συνολικού βάρους

Τα κύρια φαινόμενα μεταφοράς μάζας κατά την ωσμωτική αφυδάτωση είναι η απώλεια νερού (WL, Water Loss) (εξ.2.2), η πρόσληψη στερεών (SG, Solid Gain) (εξ. 2.3) και η απώλεια του συνολικού βάρους (WR, Weight Reduction)(εξ.2.3).

Ο δείκτης WL εκφράζει το ποσό του νερού που κατευθύνεται από το τρόφιμο προς το διάλυμα (g νερού/100 g αρχικού ξηρού βάρους) ,

ο δείκτης SG εκφράζει την ποσότητα των στερεών συστατικών που παρέλαβε το τρόφιμο από το ωσμωτικό διάλυμα (g ολικών στερεών/100 g αρχικού ξηρού βάρους)

και ο δείκτης WR εκφράζει την απώλεια του συνολικού βάρους του ωσμωτικά επεξεργασμένου τροφίμου (g/g αρχικού ξηρού βάρους).

- Ο υπολογισμός των WL, SG και Wr δίνεται από τις εξισώσεις 2.1 και 2.3.



## Κεφάλαιο 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 4.1 Εφαρμογή της Ωσμωτικής Αφυδάτωσης ως μεθόδου προ - κατεργασίας για την Παραγωγή Ξηρών Προϊόντων ιπποφαούς

#### 4.1.1 Κινητική Μελέτη Φαινομένων Μεταφοράς κατά την Ωσμωτική Αφυδάτωση

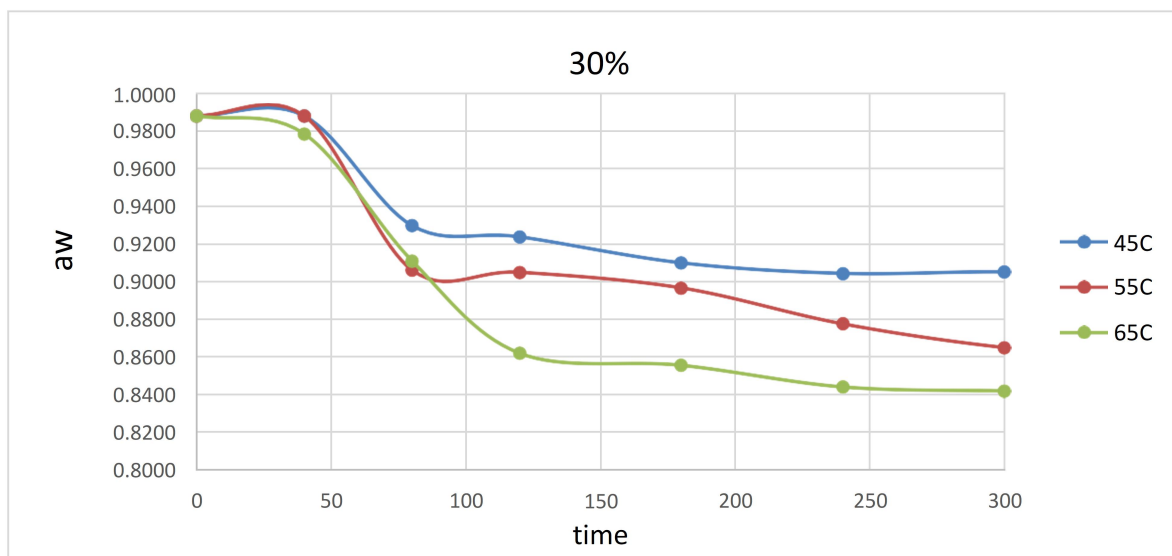
##### 4.1.1.1 Προσδιορισμός Απώλειας Νερού και Ολικών Στερεών

##### 4.1.1.2 Ενεργότητα Νερού

Η ενεργότητα νερού στα προϊόντα ιπποφαούς υπολογίστηκε με τη διάταξη μέτρησης ενεργότητας νερού.

1<sup>ος</sup> κύκλος πειραμάτων με τη 1<sup>η</sup> συνταγή και χωρίς ανάδευση:

Η αρχική ενεργότητα νερού των αποψυγμένων δειγμάτων ιπποφαούς ήταν κατά μέσο όρο ίση με  $a_w = 0,9878$ . Στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 4.1, 4.2, 4.3) παρουσιάζεται η ενεργότητα νερού, κατά τη διαδικασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης του ιπποφαούς στις θερμοκρασίες των 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30%, 40% και 50% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης:

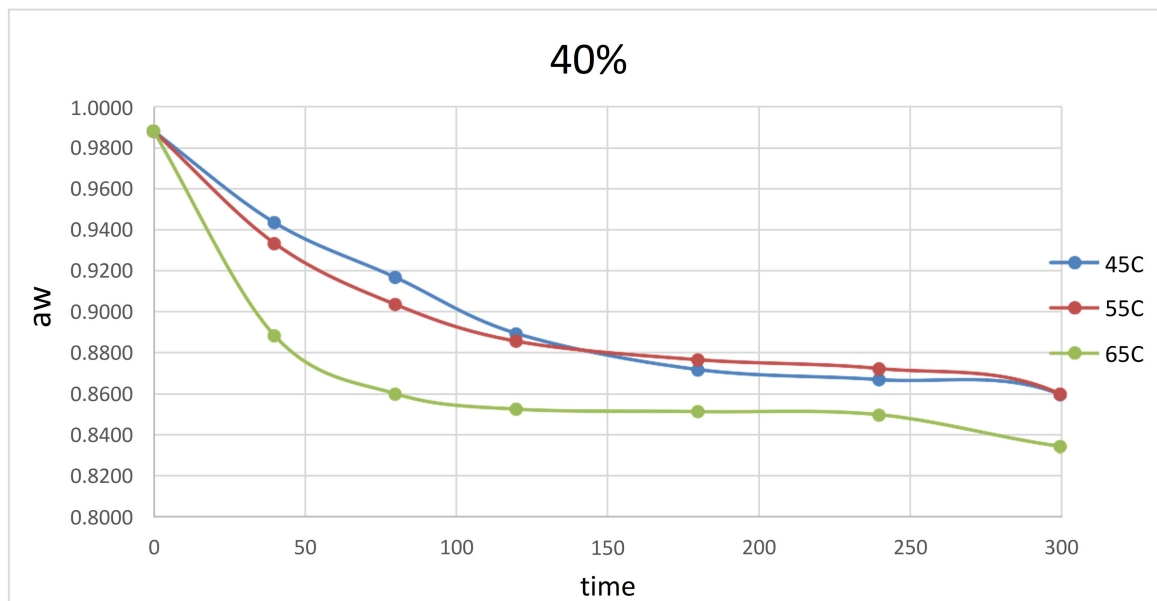


Σχήμα 4.1: Ενεργότητα νερού ( $a_w$ ) κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης



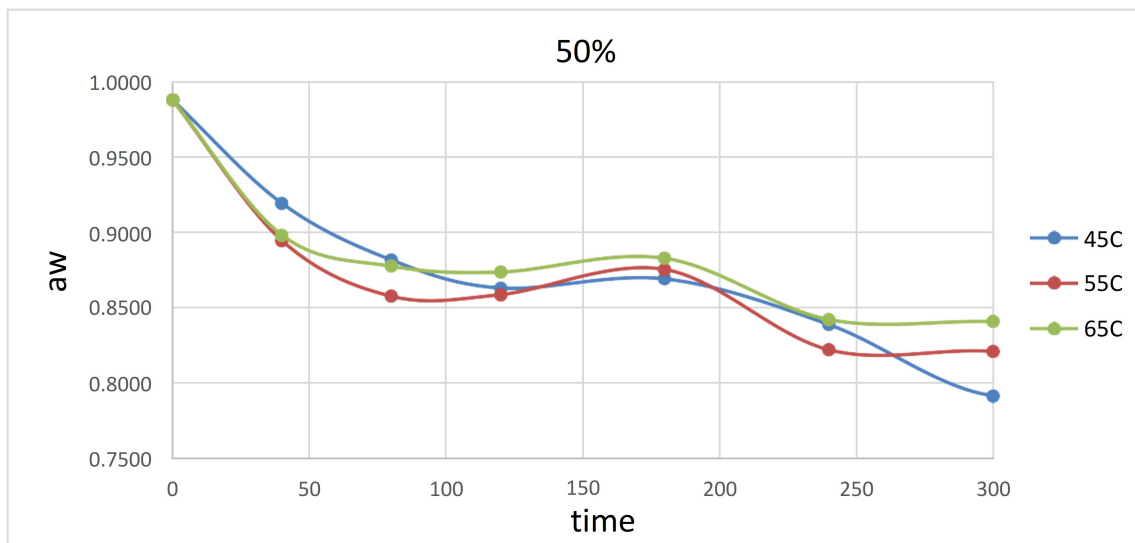
ιπποφαούς σε θερμοκρασία 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης σε σχέση με το χρόνο.

Η ενεργότητα νερού μειώνεται ταχύτερα με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η επίδραση της θερμοκρασίας γίνεται αντιληπτή στην περίπτωση των 65 °C μετά τα 80 min, ενώ για τους 45°C και 55°C μετά τα 180 min καθώς πριν ήταν ιδιαίτερα σταθερή.



Σχήμα 4.2: Ενεργότητα νερού (aw) κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης σε σχέση με το χρόνο.

Η ενεργότητα νερού μειώνεται ταχύτερα με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η επίδραση της θερμοκρασίας γίνεται αντιληπτή στις τρεις θερμοκρασίες 65 °C, 45°C και 55°C μετά τα 50 min. Διαφορά στο ρυθμό της ελάττωσης υπάρχει μόνο στη θερμοκρασία 65 °C ενώ στις θερμοκρασίες 45°C και 55°C το τρόφιμο συμπεριφέρεται με παρόμοιο τρόπο κατά τη διάρκεια της ώσμωσης.

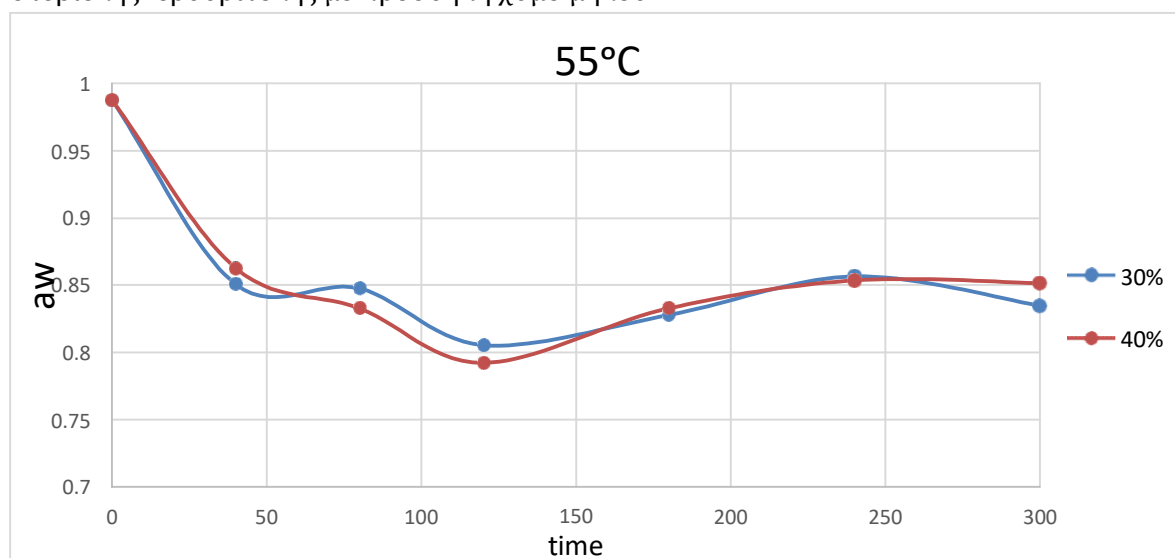


Σχήμα 4.3: Ενεργότητα νερού ( $a_w$ ) κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 50% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης σε σχέση με το χρόνο.

Η ενεργότητα νερού παραμένει σταθερή έως τα 180 min και στις τρεις θερμοκρασίες. Η επίδραση της θερμοκρασίας γίνεται αντιληπτή και στις τρεις θερμοκρασίες 45 °C, 55°C και 65°C μετά τα 180 min χωρίς να υπάρχει αισθητή διαφορά μεταξύ τους. Το τρόφιμο συμπεριφέρεται με παρόμοιο τρόπο κατά τη διάρκεια της ώσμωσης σε όλες τις θερμοκρασίες.

### 2<sup>ος</sup> κύκλος πειραμάτων με τη 2<sup>η</sup> συνταγή και ανάδευση:

Η αρχική ενεργότητα νερού των αποψυγμένων δειγμάτων ιπποφαούς ήταν κατά μέσο όρο ίση με  $a_w = 0,9878$ . Στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 4.4) παρουσιάζεται η ενεργότητα νερού, κατά τη διαδικασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης του ιπποφαούς στη θερμοκρασία των 55°C και σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30%, 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης με προσθήκη χυμού μήλου:



Σχήμα 4.4: Ενεργότητα νερού ( $a_w$ ) κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 55°C και σε συγκεντρώσεις ωσμωτικού διαλύματος 30% και 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης με προσθήκη χυμού μήλου και ανάδευση σε σχέση με το χρόνο.

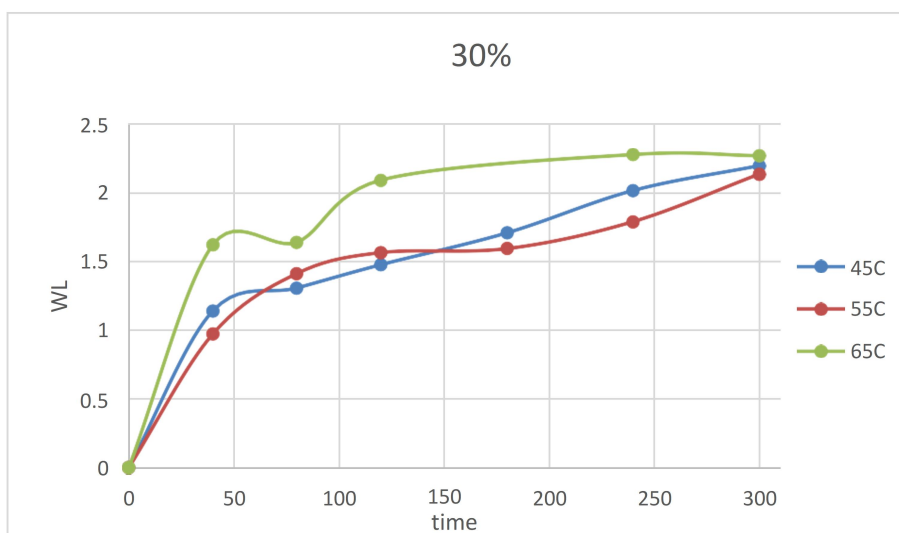
Η ενεργότητα νερού ελατώνεται με μεγάλη ταχύτητα έως τα 40 min και στις δύο συγκεντρώσεις. Η επίδραση της θερμοκρασίας γίνεται αντιληπτή και στις δύο περιπτώσεις 30% και 40% από τα πρώτα κιόλας λεπτά της διαδικασίας (40 min) χωρίς να υπάρχει αισθητή διαφορά μεταξύ τους. Το τρόφιμο συμπεριφέρεται με παρόμοιο τρόπο κατά τη διάρκεια της ώσμωσης σε όλες τις συγκεντρώσεις.

## Απώλεια νερού (WL)

Η απώλεια υγρασίας στα προϊόντα ιπποφαούς υπολογίστηκε με την εξίσωση 2.1.

