



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

**«Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΠΕΡΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ
ΔΡΑΣΗ ΧΥΜΟΥ ΡΟΔΙΟΥ»**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΚΟΥΡΟΥΜΑΛΟΥ ΑΘΗΝΑ- ΜΑΡΙΑ



ΚΑΛΑΜΑΤΑ

2012

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

**«Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΠΕΡΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ
ΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΧΥΜΟΥ ΡΟΔΙΟΥ»**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΚΟΥΡΟΥΜΑΛΟΥ ΑΘΗΝΑ-ΜΑΡΙΑ

Εισηγητής:

Βαρζάκας Θεόδωρος Επίκουρος Καθηγητής ΑΤΕΙ Καλαμάτας

ΚΑΛΑΜΑΤΑ

2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου μελέτης συνέβαλαν κάπιοι άνθρωποι, που χωρίς την πολύτιμη βοήθεια τους δεν θα μπορούσα να την ολοκληρώσω.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της πτυχιακής μου εργασίας κ. Θεόδωρο Βαρζάκα, επίκουρο καθηγητή της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας του τμήματος Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων του ΑΤΕΙ Καλαμάτας, τόσο για τις πολύτιμες κατευθυντήριες οδηγίες, τη συνεχή καθοδήγηση και βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας, όσο και για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου με την ανάθεση της παρούσας εργασίας. Η αδιάκοπη καθοδήγηση και στήριξη που ανιδιοτελώς μου προσέφερε, αποτέλεσε βασικό θεμέλιο για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Οφείλω ακόμα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μου για τις πολύτιμες γνώσεις που μου μετέδωσαν με τη διδασκαλία τους όλα αυτά τα χρόνια, τους φίλους και συμφοιτητές μου για την κατανόηση, στήριξη και συμπαράσταση τους όλο αυτό το διάστημα.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου, την οικογένεια μου για την υποστήριξη, την ηθική και οικονομική συμπαράσταση, όχι μόνο κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς και για την αγάπη που πάντα μου προσφέρουν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες η κατανάλωση χυμού ροδιού μπορεί να προστατέψει τον ανθρώπινο οργανισμό από πλήθος ασθενειών και παθήσεων λόγω των συστατικών που περιέχει, τα οποία παρουσιάζουν ευεργετικές για την υγεία ιδιότητες. Τα δεδομένα αυτά έχουν καταστήσει το ρόδι ως ένα λειτουργικό τρόφιμο και η ζήτησή του τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί σημαντικά. Με αφορμή αυτές τις εξελίξεις επιχειρήθηκε να μελετηθεί η επίδραση της υπερυψηλής πίεσης και τις κλασικής θερμικής επεξεργασίας στις αντιοξειδωτικές ιδιότητες, στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (χρώμα, άρωμα, γεύση, οσμή), στη βιταμίνη C σε επεξεργασμένο χυμό ροδιού, καθώς επίσης και η επίδραση της θερμοκρασίας και της πίεσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του χυμού ροδιού. Επίσης, διαπιστώθηκε η επίδραση τόσο της θερμικής όσο και της μη θερμικής επεξεργασίας στη διατηρησιμότητα και διάρκεια ζωής του χυμού. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε ο ρόλος της υπερυψηλής πίεσης μετά από εφαρμογή σε ένα προϊόν με υψηλή αξία καθώς και ο συνδυασμός της με ήπια θέρμανση που έχει ως αποτέλεσμα την απενεργοποίηση ενδογενών ενζύμων, η δράση των οποίων υποβαθμίζει την ποιότητα τους.

Η υπερυψηλή πίεση, η οποία μελετήθηκε είναι μία μη θερμική μέθοδος επεξεργασίας τροφίμων, η οποία κερδίζει όλο και περισσότερο το ενδιαφέρον των ερευνητών και των βιομηχανιών τροφίμων. Η εφαρμογή της προτείνεται για την παραγωγή προϊόντων με ανώτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, χωρίς μεταβολές και αλλοιώσεις. Αυτό οφείλεται στο ότι συνδυάζει την απενεργοποίηση των μικροοργανισμών και ενζύμων με την παραγωγή τροφίμων ανεπηρέαστων από διάφορες μεταβολές και γι' αυτό καταχωρείται ως μια ήπια συντήρηση τροφίμων.