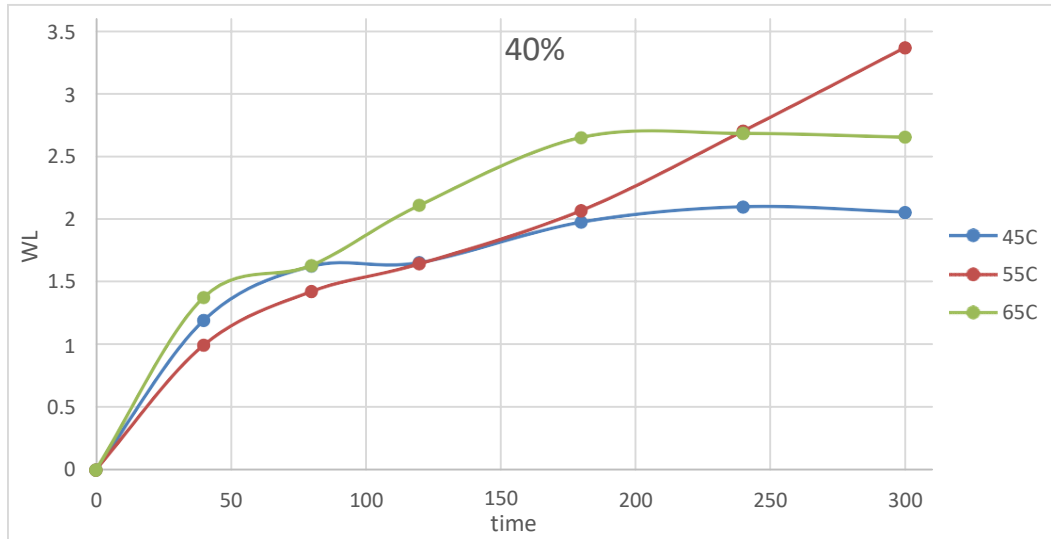
### 1<sup>ος</sup> κύκλος πειραμάτων με τη 1<sup>η</sup> συνταγή και χωρίς ανάδευση:

Στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 4.5, 4.6, 4.7) παρουσιάζεται η απώλεια νερού, κατά τη διαδικασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης του ιπποφαούς στις θερμοκρασίες των 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30%, 40% και 50% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης:



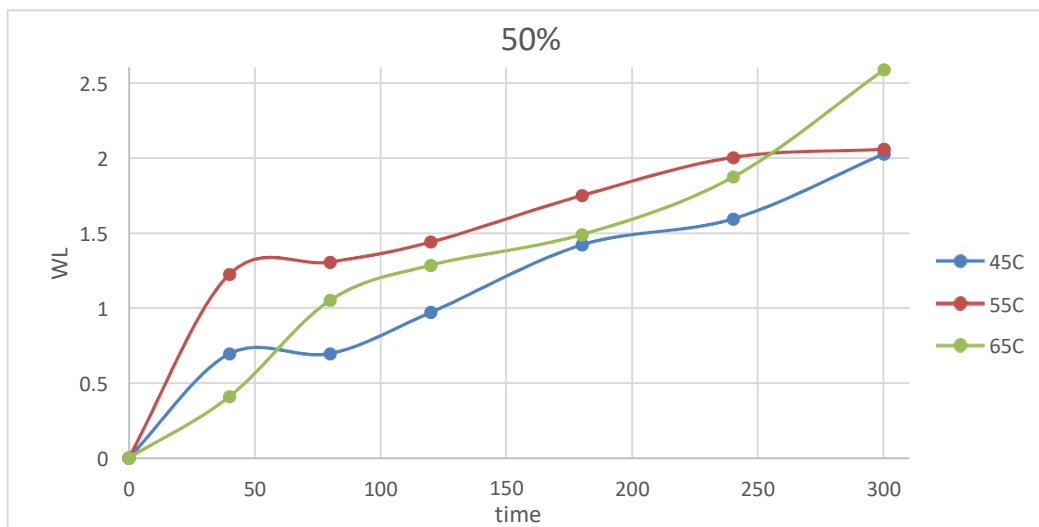
Σχήμα 4.5: Απώλεια νερού (WL) κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης σε σχέση με το χρόνο.

Από το σχήμα παρατηρείται ότι η επίδραση της θερμοκρασίας στη διαδικασία γίνεται αντιληπτή μετά τα 50 min. Είναι γνωστό ότι η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας, τα οποία είναι πιο έντονα στη θερμοκρασία των 65°C. Στη θερμοκρασία των 45°C και 55°C παρατηρείται η μικρότερη απώλεια νερού. Η απώλεια νερού αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό μέχρι και τα 50 min και στις τρεις θερμοκρασίες. Από τα 50 – 350 min η απώλεια νερού σταθεροποιείται και η ωσμωτική αφυδάτωση πλησιάζει το σημείο της ισορροπίας.



Σχήμα 4.6: Απώλεια νερού (WL) κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης σε σχέση με το χρόνο.

Από το σχήμα παρατηρείται ότι η επίδραση της θερμοκρασίας στη διαδικασία γίνεται αντιληπτή μετά τα 40 min. Τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας είναι πιο έντονα στη θερμοκρασία των 65°C. Στη θερμοκρασία των 45°C παρατηρείται η μικρότερη απώλεια νερού. Η απώλεια νερού αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό μέχρι και τα 180 min για τις θερμοκρασίες 55°C και 65°C. Στην θερμοκρασία των 45°C και 65°C, από τα 180 – 350 min η απώλεια νερού σταθεροποιείται και η ωσμωτική αφυδάτωση πλησιάζει το σημείο της ισορροπίας ενώ στην θερμοκρασία των 55°C παρατηρείται αύξηση ακόμα και στα 300 min.

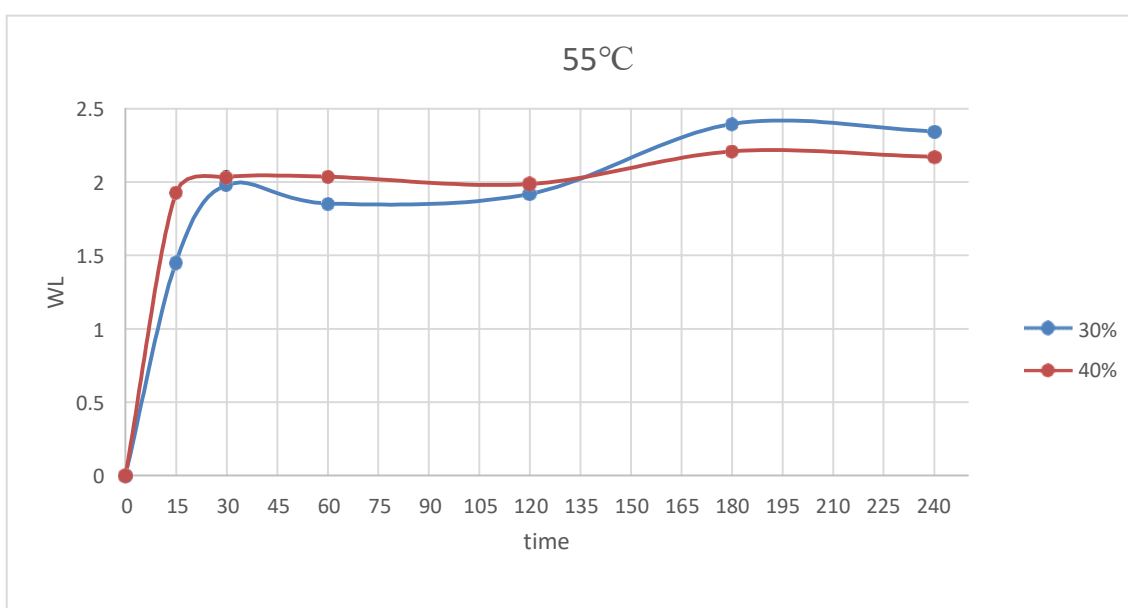


Σχήμα 4.7: Απώλεια νερού (WL) κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 50% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης σε σχέση με το χρόνο.

Από το σχήμα παρατηρείται ότι η επίδραση της θερμοκρασίας στη διαδικασία γίνεται αντιληπτή μετά τα 40 min. Τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας είναι πιο έντονα στη θερμοκρασία των 55°C. Στη θερμοκρασία των 45°C παρατηρείται η μικρότερη απώλεια νερού. Η απώλεια νερού αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό μέχρι και τα 80 min παρόμοια και στις τρεις θερμοκρασίες. Στην θερμοκρασία των 45°C και 55°C, από τα 80 – 350 min η απώλεια νερού σταθεροποιείται και η ωσμωτική αφυδάτωση πλησιάζει το σημείο της ισορροπίας ενώ στην θερμοκρασία των 65°C παρατηρείται αύξηση ακόμα και στα 300 min.

### 2<sup>ος</sup> κύκλος πειραμάτων με τη 2<sup>η</sup> συνταγή και ανάδευση:

Στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 4.8) παρουσιάζεται η απώλεια νερού, κατά τη διαδικασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης του ιπποφαούς στη θερμοκρασία των 55°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30%, 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης με προσθήκη χυμό μήλου:



Σχήμα 4.8: Απώλεια νερού (WL) κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 55°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30% και 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης με προσθήκη χυμό μήλου και ανάδευση σε σχέση με το χρόνο.

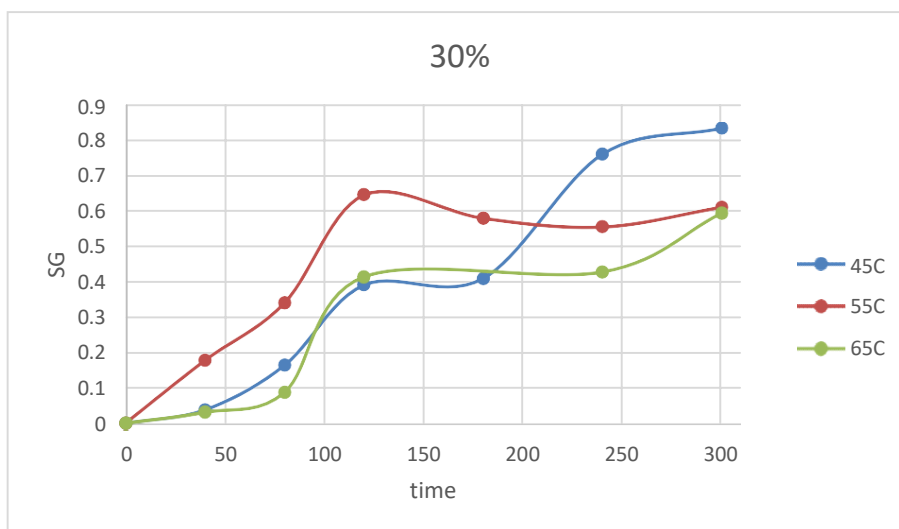
Από το σχήμα παρατηρείται ότι η επίδραση της θερμοκρασίας στη διαδικασία γίνεται αντιληπτή πολύ σύντομα σε χρόνο 30min. Στη συγκέντρωση των 30% παρατηρούμε μεγαλύτερη αύξηση από ότι των 40%. Η απώλεια νερού αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό μέχρι και τα 30 min και στις δύο συγκεντρώσεις. Από τα 30 – 240 min η απώλεια νερού σταθεροποιείται και η ωσμωτική αφυδάτωση πλησιάζει το σημείο της ισορροπίας.

## Πρόσληψη στερεών (SG)

Η πρόσληψη στερεών στα προϊόντα ιπποφαούς υπολογίστηκε με την εξίσωση 2.2.

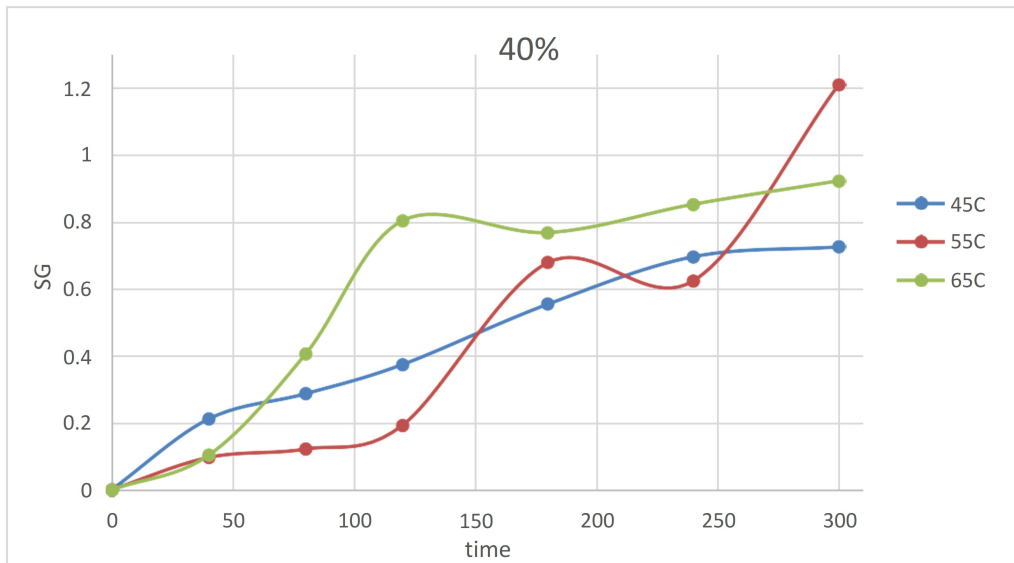
### 1<sup>ος</sup> κύκλος πειραμάτων με τη 1<sup>η</sup> συνταγή και χωρίς ανάδευση:

Στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 4.8, 4.9, 4.10) παρουσιάζεται η πρόσληψη στερεών ουσιών, όπως προέκυψε από την εξίσωση 2.2, κατά τη διαδικασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης του ιπποφαούς στις θερμοκρασίες των 45°C, 55°C και 65°C:



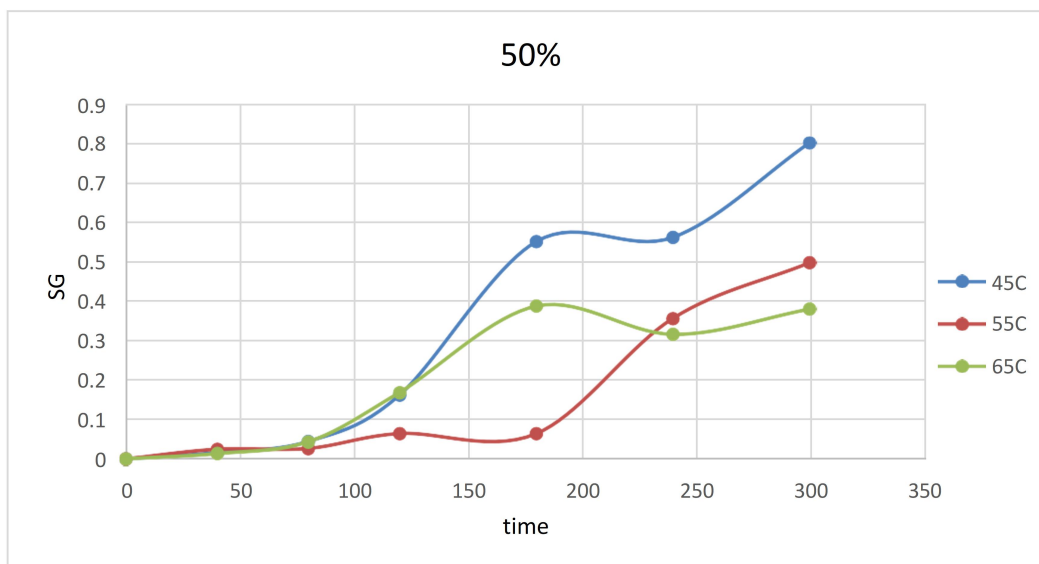
Σχήμα 4.9: Πρόσληψη στερεών ουσιών (SG) κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης σε σχέση με το χρόνο.

Από το σχήμα παρατηρούμε ότι μέχρι τα 120 min αυξάνεται με μεγάλο ρυθμό η πρόσληψη στερεών. Στους 55°C παρατηρούμε μεγάλη αύξηση στην αρχή της διεργασίας έως τα 120 min ενώ στους 45°C παρατηρούμε μετά τα 180 min. Αν και η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας, στη θερμοκρασία των 65°C παρουσιάζεται μικρή πρόσληψη στερεών κατά τη διάρκεια της διεργασίας, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του διαλύματος και της μεγάλης διάρκειας της.



Σχήμα 4.10: Πρόσληψη στερεών ουσιών (SG) κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης σε σχέση με το χρόνο.

Από το σχήμα παρατηρείται ότι η επίδραση της θερμοκρασίας στη διαδικασία γίνεται αντιληπτή μετά τα 120 min. Τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας είναι πιο έντονα στη θερμοκρασία των 65°C. Στη θερμοκρασία των 45°C παρατηρείται η μικρότερη πρόσληψη στερεών. Η πρόσληψη στερεών αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό μέχρι και τα 180 min παρόμοια και στις τρεις θερμοκρασίες. Από τα 180 - 350 min η πρόσληψη στερεών σταθεροποιείται και η ωσμωτική αφυδάτωση πλησιάζει το σημείο της ισορροπίας. Ενώ για τους 55°C παρατηρείται απότομη αύξηση από τα 240 min.

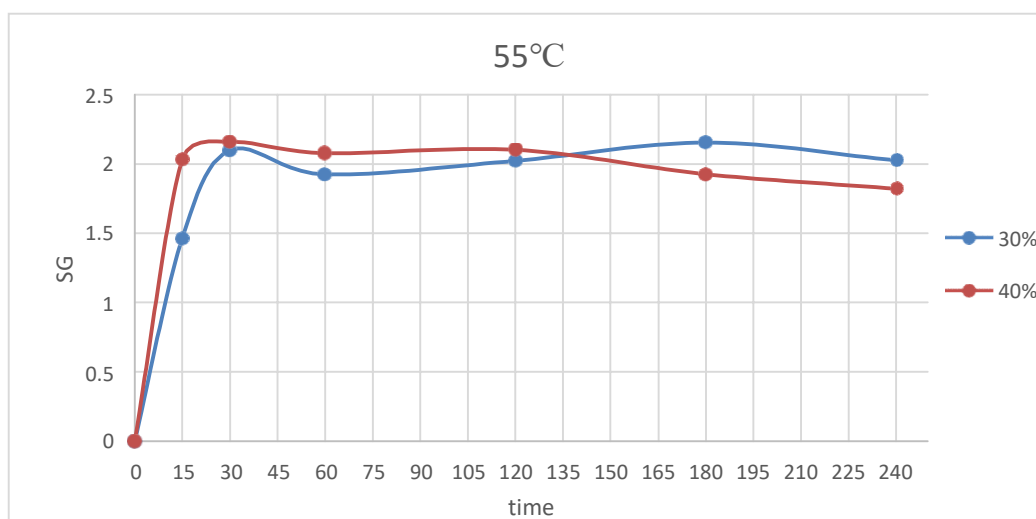


Σχήμα 4.11: Πρόσληψη στερεών ουσιών (SG) κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 50% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης σε σχέση με το χρόνο.

Από το σχήμα παρατηρείται ότι η επίδραση της θερμοκρασίας στη διαδικασία γίνεται αντιληπτή μετά τα 40 min. Τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας παρόμοια και στις τρεις θερμοκρασίες. Στη θερμοκρασία των 45°C παρατηρείται η μικρότερη πρόσληψη στερεών. Από τα 40 – 350 min η πρόσληψη στερεών σταθεροποιείται και η ωσμωτική αφυδάτωση πλησιάζει το σημείο της ισορροπίας

### 2<sup>ος</sup> κύκλος πειραμάτων με τη 2<sup>η</sup> συνταγή και ανάδευση:

Στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 4.11) παρουσιάζεται η πρόσληψη στερεών ουσιών κατά τη διαδικασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης του ιπποφαούς στη θερμοκρασία των 55°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30%, 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης με προσθήκη χυμό μήλου:



Σχήμα 4.12: Πρόσληψη στερεών ουσιών (SG) κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 55°C και σε συγκεντρώσεις ωσμωτικού διαλύματος 30% και 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης με προσθήκη χυμό μήλου και ανάδευση σε σχέση με το χρόνο.

Από το σχήμα παρατηρείται ότι η επίδραση της θερμοκρασίας στη διαδικασία γίνεται αντιληπτή μετά τα 30 min. Στη συγκέντρωση των 40% παρατηρείται η μικρότερη πρόσληψη στερεών. Η πρόσληψη στερεών αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό μέχρι και τα 30 min παρόμοια και στις δύο συγκεντρώσεις. Από τα 30 – 240 min η πρόσληψη στερεών σταθεροποιείται και η ωσμωτική αφυδάτωση πλησιάζει το σημείο της ισορροπίας.



### 4.1.1.3 Μεταβολή Χρώματος κατά την διάρκεια της ώσμωσης

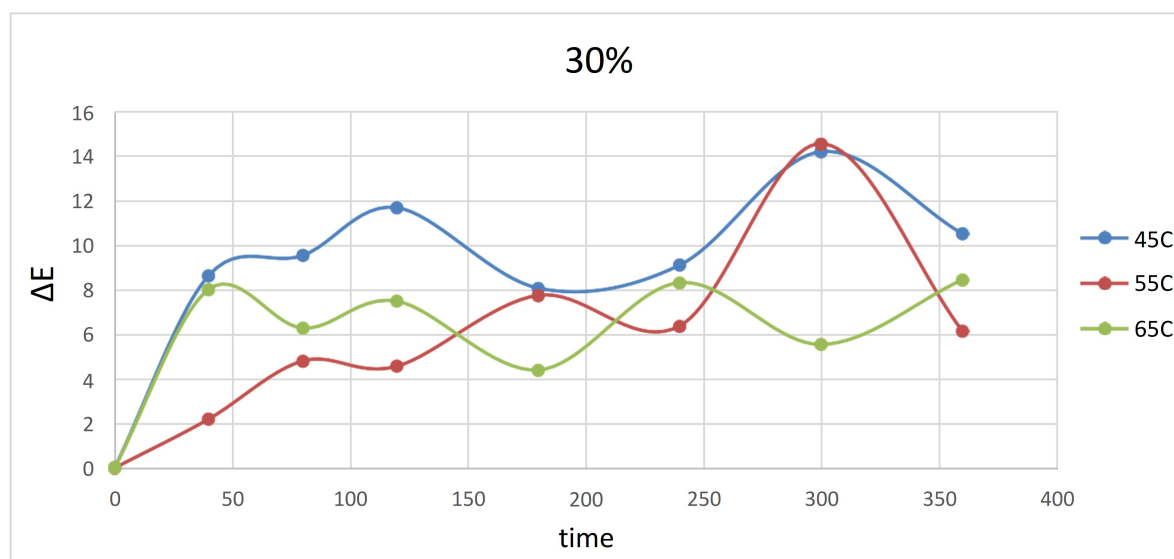
Η ωσμωτική αφυδάτωση, είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για την παραγωγή προϊόντων ενδιάμεσης υγρασίας. Αυτή η διαδικασία προάγει τη σταθεροποίηση των παραμέτρων του χρώματος, μειώνοντας μη ενζυμικές αντιδράσεις αμαύρωσης και συχνά βελτιώνει το χρώμα των προϊόντων φρούτου (Krokida et al., 2000).

Το αρχικό χρώμα των δειγμάτων υποφασούς εκφράζεται με τους δείκτες L, a και b τη χρονική στιγμή  $t = 0$ , στον παρακάτω πίνακα:

Δείγμα	Time (min)	L	a	b
αρχικό	0	54.34	6.172	62.114

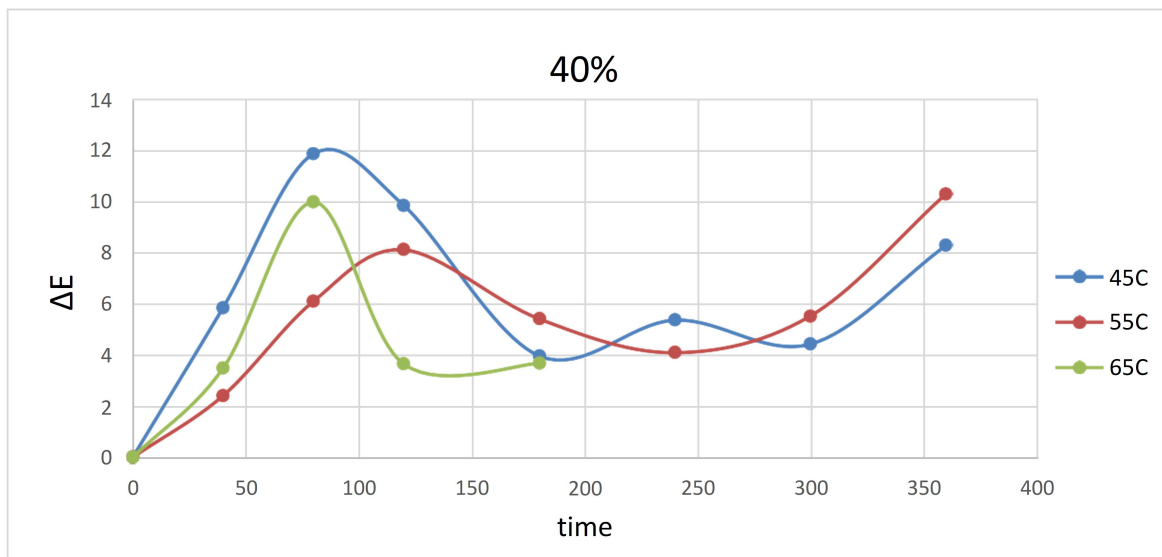
#### 1<sup>ος</sup> κύκλος πειραμάτων με τη 1<sup>η</sup> συνταγή και χωρίς ανάδευση:

Στο σχήματα που ακολουθούν (Σχήμα 4.12, 4.13, 4.14) παρουσιάζεται η συνολική μεταβολή χρώματος των φρούτων, όπως υπολογίστηκε με την εξίσωση 3.1, κατά τη διάρκεια της ωσμωτικής αφυδάτωσης στις θερμοκρασίες 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση 30%, 40% και 50% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης:



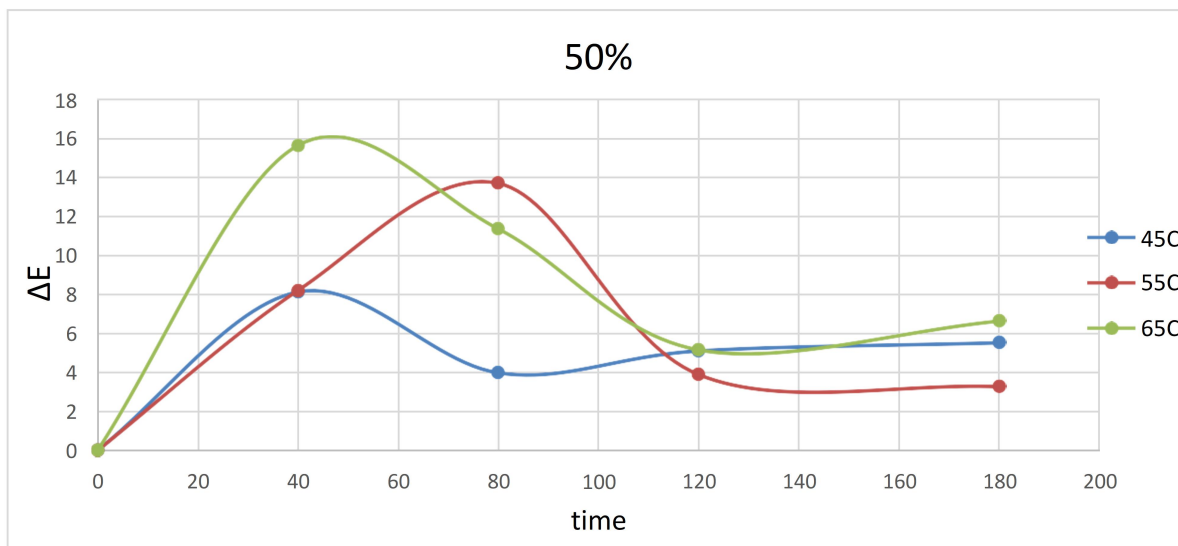
Σχήμα 4.13: Συνολική μεταβολή χρώματος κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης υποφασούς σε θερμοκρασία 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης σε σχέση με το χρόνο.

Σύμφωνα με το σχήμα, η ωσμωτική αφυδάτωση δεν προκαλεί έντονη αλλαγή στο συνολικό χρώμα του δείγματος, αλλά έχει ως αποτέλεσμα τη σταθεροποίησή του. Μικρή αλλαγή παρατηρείται μετά τα 250min για τις θερμοκρασίες 45°C και 55°C.



Σχήμα 4.14: Συνολική μεταβολή χρώματος κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης σε σχέση με το χρόνο.

Από το σχήμα παρατηρείται ότι η ωσμωτική αφυδάτωση δεν προκαλεί έντονη αλλαγή στο συνολικό χρώμα του δείγματος με τελικό αποτέλεσμα τη σταθεροποίησή του και στις τρεις θερμοκρασίες. Συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη μεταβολή παρατηρείται το χρονικό διάστημα 0 – 50 min και για τις τρεις θερμοκρασίες.



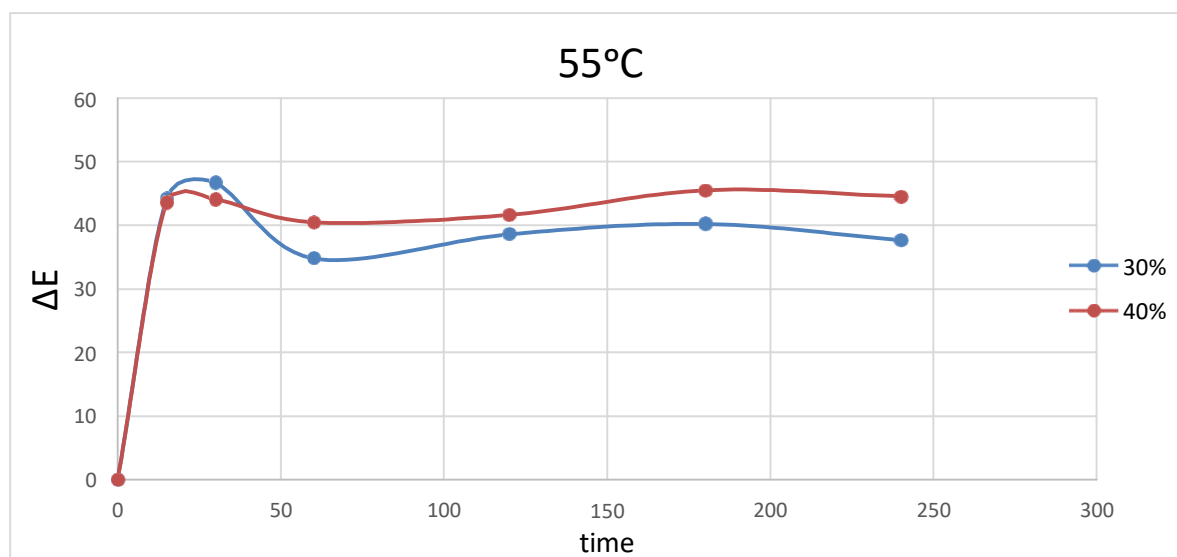
Σχήμα 4.15: Συνολική μεταβολή χρώματος κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 50% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης σε σχέση με το χρόνο.

Σύμφωνα με το σχήμα, η ωσμωτική αφυδάτωση προκαλεί αλλαγή στο συνολικό χρώμα του δείγματος με τελικό αποτέλεσμα τη σταθεροποίησή του και στις τρεις θερμοκρασίες.

Συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη μεταβολή παρατηρείται το χρονικό διάστημα 0 – 80 min και για τις τρεις θερμοκρασίες.

### 2ος κύκλος πειραμάτων με τη 2<sup>η</sup> συνταγή και ανάδευση:

Στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 4.15) παρουσιάζεται η συνολική μεταβολή χρώματος των φρούτων, όπως υπολογίστηκε με την εξίσωση 3.1, κατά τη διάρκεια της ωσμωτικής αφυδάτωσης στη θερμοκρασία των 55°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30%, 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης με προσθήκη χυμό μήλου και ανάδευση σε συνάρτηση με το χρόνο:



Σχήμα 4.16: Συνολική μεταβολή χρώματος κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 55°C και σε συγκεντρώσεις ωσμωτικού διαλύματος 30% και 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης με προσθήκη χυμό μήλου και ανάδευση σε σχέση με το χρόνο.