Λαμβάνοντας υπόψη τις δυνατότητες και τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η τεχνολογία της υπερυψηλής πίεσης σε σύγκριση με συμβατικές θερμικές μεθόδους επεξεργασίας τροφίμων, διαπιστώθηκε ότι η εφαρμογή της κατατάσσεται ως μια εναλλακτική μέθοδος συντήρησης για προϊόντα υψηλής διατροφικής και εμπορικής αξίας όπως είναι και ο χυμός ροδιού.

Λέξεις κλειδιά: χυμός ροδιού, μέθοδοι επεξεργασίας, προϊόντα υψηλής ποιότητας.

ABSTRACT

According to recent studies suggest that pomegranate juice contains ingredients that have beneficial properties for health and can act proactively to some certain, usual illnesses. These data have rendered the pomegranate one of functional food and the demand has increased significantly in recent years.

In response to these developments was the reason to study the effect of ultra-high pressure in the antioxidant properties, in the organoleptic characteristics (color, smell, taste, flavor) and in vitamin C in processed pomegranate juice, as well as the effect of temperature and pressure on qualitative characteristics of pomegranate juice. Also, with bibliographic application studied the effect of thermal and non thermal treatment methods in shelf life og juice. Concretely examined the role and the application of ultra-high pressure in high quality products such as pomegranate, also the combination with soft heating that it has the result of inactivation in endogenous ferments whoever their action downgrades their quality.

The ultra-high pressure which was studied is a non-thermal food processing method which has been proposed for the production of high quality products with superior organoleptic characteristics which is gaining more and more interest for researchers and food industries. This is due to the fact that under the specifications is one of the most promising methods for mild food preservation, against thermal since the use of hydrostatic pressure behind combines off microorganism and enzymes and food production unaffected by various changes.

Taking into consideration the possibilities and the advantages which the ultra-high pressure technology offers in compared with differences conventional thermal methods classified as an alternative method of preservation for high alimentary and commercial value products such as the pomegranate juice.

Keywords: pomegranate juice, treatment methods, high quality products.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευρετήριο εικόνων και πινάκων.....	7
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
Ο ΚΑΡΠΟΣ ΤΟΥ ΡΟΔΙΟΥ ΚΑΙ Η ΧΗΜΙΚΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΑΣΗ.....	11
1.1 Η ροδιά και η προέλευσή της.....	11
1.1.1 Παράδοση και συμβολισμοί.....	12
1.1.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά ροδιάς.....	13
1.2 Ωρίμανση –συγκομιδή- επεξεργασία ροδιού.....	14
1.2.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού και του χυμού του ροδιού.....	18
1.2.1.1 Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του καρπού για καλή εμπορική αξία.....	18
1.2.1.2 Παραγόμενα προϊόντα και υποπροϊόντα του ροδιού.....	19
1.2.2 Παράμετροι διασφάλισης ποιότητας του χυμού.....	20
1.2.3 Παράγοντες ποιοτικής υποβάθμισης του χυμού.....	21
1.3 Η χημική σύσταση του χυμού ροδιού και η θρεπτική του αξία.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
Η ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΧΥΜΟΥ ΡΟΔΙΟΥ.....	26
2.1 Τα αντιοξειδωτικά.....	26
2.1.1 Αντιοξειδωτικά και ελεύθερες ρίζες.....	27
2.1.2 Αντιοξειδωτικά στον καρπό του ροδιού.....	29
2.2 Λειτουργικές ιδιότητες του ροδιού.....	30
2.2.1 Η κατάσταση του ροδιού στα λειτουργικά τρόφιμα.....	33
2.3 Ο ρόλος των φαινολικών συστατικών του χυμού ροδιού.....	35

2.3.1 Οι ταννίνες.....	37
2.3.2 Τα φλαβονοειδή.....	37
2.3.3 Τα αλκαλοειδή.....	38
2.3.4 Τα οργανικά οξέα.....	38
2.4 Η συμβολή των φαινολικών συστατικών στην ανθρώπινη υγεία.....	39
2.5 Οι βιταμίνες του χυμού ροδιού και η δράση τους ως αντιοξειδωτικά.....	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΧΥΜΟΥ ΡΟΔΙΟΥ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ.....	45
3.1 Γενικά στοιχεία.....	45
3.2 Θερμική επεξεργασία.....	47
3.2.1 Μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα θερμικής επεξεργασίας.....	50
3.3 Μη θερμική επεξεργασία.....	51
3.3.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υπερυψηλής πίεσης.....	60
3.4 Οι επιπτώσεις της θερμικής και μη θερμικής κατεργασίας στα τρόφιμα.....	61
3.4.1 Οι επιπτώσεις της θερμικής και της μη θερμικής επεξεργασίας στην αντιοξειδωτική ικανότητα του χυμού ροδιού.....	62
3.4.2 Μεταβολές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του χυμού.....	66
3.4.3 Η επίδραση στη συγκέντρωση του περιεχόμενου ασκορβικού οξέος του χυμού ροδιού.....	69
3.4.4 Η επίδραση των θερμικών και των μη θερμικών μεθόδων στην ποιότητα και τη διάρκεια ζωής του χυμού ροδιού.....	71
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	78