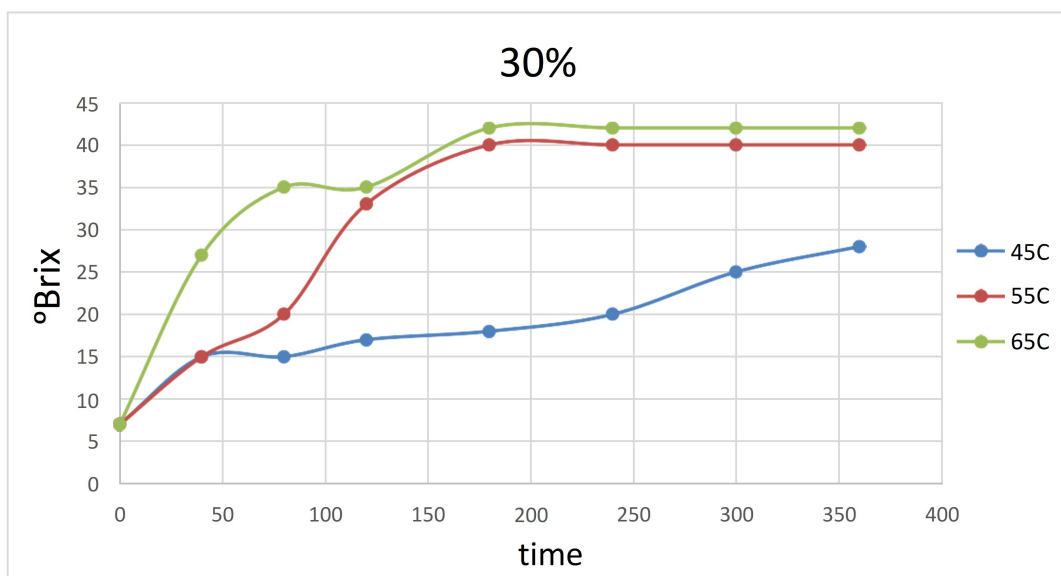
Σύμφωνα με το σχήμα, η ωσμωτική αφυδάτωση δεν προκαλεί έντονη αλλαγή στο συνολικό χρώμα του δείγματος με τελικό αποτέλεσμα τη σταθεροποίησή του και στις δύο συγκεντρώσεις.

#### **4.1.1.3 Μεταβολή Brix ιπποφαούς**

Η μεταβολή των °Brix στα προϊόντα ιπποφαούς υπολογίστηκε με το διαθλασίμετρο χειρός. Η αρχική τιμή °Brix των αποψυγμένων δειγμάτων ιπποφαούς ήταν κατά μέσο όρο ίση με 7°.

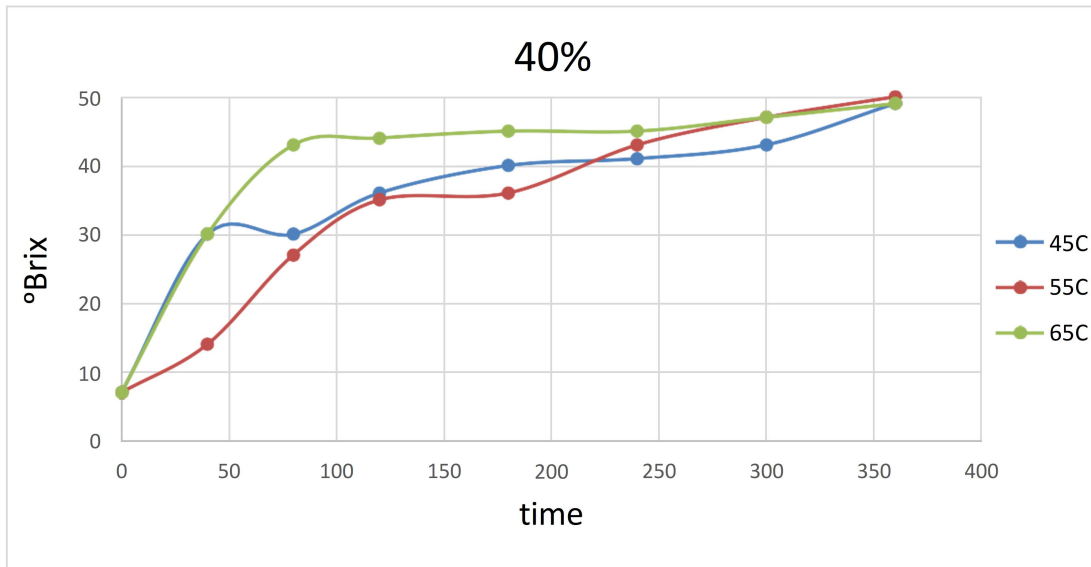
### 1<sup>ος</sup> κύκλος πειραμάτων με τη 1<sup>η</sup> συνταγή και χωρίς ανάδευση:

Στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 4.16, 4.17, 4.18) παρουσιάζονται οι βαθμοί Brix, κατά τη διαδικασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης του ιπποφαούς στις θερμοκρασίες των 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30%, 40% και 50% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης σε συνάρτηση με το χρόνο:



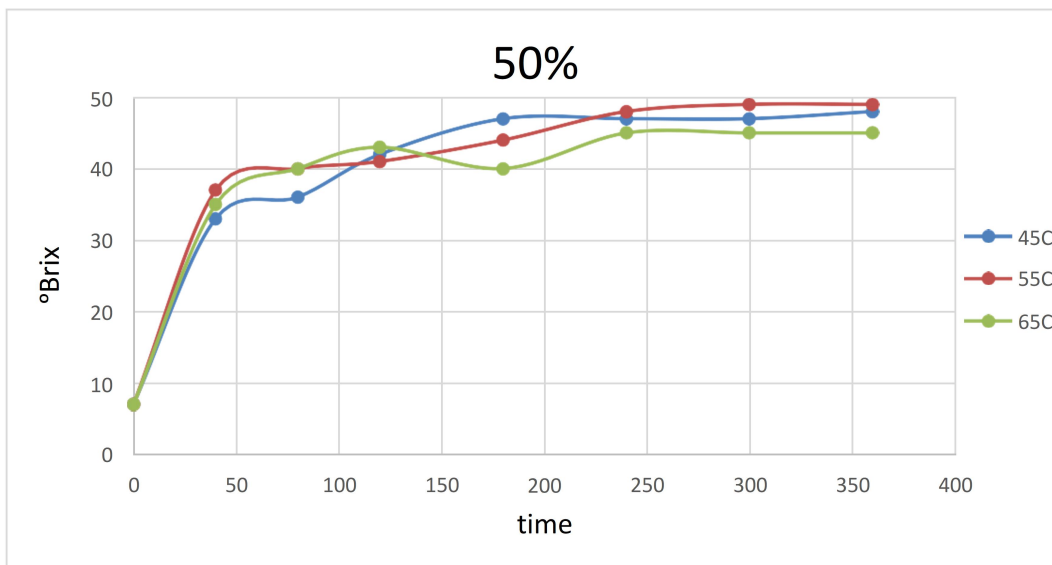
Σχήμα 4.17: Συνολική μεταβολή °Brix κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης σε σχέση με το χρόνο.

Από το σχήμα παρατηρούμε ότι οι °Brix του ιπποφαούς κατά τη διάρκεια της ώσμωσης αυξάνονται με γρήγορο ρυθμό στις θερμοκρασίες 55°C και 65°C έως τα 120 min και έπειτα σταθεροποιούνται σε πολύ υψηλότερες τιμές από τις αρχικές. Για τη θερμοκρασία των 45°C ο ρυθμός είναι πολύ χαμηλότερος και παρατηρείται αύξηση μετά τα 240 min. Η τελική τιμή Brix για τη θερμοκρασία των 45°C είναι αρκετά χαμηλότερη από ότι των 55°C και 65°C.



Σχήμα 4.18: Συνολική μεταβολή °Brix κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης σε σχέση με το χρόνο.

Από το σχήμα παρατηρούμε τη ραγδαία αύξηση των °Brix και για τρεις θερμοκρασίες έως τα 120 min και ύστερα παρατηρείται σταθεροποίηση. Υψηλότερες τιμές °Brix υπάρχουν στη θερμοκρασία των 60 °C αλλά δεν διακρίνεται μεγάλη διαφορά ανάμεσα στις τρεις θερμοκρασίες συνολικά.

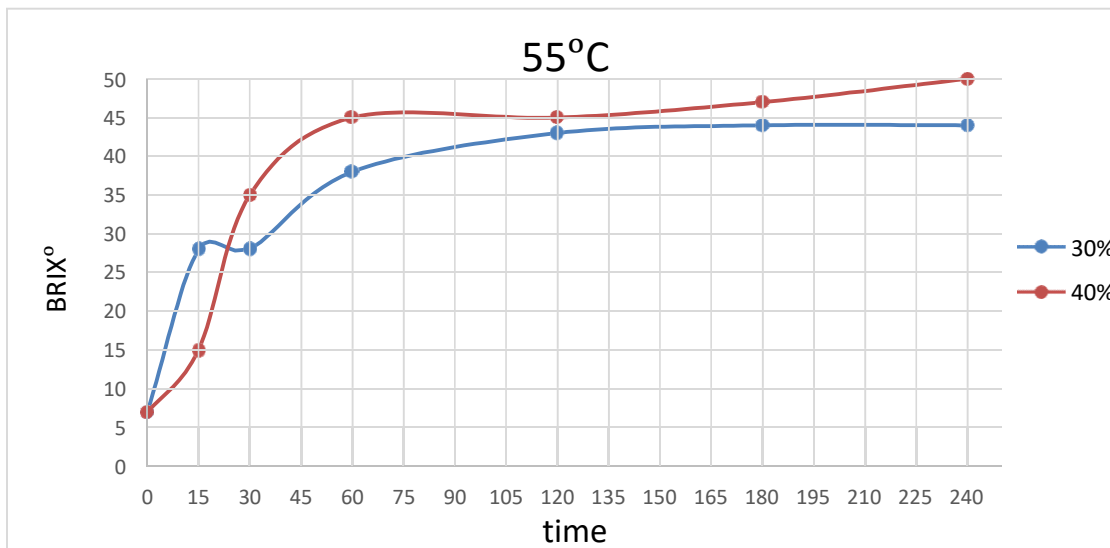


Σχήμα 4.19: Συνολική μεταβολή °Brix κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 45°C, 55°C και 65°C σε συγκέντρωση σιροπιού 50% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης σε σχέση με το χρόνο.

Από το σχήμα παρατηρούμε ότι οι °Brix του ιπποφαούς κατά τη διάρκεια της ώσμωσης αυξάνονται με γρήγορο ρυθμό σε όλες τις θερμοκρασίες έως τα 40 min και έπειτα με πολύ χαμηλότερο ρυθμό έως τα 180 min. Σταθεροποιούνται σε πολύ υψηλότερες τιμές από τις αρχικές μετά τα 240 min όπου έχουν λάβει τις τελικές τους τιμές.

### 2ος κύκλος πειραμάτων με τη 2<sup>η</sup> συνταγή και ανάδευση:

Στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 4.19) παρουσιάζονται οι βαθμοί °Brix, κατά τη διάρκεια της ωσμωτικής αφυδάτωσης στη θερμοκρασία των 55°C σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30%, 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης με προσθήκη χυμό μήλου και ανάδευση σε συνάρτηση με το χρόνο:



Σχήμα 4.20: Συνολική μεταβολή °Brix κατά τη διεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης ιπποφαούς σε θερμοκρασία 55°C και σε συγκεντρώσεις σιροπιού 30%, 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης με προσθήκη χυμό μήλου και ανάδευση σε σχέση με το χρόνο.

Από το σχήμα παρατηρούμε ότι οι °Brix του ιπποφαούς κατά τη διάρκεια της ώσμωσης αυξάνονται με γρήγορο ρυθμό σε όλες τις συγκεντρώσεις έως τα 120 min και έπειτα με πολύ χαμηλότερο ρυθμό έως τα 240 min. Σταθεροποιούνται σε πολύ υψηλότερες από τις αρχικές τους τιμές από τα 120 – 240 min.

## 4.1.2 Κινητική Μελέτη Φαινομένων Μεταφοράς κατά την Ξήρανση με Θερμό Αέρα

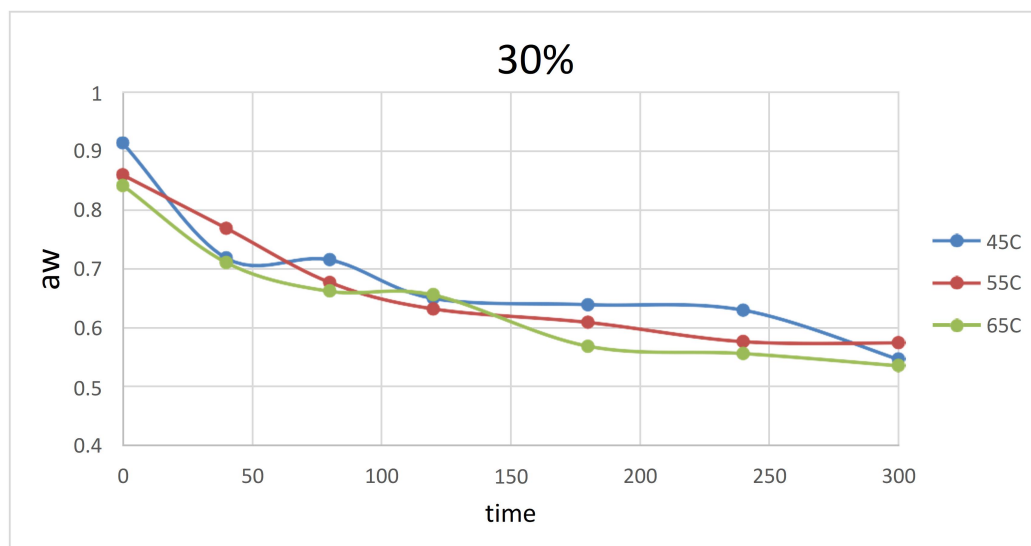
### 4.1.2.1 Ενεργότητα Νερού

Όπως έχει αναφερθεί, τα επεξεργασμένα δείγματα που ξηραίνονται είναι αυτά που έχουν υποστεί 180 min ωσμωτική αφυδάτωση στις θερμοκρασίες 45°C, 55°C και 65°C.

Κατά τη διάρκεια της ξήρανσης με θερμό αέρα επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της ενεργότητας νερού με αποτέλεσμα την παραγωγή ενός ξηρού τελικού προϊόντος.

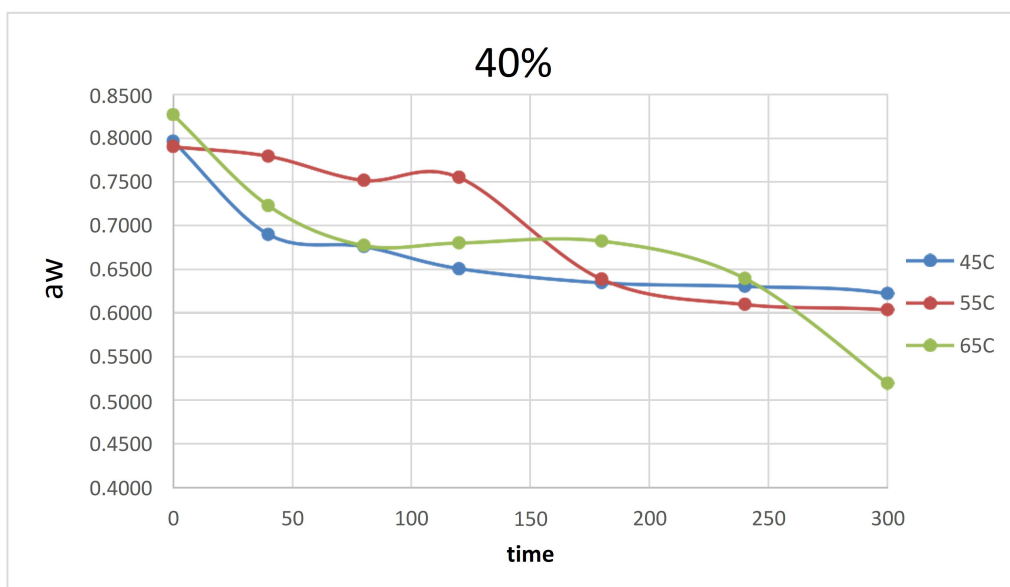
#### 1<sup>ος</sup> κύκλος πειραμάτων με τη 1<sup>η</sup> συνταγή και χωρίς ανάδευση:

Στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 4.20, 4.21, 4.22) παρουσιάζεται η ενεργότητα νερού ( $a_w$ ) κατά την ξήρανση με θερμό αέρα θερμοκρασίας 60°C για τα δείγματα ιπποφαούς που ωσμήθηκαν σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30%, 40% και 50% και θερμοκρασιών ώσμωσης 45°C, 55°C και 65°C μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης:



Σχήμα 4.21: Ενεργότητα νερού ωσμω – αφυδατωμένων δειγμάτων ιπποφαούς σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης κατά την ξήρανση με θερμό αέρα σε θερμοκρασία 60°C σε σχέση με το χρόνο.