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1.1 Η ροδιά (<i>Punica granatum L</i>).....	11
Εικόνα 1.2 Ο καρπός του ροδιού (<i>Punica granatum L</i>)	13
Εικόνα 1.3 Σχηματικό διάγραμμα ροής με τα βασικά στάδια επεξεργασίας του ροδιού.....	17
Εικόνα 3.1 Σωληνωτός εναλλάκτης θερμότητας για διεργασίες παστερίωσης βιομηχανικής κλίμακας.....	48
Εικόνα 3.2 Πλακοειδής εναλλάκτης θερμότητας για διεργασίες παστερίωσης βιομηχανικής κλίμακας.....	48
Εικόνα 3.3 Αυτοματοποιημένη μονάδα υπερευψηλής πίεσης σε οριζόντια διάταξη με μέγιστη πίεση λειτουργίας 600 MPa.....	53
Εικόνα 3.4 Αυτοματοποιημένη μονάδα υπερευψηλής πίεσης σε κάθετη διάταξη με μέγιστη πίεση λειτουργίας 600 MPa.....	53
Εικόνα 3.5 Χρωματογράφημα ελέγχου των επιμέρους χρωστικών ανθοκυανών του ροδιού.....	67
Εικόνα 3.6 Η συνολική μείωση των μεσόφιλων αερόβιων βακτηρίων μετά από επεξεργασία με υψηλή υδροστατική πίεση και θερμική παστερίωση.....	73

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1.1 Η θρεπτική αξία του ροδιού.....	25
Πίνακας 3.1 Τα πρώτα προϊόντα που επεξεργάστηκαν με την τεχνολογία της υψηλής υδροστατικής πίεσης.....	54
Πίνακας 3.2 Επίδραση των υψηλών υδροστατικών πιέσεων σε μικροοργανισμούς.....	58
Πίνακας 3.3 Συγκέντρωση πολυφαινολικών συστατικών (g/L γαλλικού οξέος) του χυμού ροδιού σε συνάρτηση με την πίεση, την θερμοκρασία και το χρόνο παραμονής.....	64
Πίνακας 3.4 Η επίδραση της εφαρμογής της υπερευψηλής πίεσης και του χρόνου, στο περιεχόμενο ασκορβικό οξύ μετά από επεξεργασία.....	70

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι χυμοί φρούτων αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ανθρώπινης διατροφής και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι περιέχουν συστατικά όπως βιταμίνες, ιχνοστοιχεία, φυτικές ίνες και άλλα στοιχεία πολύ σημαντικά για την ανθρώπινη υγεία. Στην κατηγορία αυτή ανήκει και ο χυμός ροδιού ο οποίος λόγω της ευχάριστης γεύσης του, του αρώματος, του χρώματος και των ευεργετικών συστατικών που περιέχει, έχει μεγάλη αποδοχή από το καταναλωτικό κοινό. Το ρόδι ονομάζεται από πολλούς ως ο «κόκκινος χρυσός» αφού μια πληθώρα ερευνητικών εργασιών αποδεικνύουν την υψηλή διατροφική του αξία. Ερευνητές από διάφορους κλάδους φαρμακευτικής, φαρμακολογίας και διατροφολογίας δείχνουν έντονο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια για το ρόδι λόγω των διαφορετικών, πολλαπλών, βιολογικών δραστηριοτήτων που παρουσιάζει, όπως της αντιοξειδωτικής δράσης του που θα εξεταστεί στην παρούσα εργασία.

Η εργασία αυτή, έχει ως αντικείμενο τη μελέτη της χημικής σύστασης, των συστατικών, των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων του ροδιού, καθώς και της συμβολής του στην ανθρώπινη υγεία. Σκοπός επίσης ήταν να αναφερθούν οι διάφορες μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ροδιού αλλά και οι μη θερμικές, όπου και οι τελευταίες γνωρίζουν τεράστιο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια στις διάφορες βιομηχανίες τροφίμων. Σημαντικό ήταν επίσης να μελετηθεί και πια επίδραση έχουν οι συγκεκριμένες μέθοδοι και πώς επηρεάζουν την τελική μορφή του χυμού. Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην επίδραση της θερμικής επεξεργασίας αλλά και της μη θερμικής επεξεργασίας της υπερυψηλής πίεσης στις αντιοξειδωτικές ιδιότητες και σε βασικούς ποιοτικούς δείκτες όπως τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (χρώμα, άρωμα, γεύση) και η περιεχόμενη βιταμίνη C του χυμού ροδιού. Τέλος, αναλύθηκε το κατά πόσον επηρεάζεται η διατηρησιμότητα και η διάρκεια ζωής του χυμού ροδιού κατά την επεξεργασία και μετά από αυτήν, στο στάδιο της αποθήκευσής του σε συσκευασία.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το έντονο ενδιαφέρον για τη ροδιά, την καλλιέργειά της και τους πολύτιμους καρπούς της έχει αυξηθεί κατά το τελευταίο χρονικό διάστημα. Η αύξηση αυτή οφείλεται στις πολλές χρήσεις που επιφέρει το δέντρο γενικά και ειδικά οι καρποί του λόγω των πολλών ευεργετικών ιδιοτήτων που έχουν και που προσφέρουν στους καταναλωτές. Τα τελευταία χρόνια ένας ολοένα αυξανόμενος αριθμός ατόμων έχει αρχίσει να υιοθετεί ένα περισσότερο «υγιεινό» τρόπο ζωής ως μέσον πρόληψης ασθενειών που σχετίζονται με την αύξηση του προσδόκιμου χρόνου ζωής (καρδιαγγειακά νοσήματα, καρκίνος, άνοια κ.α) με επακόλουθο να αυξηθεί η ζήτηση για διατροφικά προϊόντα, τα οποία εκτός των θρεπτικών ιδιοτήτων τους, να έχουν και ευεργετική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία του καταναλωτή.

Η τάση αυτή ενισχύεται από μελέτες που δείχνουν ότι η συχνότητα εκδήλωσης ασθενειών μειώνεται σημαντικά σε ομάδες ανθρώπων που διατρέφονται κυρίως με φρούτα και λαχανικά. Σήμερα, οι καταναλωτές και η βιομηχανία τροφίμων έχουν εστιάσει μεγάλο τμήμα του ενδιαφέροντος τους στην ανάπτυξη και παραγωγή νέων λειτουργικών τροφίμων. Τα τρόφιμα της κατηγορίας αυτής εκτός από την κάλυψη βασικών διατροφικών αναγκών διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον ανθρώπινο οργανισμό στον τομέα πρόληψης των ασθενειών ή επιβράδυνσης της προόδου των χρόνιων παθήσεων. Τα νέα δεδομένα υποδεικνύουν πως η υγεία μας σχετίζεται άμεσα με τη διατροφή μας. Πέρα από τη γνωστή αρχή ότι η κατανάλωση πολλών λιπαρών οδηγεί στην παχυσαρκία, η επιστήμη έχει κάνει ένα βήμα παραπέρα. Πλέον τα συστατικά των τροφίμων μελετώνται διεξοδικά και μπορεί να διαπιστωθεί η επίδρασή τους στις λειτουργίες του οργανισμού σε επίπεδο κυττάρου και μορίων.

Παρότι έως σήμερα δεν έχει πλήρως διευκρινιστεί ποιά από τα συστατικά που εμπεριέχονται στα φυτικής προέλευσης τρόφιμα, ασκούν προστατευτικό ρόλο στην υγεία του ανθρώπου, εντούτοις υπάρχουν πολλαπλές ενδείξεις-αποδείξεις που αποδίδουν έναν ουσιαστικό ρόλο στην πρόληψη των χρόνιων ασθενειών. Τα φυτά αποτελούν μια ιδιαίτερα πλούσια πηγή των παραπάνω μορίων αφού παράγουν αρκετά από αυτά και λειτουργούν ως δευτερογενείς μεταβολίτες για την ικανοποίηση μιας σειράς λειτουργικών αναγκών. Οι πολυφαινόλες (φλαβονοειδή, φαινολικά οξέα) αποτελούν τη σημαντικότερη κατηγορία βιοδραστικών μορίων