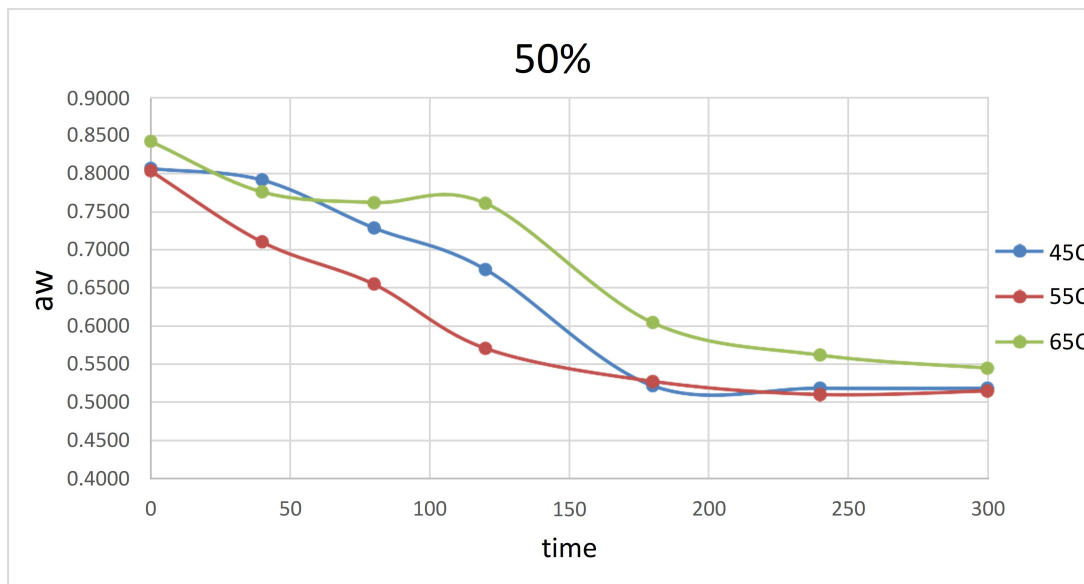
Από το σχήμα παρατηρείται ότι η επίδραση της θερμοκρασίας στη διαδικασία είναι αρκετά υψηλή. Είναι γνωστό ότι η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας, τα οποία είναι πιο έντονα στη θερμοκρασία των 65°C. Στη θερμοκρασία των 45°C παρατηρείται η μικρότερη απώλεια νερού. Η απώλεια νερού αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό μέχρι και τα 180 min και στις τρεις θερμοκρασίες. Από τα 180 – 300 min η ενεργότητα νερού σταθεροποιείται και πλησιάζει το σημείο της ισορροπίας. Και στις τρεις θερμοκρασίες η ενεργότητα νερού έχει μειωθεί σε επίπεδα κοντά στο 0.55 στα 300 min.



Σχήμα 4.22: Ενεργότητα νερού ωσμω – αφυδατωμένων δειγμάτων ιπποφαούς σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης κατά την ξήρανση με θερμό αέρα σε θερμοκρασία 60°C σε σχέση με το χρόνο.

Από το σχήμα παρατηρείται ότι η ενεργότητα νερού του ιπποφαούς και στις τρεις περιπτώσεις μειώνεται σε μεγάλο βαθμό. Έντονη μείωση και επιθυμητό αποτέλεσμα υπάρχει μόνο για το ιπποφάες που είχε ωσμωθεί στη θερμοκρασία των 65°C, ενώ το ιπποφάες στη θερμοκρασία των 45°C και 55°C τείνει να σταθεροποιηθεί μετά τα 180 min χωρίς να είναι η ενεργότητα νερού χαμηλότερη από 0.55. Η απώλεια νερού αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό μέχρι και τα 180 min και στις τρεις θερμοκρασίες.



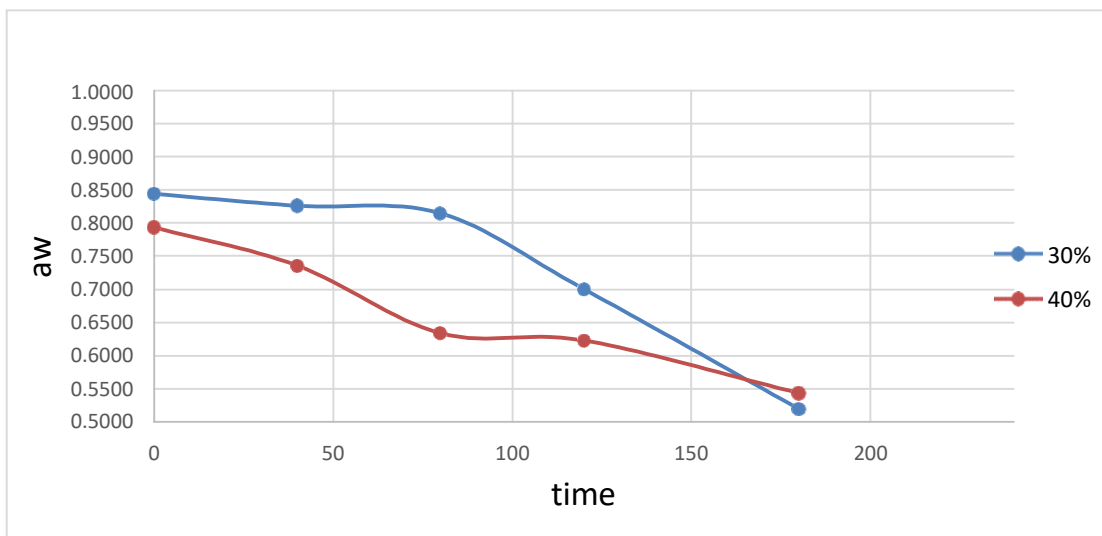


Σχήμα 4.23: Ενεργότητα νερού ωσμο - αφυδατωμένων δειγμάτων ιπποφαούς σε συγκέντρωση ωσμοτικού διαλύματος 50% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης κατά την ξήρανση με θερμό αέρα σε θερμοκρασία 60°C σε σχέση με το χρόνο.

Από το διάγραμμα παρατηρείται η επίδραση της θερμοκρασίας στην ενεργότητα νερού όπου παραμένει σταθερή έως τα 120 min και στις τρεις θερμοκρασίες. Η επίδραση της θερμοκρασίας γίνεται αντιληπτή και στις τρεις θερμοκρασίες 45 °C, 55°C και 65°C μετά τα 150 min χωρίς να υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ τους. Το τρόφιμο συμπεριφέρεται με παρόμοιο τρόπο κατά τη διάρκεια της ξήρανσης σε όλες τις θερμοκρασίες.

## 2<sup>ος</sup> κύκλος πειραμάτων με τη 2<sup>η</sup> συνταγή και ανάδευση:

Στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 4.23) παρουσιάζεται η ενεργότητα νερού ( $a_w$ ) κατά την ξήρανση με θερμό αέρα θερμοκρασίας 60°C για τα δείγματα ιπποφαούς που ωσμώθηκαν σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος διαλύματος 30%, 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης με προσθήκη χυμού μήλου και ανάδευση σε συνάρτηση με το χρόνο:



Σχήμα 4.24: Ενεργότητα νερού ωσμω - αφυδατωμένων δειγμάτων ιπποφαούς σε συγκέντρωσεις ωσμωτικού διαλύματος 30%, 40% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης με προσθήκη χυμό μήλου και ανάδευση κατά την ξήρανση με θερμό αέρα σε θερμοκρασία 60°C σε σχέση με το χρόνο.

Από το διάγραμμα παρατηρείται η επίδραση της θερμοκρασίας στην ενεργότητα νερού όπου παραμένει σταθερή έως τα 80 min για συγκέντρωση διαλύματος 30% και μετά ελαττώνεται με μεγάλο ρυθμό. Για το διάλυμα 40% υπάρχει σημαντική ελάτωση της ενεργότητας κιάλας από τα 40 min. Τα δείγματα αποκτούν την επιθυμητή ενεργότητα ύδατος μετά τα 170 min.

### **4.1.3 Μελέτη Διατηρησιμότητας – Προσδιορισμός Διάρκειας Ζωής**

Οι καταναλωτές απαιτούν ολοένα και περισσότερο υψηλή ποιότητα τροφίμων και έχουν αντίστοιχες προσδοκίες ότι η ποιότητα αυτή θα διατηρηθεί σε υψηλό επίπεδο κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ αγοράς και κατανάλωσης. Δεν έχουν μόνο απαίτηση να παραμείνουν τα τρόφιμα ασφαλή, αλλά να ελαχιστοποιηθούν οι ανεπιθύμητες αλλαγές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους.

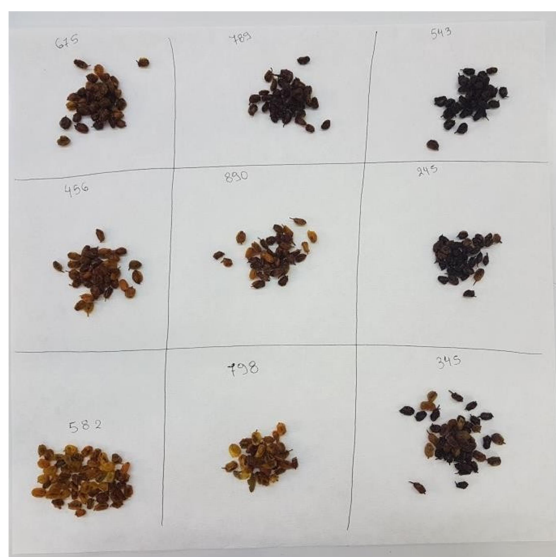
Πολλοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν τη διάρκεια ζωής των τροφίμων και ταξινομούνται ως εξής (IFST, 1993):

- Ενεργότητα νερού ( $a_w$ )
- pH
- Οξειδοαναγωγικό δυναμικό (Eh)
- Διαθέσιμο οξυγόνο
- Θρεπτικές ουσίες
- Ολική Μικροβιακή Χλωρίδα (OMX)
- Φυσική βιοχημεία της σύνθεσης του προϊόντος (ένζυμα, ενδογενή συστατικά)
- Χρήση συντηρητικών (π.χ. αλάτι)

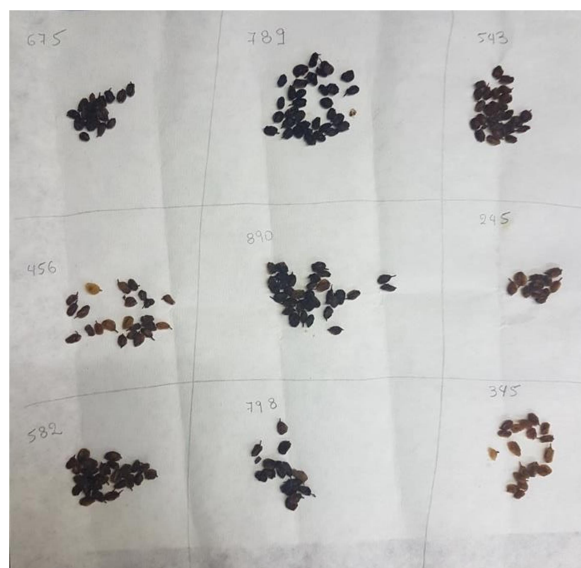
(D. Kilcast and P. Subramaniam, The stability and shelf-life of food 2000).

### 4.1.3.1 Οργανοληπτικός Έλεγχος

Κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο στα τελικά ξηρά προϊόντα ιπποφαούς, εξετάστηκε η μεταβολή των εξής οργανοληπτικών χαρακτηριστικών με το χρόνο αποθήκευσης: εμφάνιση, χρώμα, γεωμετρικά χαρακτηριστικά, επιφάνεια, εξωτερικά χαρακτηριστικά, υφή, γεύση και συνολική εντύπωση. Οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε για τα δείγματα που είχαν προ - επεξεργαστεί με ωσμωτική αφυδάτωση και με τις δύο πειραματικές διαδικασίες στους 55 °C για 180 min, καθώς και για τα απλά αποξηραμένα δείγματα με θερμό αέρα, για τις θερμοκρασίες αποθήκευσης, 15°C, 25C° και 35C°.



(α)



(β)

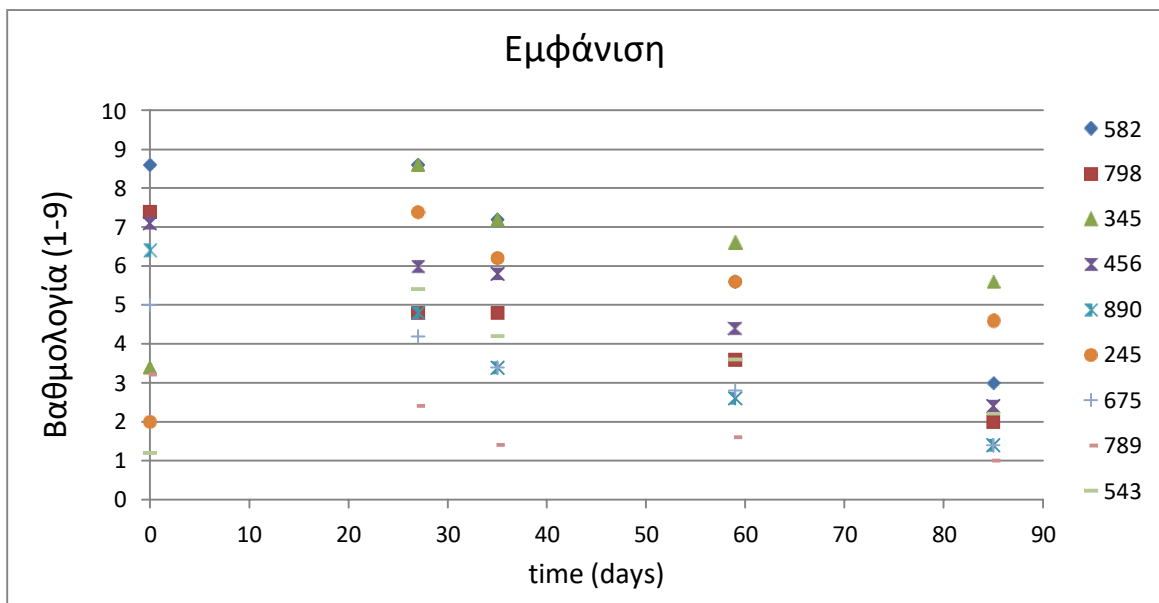
Εικόνα 4.1: Δείγματα προ - επεξεργασμένων και μη ξηρών προϊόντων ιπποφαούς στην αρχή του οργανοληπτικού πειράματος (α) 29/07/2019 και στο τέλος (β) 23/10/2019

Στο παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι κωδικοί των δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για τον οργανοληπτικό έλεγχο σε τρία διαφορετικά είδη δειγμάτων: 1ης συνταγής, 2ης συνταγής και μάρτυρα.

582	798	345	456	890	245	675	789	543
25°C 2 <sup>η</sup> συνταγή	35°C 2 <sup>η</sup> συνταγή	15°C 2 <sup>η</sup> συνταγή	25°C 1 <sup>η</sup> συνταγή	35°C 1 <sup>η</sup> συνταγή	15°C 1 <sup>η</sup> συνταγή	25°C μάρτυρας	35°C μάρτυρας	15°C μάρτυρας

## Εμφάνιση

Η μεταβολή της εμφάνισης κατά την αποθήκευση των προ – επεξεργασμένων και μη ξηρών προϊόντων ιπποφαούς στις θερμοκρασίες αποθήκευσης 15°C, 25°C και 45°C παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα:

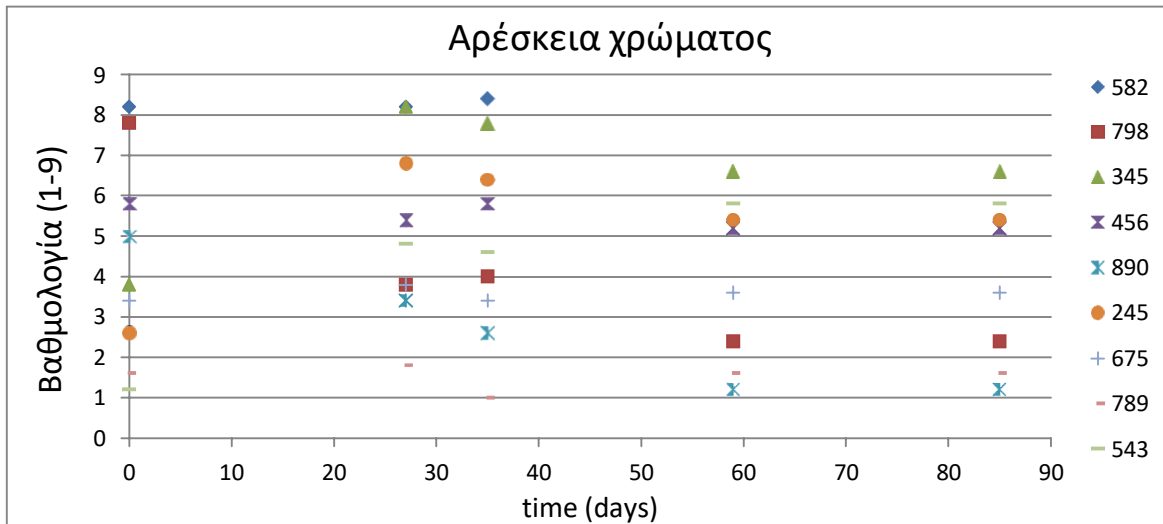


Σχήμα 4.25: Μεταβολή της εμφάνισης κατά την αποθήκευση των προ – επεξεργασμένων και μη ξηρών προϊόντων ιπποφαούς στις θερμοκρασίες αποθήκευσης 15°C, 25°C και 35°C σε συνάρτηση με το χρόνο.

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι με το πέρασμα του χρόνου ο βαθμός αρέσκειας ελαττώνεται σημαντικά, ιδιαίτερα στα δείγματα μάρτυρες (675, 789, 543) όπου στο τέλος του πειράματος έχουν τη χαμηλότερη βαθμολογία. Αρκετά υψηλή βαθμολογία έχουν διατηρήσει μόνο τα δείγματα 345 και 245 όπου είχαν διατηρηθεί σε θερμοκρασία 15°C, με τις 2 εναλλακτικές συνταγές.

## Αρέσκεια χρώματος

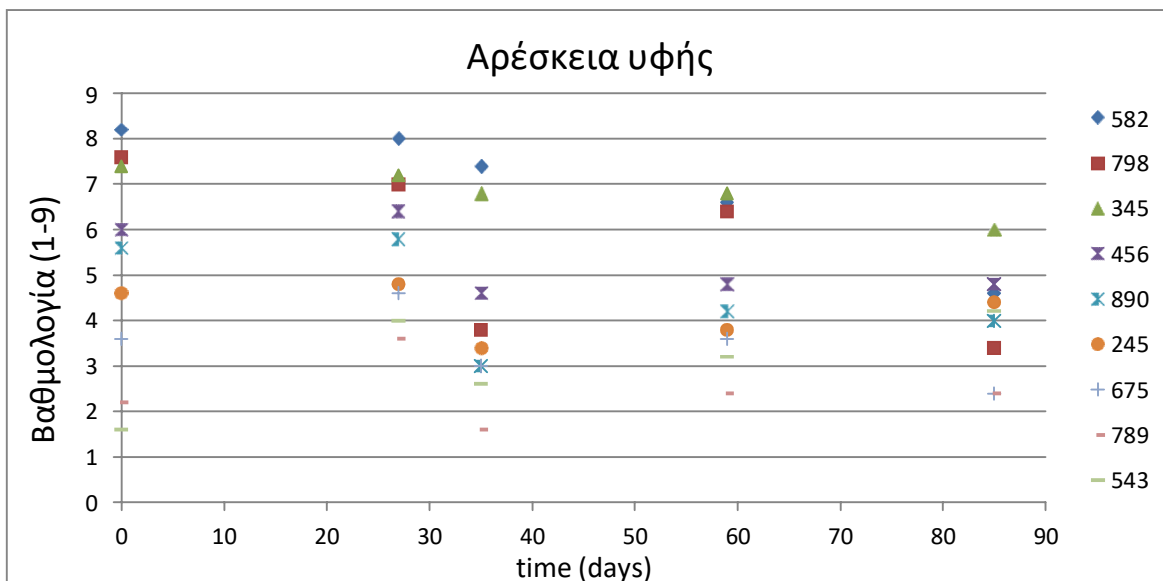
Η μεταβολή της αρέσκειας του χρώματος κατά την αποθήκευση των προ – επεξεργασμένων και μη ξηρών προϊόντων ιπποφαούς στις θερμοκρασίες αποθήκευσης 15°C, 25°C και 45°C παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα:



Σχήμα 4.26: Μεταβολή της αρέσκειας του χρώματος κατά την αποθήκευση των προ-επεξεργασμένων και μη ξηρών προϊόντων ιπποφαούς στις θερμοκρασίες αποθήκευσης 15°C, 25°C και 35°C σε συνάρτηση με το χρόνο.

Από το παραπάνω σχήμα παρατηρείται ότι τις χαμηλότερες βαθμολογίες έχουν τα δείγματα 675 και 789 τα οποία είναι οι μάρτυρες σε θερμοκρασίες 25°C και 35°C αντίστοιχα. Όμως το δείγμα μάρτυρας 543 όπου αποθηκεύτηκε σε θερμοκρασία 15°C έχει πάρα πολύ υψηλή βαθμολογία. Η θερμοκρασία αποθήκευσης επηρεάζει σημαντικά την αλλοίωση του χρώματος των καρπών ιπποφαούς. Όσο υψηλότερη θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερη η αλλοίωση καθώς επιταχύνει τις αντιδράσεις μη ενζυμικού μαυρίσματος Maillard.

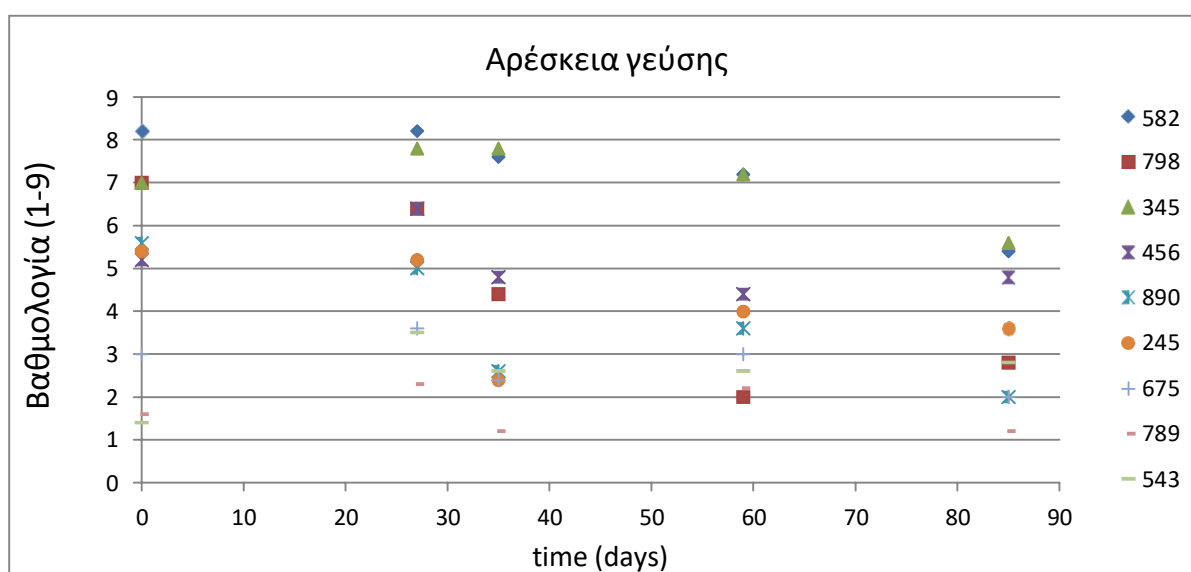
### Αρέσκεια Υφής



Σχήμα 4.27: Μεταβολή της αρέσκειας υφής κατά την αποθήκευση των προ – επεξεργασμένων και μη ξηρών προϊόντων ιπποφαούς στις θερμοκρασίες αποθήκευσης 15°C, 25°C και 35°C σε συνάρτηση με το χρόνο.

Από το διάγραμμα δεν παρατηρούνται μεγάλες αλλαγές στη βαθμολογία για την αρέσκεια της υφής. Συγκεκριμένα τα δείγματα 345, 456 και 789 παραμένουν πολύ κοντά στην βαθμολογία που είχαν σε χρόνο μηδέν. Στα υπόλοιπα δείγματα παρατηρείται μικρή πτώση της βαθμολογίας με την πάροδο του χρόνου.

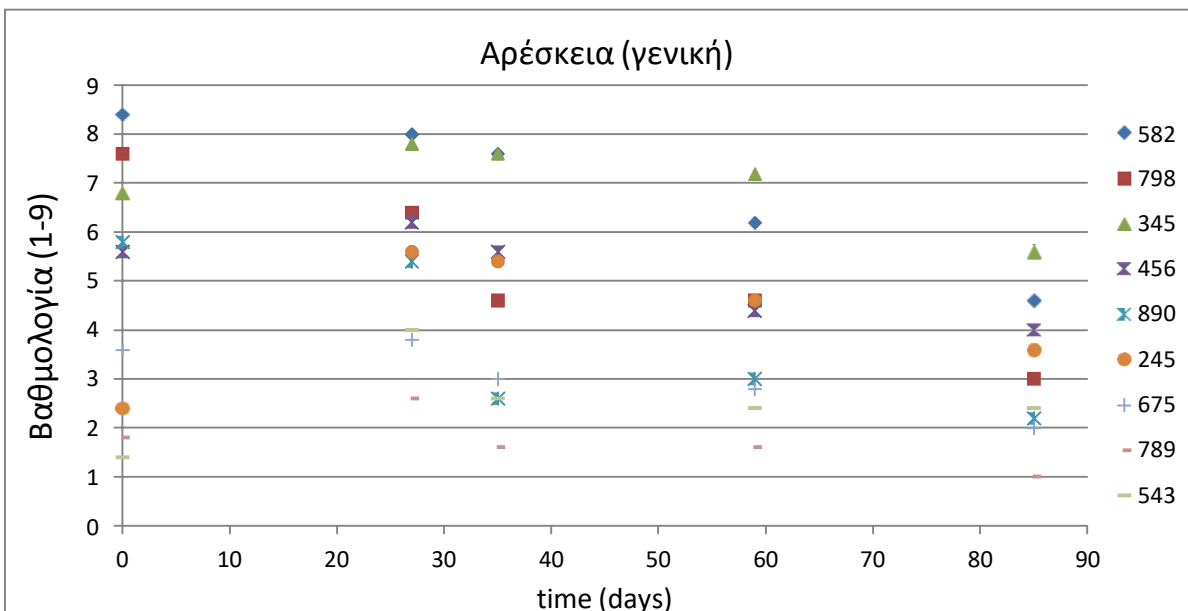
### Αρέσκεια γεύσης



Σχήμα 4.28: Μεταβολή της αρέσκειας γεύσης κατά την αποθήκευση των προ – επεξεργασμένων και μη ξηρών προϊόντων ιπποφαούς στις θερμοκρασίες αποθήκευσης 15°C, 25°C και 35°C σε συνάρτηση με το χρόνο.

Από το διάγραμμα παρατηρούμε ότι ο ρυθμός αλλοίωσης της γεύσης δεν είναι έντονος σε γενικό βαθμό. Τα δείγματα 798 και 890 τα οποία αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία 35°C παρουσιάζουν αισθητά έντονη αλλοίωση στη γεύση τους με το πέρασμα του χρόνου. Συμπεραίνουμε έτσι ότι η θερμοκρασία επηρεάζει την αλλοίωση της γεύσης ακόμα και στα ωσσωμένα δείγματα ιπποφαούς.

## Αρέσκεια (γενική)

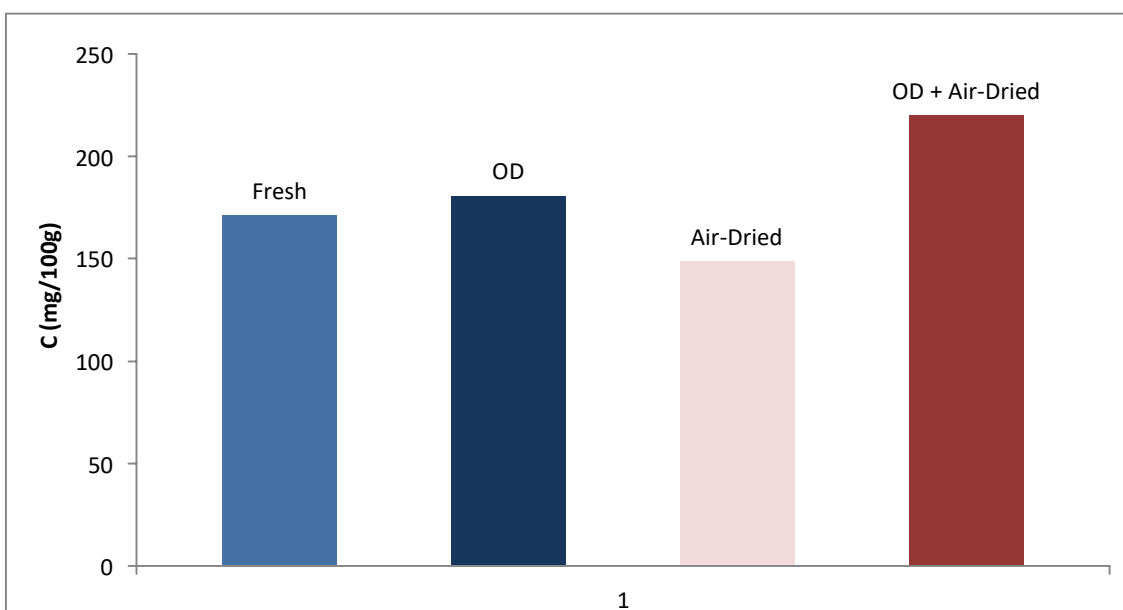


Σχήμα 4.29: Μεταβολή της αρέσκειας κατά την αποθήκευση των προ – επεξεργασμένων και μη ξηρών προϊόντων ιπποφαούς στις θερμοκρασίες αποθήκευσης 15°C, 25°C και 35°C σε συνάρτηση με το χρόνο.

Παρατηρείται ότι, ο ρυθμός υποβάθμισης της γενικής αρέσκειας είναι πολύ μεγαλύτερος για τα ανεπεξέργαστα δείγματα και η διαφορά με τα επεξεργασμένα δείγματα είναι σημαντική. Τα δείγματα 582, 789 και 345, τα οποία είχαν ωσμωθεί με προσθήκη χυμού μήλου και ανάδευσης έχουν την υψηλότερη βαθμολογία καθ'όλη τη διάρκεια του πειράματος. Αυτό οφείλεται τόσο στα σάκχαρα του μήλου όπου προστέθηκαν στο διάλυμα αλλά και στην ανάδευση που βελτίωσε το ρυθμό και την απόδοση της ώσμωσης.



#### 4.1.4 Μέτρηση Βιταμίνης C



Σχήμα 4.30: Περιεκτικότητα βιταμίνης C (mg/100g) του φρέσκου ( Fresh), ωσμομένων(Osmotic Dehydration), αποξηραμένων(Air-Dried) και ωσμομένων – αποξηραμένων(OD+Airs Dried) ιπποφαούς.

Στο παραπάνω γράφημα παρατηρούμε τα επίπεδα τιμών της βιταμίνης C σε καθένα από τα δείγματα. Υψηλότερη περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ έχει το δείγμα όπου ωσμώθηκε και έπειτα αποξηράνθηκε σε ξηραντήρα θερμού αέρα, αυτό το αποτέλεσμα είναι σημαντικό για την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Χαμηλότερη περιεκτικότητα έχει το δείγμα που αποξηράνθηκε χωρίς να έχει προηγηθεί η διαδικασία της ώσμωσης.

# Κεφάλαιο 5: ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

---

## **5.1 Συνοπτική Παρουσίαση και Συζήτηση Αποτελεσμάτων**

Σκοπό της παρούσας διπλωματικής αποτέλεσε η παραγωγή ξηρών προϊόντων ιπποφαούς με τη χρήση ωσμωτικής αφυδάτωσης. Η αφυδάτωση του ιπποφαούς πραγματοποιείται με ξήρανση υπό αέρα ή υπό τον ήλιο και απαιτεί μεγάλο χρόνο ξήρανσης λόγω του φλοιού που δημιουργεί εμπόδιο στην απομάκρυνση του νερού. Ο μεγάλος χρόνος οδηγεί σε υποβάθμιση της ποιότητας των αφυδατωμένων δειγμάτων, όπως είναι η υποβάθμιση του χρώματος, της γεύσης, του αρώματος, καθώς και σε απώλεια των θρεπτικών συστατικών (αντιοξειδωτικές ουσίες, βιταμίνη C κ.α.).

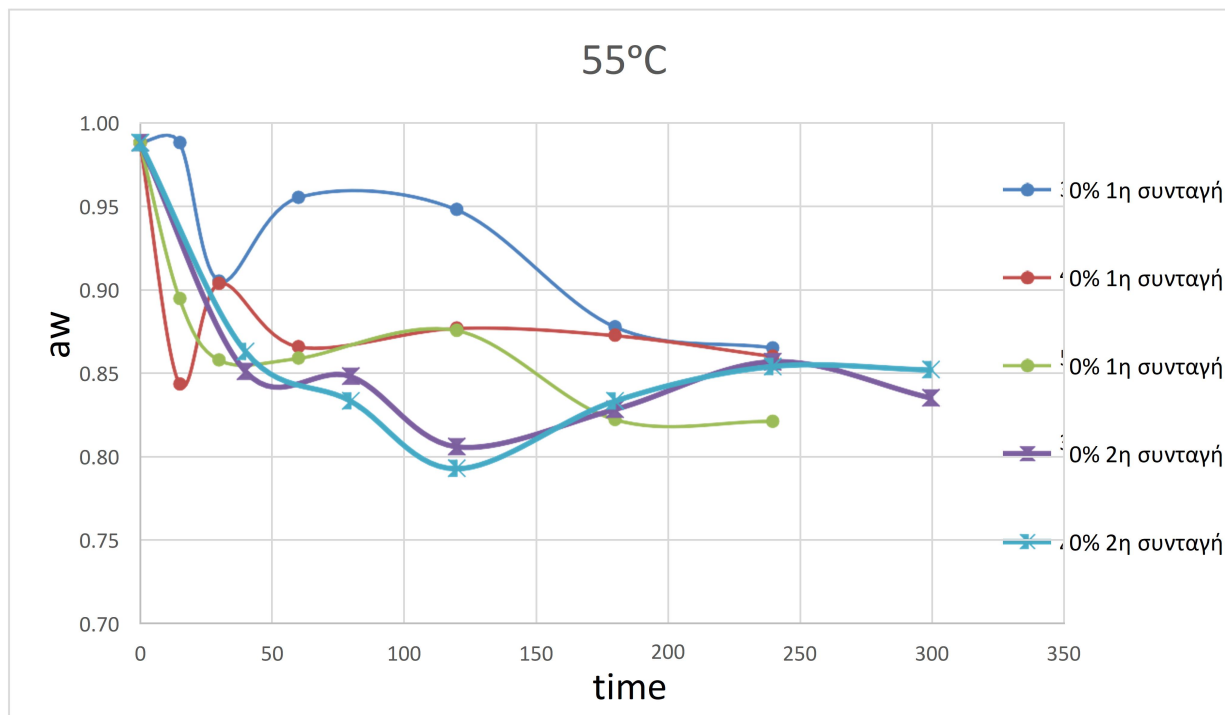
Πραγματοποιήθηκαν δύο σειρές πειραμάτων με διαφορά την αντικατάσταση του νερού στο ωσμωτικό διάλυμα με χυμό μήλου και ανάδευση του δείγματος κατά τη διάρκεια της ώσμωσης στις θερμοκρασίες 45°C, 55°C και 65°C, με αναλογία διαλύματος – πρώτης ύλης 3:1, ενώ ο χρόνος προ – κατεργασίας κυμαινόταν από 30 – 360 min.

Ως βέλτιστες συνθήκες θεωρήθηκαν τα 180min ωσμωτικής αφυδάτωσης στους 55°C, καθώς με αυτόν τον τρόπο επετεύχθη η επιθυμητή απώλεια υγρασίας, χωρίς τον κίνδυνο αλλοίωσης των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και την καταστροφή της πρώτης ύλης που θα μπορούσε να προκαλέσει η μεγαλύτερη χρονική διάρκεια και η υψηλότερη θερμοκρασία.

Κατά τη διάρκεια της ωσμωτικής αφυδάτωσης προσδιορίστηκε η απώλεια νερού και η πρόσληψη στερεών από το ιπποφαές, καθώς και έγινε μέτρηση της ενεργότητας νερού ( $a_w$ ), και άλλων ποιοτικών δεικτών όπως είναι το χρώμα (κλίμακα CIElab, παράμετροι χρώματος: L, a, b).

### Ενεργότητα ύδατος ( $a_w$ )

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η μεταβολή της ενεργότητας νερού στη θερμοκρασίες των 55°C για τα δείγματα της 1ης και 2ης συνταγής σε διάλυμα σιροπιού 30%, 40% και 50%:

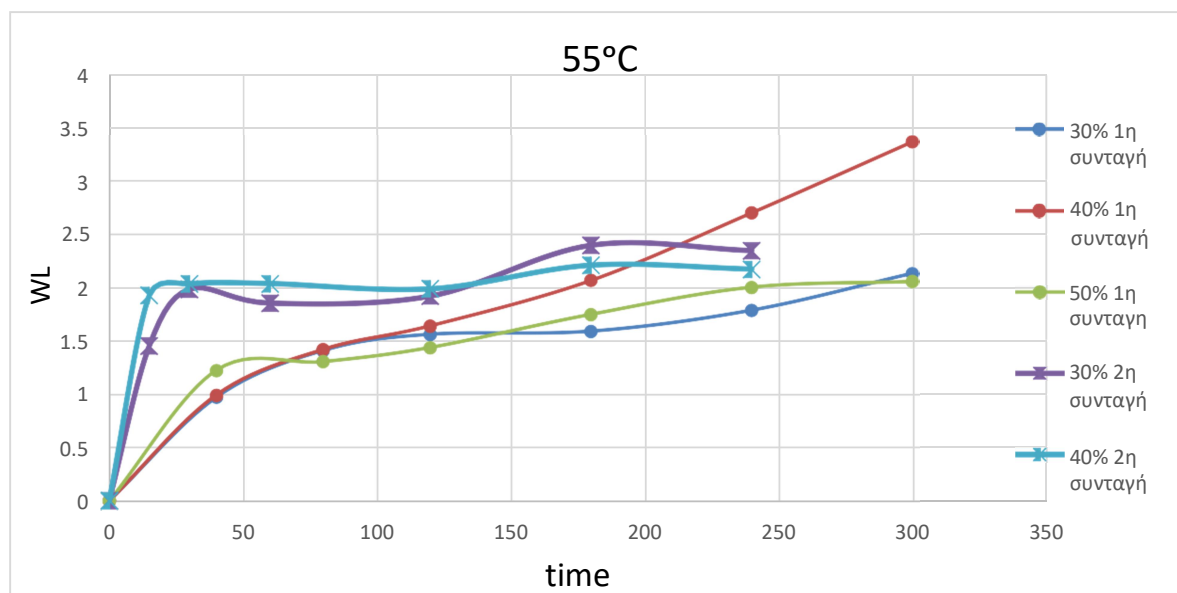


Σχήμα 4.24: Ενεργότητα νερού ωσμω - αφυδατωμένων δειγμάτων ιπποφαούς σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 40% και 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης με προσθήκη χυμό μήλου και ανάδευση σε σύγκριση με 30%, 40% και 50% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης-ερυθριτόλης χωρίς προσθήκη χυμού μήλου κατά την ωσμωτική αφυδάτωση σε θερμοκρασία 55°C σε σχέση με το χρόνο.

Από το παραπάνω διάγραμμα μπορούμε με ευκολία να συγκρίνουμε την ελάττωση της ενεργότητας νερού στα διαφορετικά διαλύματα με την πάροδο του χρόνου. Διακρίνεται ξεκάθαρα ότι τα διαλύματα με την προσθήκη χυμού μήλου και ανάδευσης (2ης συνταγής) ωσμώθηκαν πολύ πιο γρήγορα συγκριτικά με τα διαλύματα χωρίς προσθήκη ανάδευσης και χυμό μήλου (1ης συνταγής). Αυτό ωφείλεται τόσο στα σάκχαρα του χυμού μήλου όσο και στην ανάδευση, επειδή ο φλοιός του ιπποφαούς είναι ιδιαίτερα ανθεκτικός η ωσμωτική είναι αρκετά αργή.

## Απώλεια νερού(WL)

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η απώλεια νερού στη θερμοκρασίες των 55°Cγια τα δείγματα της 1ης και 2ης συνταγής σε διάλυμα σιροπιού 30%, 40% και 50%:

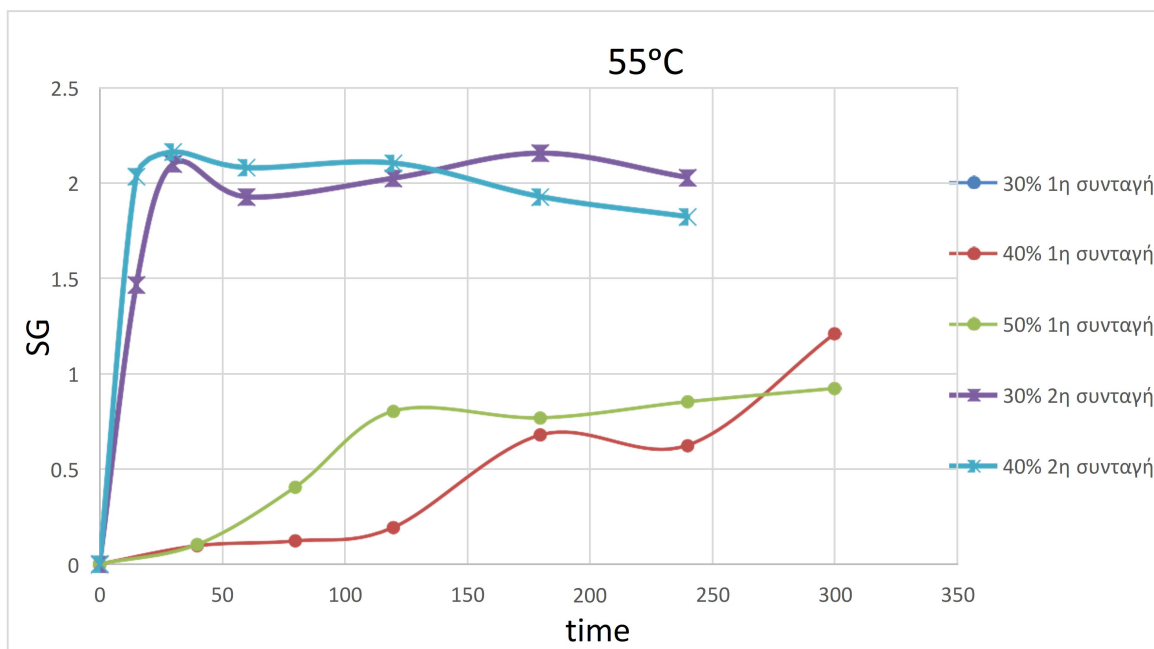


Σχήμα 4.25: Απώλεια νερού ωσμω – αφυδατωμένων δειγμάτων ιπποφαούς σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης με προσθήκη χυμό μήλου και ανάδευση σε σύγκριση με 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης χωρίς προσθήκη χυμού μήλου κατά την ωσμωτική αφυδάτωση σε θερμοκρασία 55°Cσε σχέση με το χρόνο.

Από το σχήμα παρατηρούμε μεγαλύτερη απώλεια στο δείγμα με τη προσθήκη μήλου και ανάδευσης από ότι στο δείγμα χωρίς. Η διαφορά είναι παρατηρήσιμη χωρίς όμως να είναι μεγάλη. Το δείγμα της 1ης συνταγής αυξάνει την απώλεια νερού με χαμηλότερο ρυθμό ενώ με την πάροδο του χρόνου πλησιάζει το ίδιο σημείο όπου είναι το δείγμα της 2ης συνταγής. Συμπερασματικά, τα δείγματα που είχαν ωσμωθεί με ανάδευση και με προσθήκη χυμού μήλου φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη απώλεια νερού από ότι τα δείγματα χωρίς.

## Πρόσληψη στερεών (SG)

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η πρόσληψη στερεών στη θερμοκρασίες των 55°C για τα δείγματα της 1ης και 2ης συνταγής σε διάλυμα σιροπιού 30%, 40% και 50%:

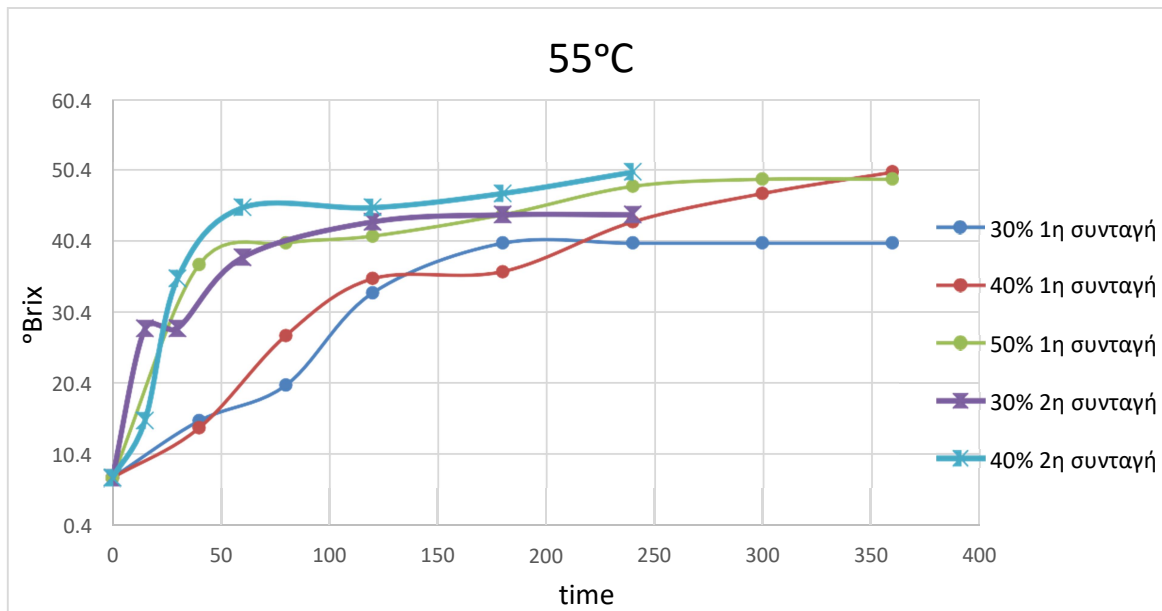


Σχήμα 4.26: πρόσληψη στερεών ωσμω - αφυδατωμένων δειγμάτων ιπποφαούς σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης με προσθήκη χυμό μήλου και ανάδευση σε σύγκριση με 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης χωρίς προσθήκη χυμό μήλου κατά την ωσμωτική αφυδάτωση σε θερμοκρασία 55°C σε σχέση με το χρόνο.

Από το διάγραμμα παρατηρούμε μεγάλη διαφορά στη πρόσληψη στερεών μεταξύ των δειγμάτων της 1ης και της 2ης συνταγής. Τα δείγματα που ωσμώθηκαν σε συνδυασμό με ανάδευση και προσθήκη χυμού μήλου έχουν υψηλό ρυθμό πρόσληψης στερεών τα πρώτα 40min της ώσμωσης ενώ από το χρονικό αυτό διάστημα και έπειτα φαίνεται να φτάνουν το σημείο ισοροπίας.

## Βαθμοί °BRIX

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η μεταβολή των βαθμών °BRIX στη θερμοκρασίες των 55°C για τα δείγματα της 1ης και 2ης συνταγής σε διάλυμα σιροπιού 30%, 40% και 50%:

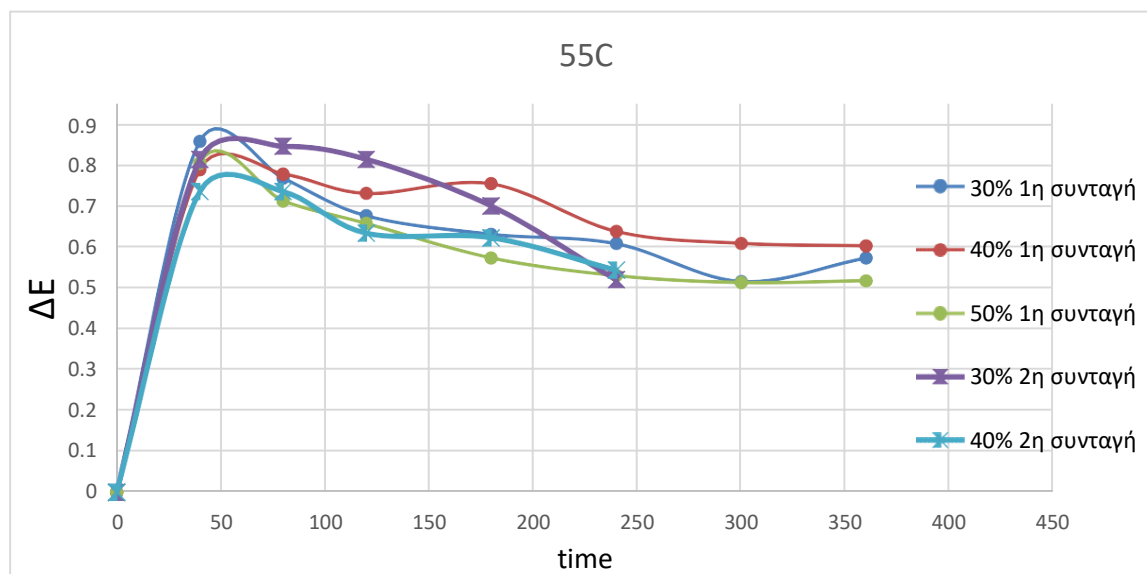


Σχήμα 4.27: Μεταβολή των βαθμών BRIX° ωσμο - αφυδατωμένων δειγμάτων ιπποφαούς σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης με προσθήκη χυμό μήλου και ανάδευση σε σύγκριση με 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης χωρίς προσθήκη χυμό μήλου κατά την ωσμωτική αφυδάτωση σε θερμοκρασία 55°C σε σχέση με το χρόνο.

Παρατηρώντας το διάγραμμα, τα δείγματα της 2ης και 3ης συνταγής έχουν αυξησει με μεγαλύτερο ρυθμό τους βαθμούς Brix° τους από ότι τα δείγματα της 1ης συνταγής. Υψηλότερες τιμές Brix° υπάρχουν σε συγκέντρωση διαλύματος 50% και 40% και αρκετά χαμηλότερες σε συγκέντρωση 30%. Συμπερασματικά, σε χαμηλή συγκέντρωση διαλύματος και χωρίς προσθήκη χυμού ή ανάδευσης, η μεταβολή των Brix° έχει αργό ρυθμό και χαμηλές τιμές.

## Μεταβολή χρώματος

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η μεταβολή του χρώματος στη θερμοκρασίες των 55°C για τα δείγματα της 1ης και 2ης συνταγής σε διάλυμα σιροπιού 30%, 40% και 50%:

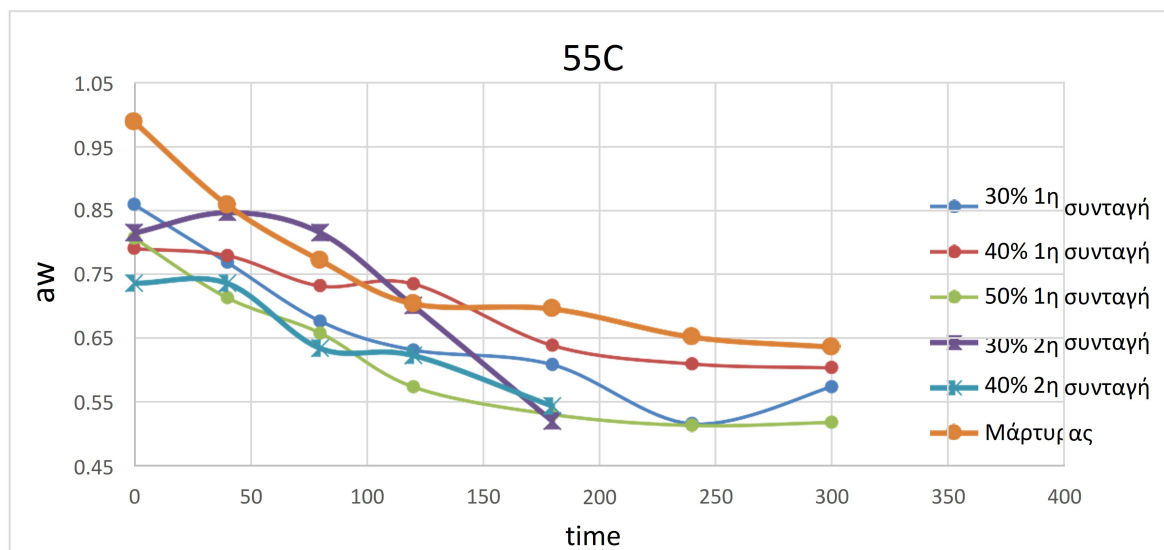


Σχήμα 4.27: Μεταβολή του χρώματος ωσμο - αφυδατωμένων δειγμάτων ιπποφαούς σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης με προσθήκη χυμό μήλου και ανάδευση σε σύγκριση με 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης χωρίς προσθήκη χυμό μήλου κατά την ωσμωτική αφυδάτωση σε θερμοκρασία 55°C σε σχέση με το χρόνο.

Από το διάγραμμα παρατηρούμε ότι τα δείγματα δεν παρουσιάζουν έντονη διαφορά μεταξύ τους ως προς την μεταβολή του χρώματός τους. Τα δείγματα με διάλυμα , 30% και 40% 1ης συνταγής καθώς και 40% 2ης συνταγής παραμένουν σταθερά ως προς το χρόνο, ενώ τα δείγματα με διάλυμα 30% 2ης συνταγής και 50% 1ης συνταγής μεταβάλλουν το χρώμα τους με μεγαλύτερο ρυθμό.

## Ενεργότητα ύδατος κατά τη διάρκεια της ξήρανσης ( $a_w$ )

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η μεταβολή της ενεργότητας ύδατος κατά τη διάρκεια της ξήρανσης στη θερμοκρασίες των 55°C για τα δείγματα της 1ης και 2ης συνταγής σε διάλυμα σιροπιού 30%, 40% και 50%:



Σχήμα 4.28: Μεταβολή της ενεργότητας ύδατος κατά τη διάρκεια της ξήρανσης ωσμω – αφυδατωμένων δειγμάτων ιπποφαούς σε συγκέντρωση ωσμωτικού διαλύματος 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης με προσθήκη χυμού μήλου και ανάδευση σε σύγκριση με 30% μίγμα γλυκοζιτών στεβιόλης- ερυθριτόλης χωρίς προσθήκη χυμού μήλου κατά την ωσμωτική αφυδάτωση σε θερμοκρασία 55°C σε σχέση με το χρόνο.

Από το διάγραμμα παρατηρούμε την αποτελεσματικότητα της ωσμωτικής αφυδάτωσης. Είναι έντονη η διαφορά που υπάρχει στην μεταβολή της ενεργότητας ύδατος μεταξύ μάρτυρα και ωσμω-αφυδατωμένων δειγμάτων. Τα διαλύματα της 2ης συνταγής και το διάλυμα περιεκτικότητας 50% ελάττωσαν την ενεργότητα τους ταχύτερα από ότι τα υπόλοιπα διαλύματα. Τα παραπάνω δείγματα απέκτησαν την επιθυμητή τιμή ενεργότητας πριν τα 200min αφυδάτωσης.



## 5.2 Συμπεράσματα – Προτάσεις

Καταλήγοντας, ο στόχος της διπλωματικής εργασίας ήταν η μελέτη της ωσμωτικής αφυδάτωσης σε δείγμα καρπού ιπποφαούς και ο συνδυασμός της με την ξήρανση με αέρα για τη δημιουργία αφυδατωμένων προϊόντων ιπποφαούς μεσαίας και χαμηλής υγρασίας, με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και βελτιωμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Κατά τη μελέτη της ωσμωτικής αφυδάτωσης αξιολογήθηκε η επίδραση εναλλακτικών ωσμωτικών μέσων (ερυθριτόλης/γλυκοζιτών στεβιόλης και γλυκερόλη) και χρήση ανάδευσης στην κινητική της αντίδρασης και στην ποιότητα των ωσμοαφυδατωμένων προϊόντων.

Η εφαρμογή της ωσμωτικής αφυδάτωσης ως μέθοδος προ – κατεργασίας της ξήρανσης με θερμό αέρα οδήγησε στη δημιουργία ξηρών προϊόντων ιπποφαούς με υψηλότερη ποιότητα και σε μικρότερο χρόνο. Επιπλέον, τα ωσμο – αφυδατωμένα δείγματα ιπποφαούς χαρακτηρίζονται από βελτιωμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως είναι το χρώμα και η γεύση συγκριτικά με τα μη προ – επεξεργασμένα αποξηραμένα προϊόντα ιπποφαούς.

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία προτείνονται τα ακόλουθα:

- Είναι αναγκαία η διεξαγωγή έρευνας για τη βελτίωση του αφυδατωμένου ιπποφαούς, καθώς δεν υπάρχει στη βιβλιογραφία πληθώρα επιστημονικών άρθρων που σχετίζονται με τα προ- επεξεργασμένα αποξηραμένα προϊόντα ιπποφαούς. Επομένως, περαιτέρω έρευνες και μελέτες σχετικά με τον τρόπο ξήρανσης αυτών των καρπών τόσο με παραδοσιακές όσο και με καινοτόμες μεθόδους θα κάλυπταν αυτά τα βιβλιογραφικά και ερευνητικά κενά.
- Η πραγματοποίηση πρόσθετων πειραμάτων με σκοπό τη μελέτη της διάρκειας ζωής και της υποβάθμισης των ποιοτικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων ιπποφαούς που έχουν υποστεί προκατεργασία με ωσμωτική αφυδάτωση και συμβατική ξήρανση με αέρα.
- Τα πειράματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν και σε βιομηχανική κλίμακα, καθώς και να γίνει ανάλυση κόστους και ενεργειακών απαιτήσεων για τη συνολική διεργασία της ξήρανσης, με προκατεργασία την ωσμωτική αφυδάτωση.
- Θα μπορούσε τέλος να μελετηθεί η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, του ωσμωτικού διαλύματος για πολλαπλούς κύκλους ώσμωσης, προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη εξοικονόμηση πόρων σχετικά με τη συγκεκριμένη διεργασία.



# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

1. Efterpi Christaki (2012). Hippophae Rhamnoides L. (Sea Buckthorn): A Potential Source of Nutraceuticals. *Food and Public Health*, 2(3): 69-72.
2. Farhat Batool, Asad Hussain Shan, Syed Dilnawaz Ahmed, Darakhshan Jabeen Haleem (2009). Oral Supplementation of Sea Buckthorn (Hippophae Rhamnoides L. Spp. Turkestanica) Fruit Extract Modifies Haloperidol Induced Behavioral Deficits and Increases Brain Serotonin Metabolism. *Journal of Food and Drug Analysis*, Vol. 17, No. 4, Pages 257-263
3. Sylwester Czaplicki & Dorota Ogradowska & Ryszard Zadernowski & Iwona Konopka (2017). Effect of Sea-Buckthorn (Hippophaë rhamnoides L.) Pulp Oil Consumption on Fatty Acids and Vitamin A and E Accumulation in Adipose Tissue and Liver of Rats. *Plant Foods Hum Nutr*, 10.1007/s11130-017-061
4. Charalampos Proestos (2018). Superfoods: Recent Data on their Role in the Prevention of Diseases, No. (3), Pg. 576-593
5. Basistha, B.C., Sharma, N.P., Lepcha, L. et al. (2010). Ecology of Hippophae salicifolia D. Don of temperate and sub-alpine forests of North Sikkim Himalayas—a case study. *Symbiosis* 50, 87–95.
6. Francisc V Dulf (2012). Fatty acids in berry lipids of six sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L., subspecies carpatica) cultivars grown in Romania. *Dulf Chemistry Central Journal*, 6:106

7. S.K. Shukla, V. Kumar (2013). Bioactive Foods and Supplements for Protection against Liver Diseases. Bioactive Food as Dietary Interventions for Liver and Gastrointestinal Disease.
8. Liu, Y., Sun, W., Liu, C. et al. (2015). Identification of Hippophae species (Shaji) through DNA barcodes. *Chin Med* 10, 28
9. P.S. Sunjka and G.S.V. Raghavan(2004). Assessment of pretreatment methods and osmotic dehydration for cranberries. *LE GÉNIE DES BIOSYSTÈMES AU CANADA*, V46, 3.36-3.39
10. Καλλιρρόη Παντελεάκη-Τουρκοδημήτρη(2016). Συνδυασμός ωσμωτικής προκατεργασίας και ξήρανσης με αέρα για την παραγωγή καινοτόμων αφυδατωμένων λαχανικών. Διπλωματική εργασία, σχολή χημικών μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
11. Gerber, F., Krummen, M., Potgeter, H., Roth, A., Siffrin, C., Spoendlin, C. (2004). Practical aspects of fast reversed-phase high-performance liquid chromatography using 3μm particle packed columns and monolithic columns in pharmaceutical development and production working under current good manufacturing practice. *Journal of Chromatography A*. 1036 (2): 127–133.
12. Marco Dalla Rosa, Francois Giroux (2000). Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management. *Journal of Food Engineering* 49 (2001) 223±236
13. Danila Torregiani (1993). Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International* 26 , 59-68.
14. Votanistas (2019). Η ξήρανση φυτικών υλών: Παράμετροι και μέθοδοι.

15. Efimia K. Dermesonlouoglou, Maria Gannakourou, Petros S. Taoukis (2016). Kinetic study of the effect of the osmotic dehydration pre-treatment with alternative osmotic solutes to the shelf life of frozen strawberry. *Food and bioprocesses processing* 99 , 212–221
  
16. Andriana E. Lazou, Efimia K. Dermesonlouoglou, Maria C. Giannakourou. (2020) Modeling and Evaluation of the Osmotic Pretreatment of Tomatoes (*S. lycopersicum*) with Alternative Sweeteners for the Production of Candied Products. *Food and Bioprocess Technology* , 13:948–961
  
17. Sheng – Dun Lin, Ching – Ching Lee, Jeng- Leun Mau, Li – Yuin, Shiow – Ying Chiou (2010). Effect of erythritol on quality characteristics of reduced – calorie Danish cookies. *Journal of Food Quality* 33 , 14–26.
  
18. Χαλκιά Αικατερίνη(2016). Μελέτη προ- επεξεργασίας με παλμικά ηλεκτρικά πεδία και ωσμωτική αφυδάτωση για την παραγωγή ξηρών προϊόντων Goji berry. Διπλωματική εργασία, σχολή χημικών μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
  
19. K. Regnat & R. L. Mach & A. R. Mach-Aigner (2017). Erythritol as sweetener— wherefrom and where to? *Applied Microbiology and Biotechnology* 102:587–595
  
20. Figen Kaymak Erteki, Temel Camaloz (1995). Osmotic dehydration of peas. Influence of osmosis on drying behavior and product quality. *Journal of Food Processing and Preservation* 20 , 105-119.
  
21. Charalampos Proestos (2018). Superfoods: Recent Data on their Role in the Prevention of Diseases. *Current Research in Nutrition and Food Science* Vol. 06, No. (3), Pg. 576-593
  
22. Aleksandra Zielińska, Izabela Nowak ( 2017). Abundance of active ingredients in seabuckthorn oil. *Lipids in Health and Disease* 16:95

23. Fernand A.R. Oliviera, Jorge C Oliviera (1999). Processing foods: quality optimization and process assessment. CRC Press.

24. R. Burke Johnson (1997). Examining the validity structure of qualitative research. *Education*, 118, 2, pg. 282

25. Σημειώσεις εργαστηρίου Επεξεργασίας ΙΙ, ΠΑΔΑ