αφού λόγω της σημαντικής τους αντιοξειδωτικής δράσης, είναι διαπιστωμένο ότι ασκούν μια σαφώς ευεργετική επίδραση στην υγεία του ανθρώπου. Άλλωστε είναι πλέον γνωστό ότι η ανεπαρκής πρόσληψη διαιτητικών αντιοξειδωτικών οδηγεί στην οξειδωτική καταστροφή των πρωτεϊνών, των λιπιδίων και του DNA, με αποτέλεσμα την εκδήλωση πολλών χρόνιων παθήσεων και ασθενειών.

Παρόλα αυτά το ερευνητικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται σε συστατικά τροφίμων που δρουν ευεργετικά ή κατασταλτικά σε διάφορες, ασθένειες της εποχής μας όπως ο καρκίνος, ο διαβήτης, οι καρδιαγγειακές παθήσεις και το Αλτσχάιμερ. Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει, πολλά συστατικά όπως βιταμίνες, ω-3 λιπαρά οξέα, τανίνες, ανθοκυανίνες μπορούν να έχουν θετική επίδραση σε διάφορες ασθένειες. Οι βιομηχανίες τροφίμων τα τελευταία χρόνια έχουν προωθήσει στην αγορά πολλά τρόφιμα εμπλουτισμένα με συστατικά που θεωρούνται ωφέλιμα για την υγεία ή τρόφιμα ήπιας επεξεργασίας που διατηρούν ανέπαφα τα πολύτιμα συστατικά τους. Αυτά τα νέα προϊόντα των οποίων η ευεργετική δράση έχει υποστηριχτεί από έρευνες και πιστοποιηθεί από αρμόδιους οργανισμούς ονομάζονται λειτουργικά τρόφιμα. Οι βιομηχανίες τροφίμων έχουν επενδύσει τα τελευταία χρόνια πολλά χρήματα στην έρευνα και την ανάπτυξη λειτουργικών τροφίμων, καθώς η ζήτησή τους ολοένα και αυξάνεται.

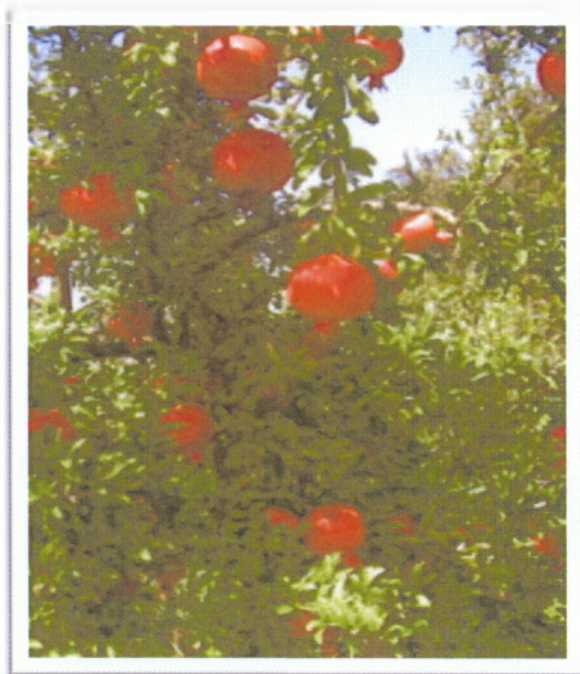
Ένα τρόφιμο με τεκμηριωμένη θρεπτική και θεραπευτική αξία εξαιτίας της διατροφικής και θεραπευτικής του λειτουργίας που έχει γνωρίσει τεράστια ανάπτυξη και εφαρμογή είναι ο καρπός του ροδιού. Το φρούτο αυτό θεωρείται ένα τρόφιμο με πολλές ευεργετικές για τον άνθρωπο ιδιότητες καθώς περιέχει μεγάλες ποσότητες φαινολικών συστατικών. Τα συστατικά αυτά έχουν έντονη αντιοξειδωτική δράση και μπορούν να προστατέψουν τον οργανισμό από διάφορες παθήσεις. Σε αυτήν την αντιοξειδωτική δράση του ροδιού και των προϊόντων του οφείλεται και η μεγάλη προσφορά στην αγορά όχι μόνο χυμών ροδιού αλλά και προϊόντων που περιέχουν εκχυλίσματα ροδιού όπως επιδόρπια γιαουρτιού, παγωτά, ροφήματα γάλακτος, χυμοί άλλων φρούτων, όπως χυμοί εσπεριδοειδών. Ακόμη, υπάρχουν εμπορικά διαθέσιμα προϊόντα με βάση το ρόδι όπως μαρμελάδες και ηδύποτα. Πέρα από τη χρήση του στα τρόφιμα, τις ευεργετικές ιδιότητες του ροδιού εκμεταλλεύονται και οι φαρμακοβιομηχανίες παράγοντας καλλυντικά και σαπουνία με εκχυλίσματα ροδιού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Ο ΚΑΡΠΟΣ ΤΟΥ ΡΟΔΙΟΥ ΚΑΙ Η ΧΗΜΙΚΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΑΣΗ

1.1 Η ροδιά και η προέλευση της

Η ροδιά θεωρείται το παλαιότερο καλλιεργούμενο καρποφόρο δέντρο και η ιστορία της χάνεται στα βάθη των περασμένων χρόνων. Η αρχική της ονομασία ήταν *Punica granatum L.* Όπου η λέξη *Punica* είναι η ρωμαϊκή ονομασία της πόλης της Τυνησίας από όπου τα καλύτερα ρόδια έφθασαν στην Ιταλία. Ήταν γνωστή με το όνομα *Malum punicum* που σήμαινε ρόδο της γης. Στη συνέχεια της δόθηκε το όνομα *granatum* από το Λιναίο. Ο de Candolle υποστηρίζει πως η ονομασία *Punica* προέρχεται από το πορφυρό χρώμα των βλαστών, του άνθους και του καρπού της ροδιάς. Ανήκει στην οικογένεια *Punicaceae*. Το όνομα της στα Λατινικά



Εικόνα 1.1 Η ροδιά (*Punica granatum*)

Πηγή: (<http://www.huntigbotanical.org>)

σημαίνει «μήλο που φέρει πολλά σπέρματα» (Στυλιανίδης κ.α., 2009). Η ροδιά κατάγεται από την Περσία, το σημερινό Ιράν και από εκεί διαδόθηκε στη Β. Ινδία. Στη συνέχεια διαδόθηκε στην Ευρώπη, Ασία και Αφρική. Είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στην Ινδία, το Ιράν και το Ιράκ. Στην Ελλάδα ήρθε από την Κύπρο (Βαχαμίδης και Βέμμος, 2009). Η ροδιά έχει χρησιμοποιηθεί για την παραλαβή του χυμού των καρπών της, για την παρασκευή ποτών, για την παραγωγή βαφών, μελανιών, για καλλωπιστικούς σκοπούς, για κατεργασία δερμάτων και για τη συμμετοχή του σε ποικιλία ιαμάτων για αντιμετώπιση διαφόρων ασθενειών.

1.1.1 Παράδοση και συμβολισμοί

Ο καρπός του ροδιού αποτελεί μέρος της κουλτούρας και του πολιτισμού πολλών λαών γι' αυτό και έχει πολλούς συμβολισμούς. Συμβολίζει τη γονιμότητα, την καλοτυχία, την αφθονία, τη μακροζωία, τον ερωτισμό, τον ευτυχημένο γάμο, την ευκαρπία αλλά αποτελεί και σύμβολο του Κάτω Κόσμου (Δρογούδη, 2009; Γάτσιος, 2010). Αποτελούσε σύμβολο της θηλυκότητας και της θεάς Αφροδίτης ειδικότερα. Η ακινησία των σπόρων στο εσωτερικό του καρπού για ορισμένους συμβολίζει την ειρήνη και την ευημερία.

Στην αρχαία Κίνα αποτελούσε σύμβολο μακροβιότητας, αθανασίας, ιερού, ευτυχημένου μέλλοντος. Γι' αυτό συνηθίζεται σαν ένα δώρο γάμου στην Κίνα να προσφέρεται μια εικόνα με ένα ανοιχτό ώριμο ρόδι.

Στην Ελληνική μυθολογία επίσης η ροδιά κατέχει περίοπτη θέση και συμβολίζει τη γονιμότητα και την αφθονία. Το φρούτο ήταν αφιερωμένο στην Ήρα, η οποία πάντα στα γλυπτά παριστάνεται να κρατά μια ροδιά. Επίσης, ο Πλούτωνας απήγαγε την Περσεφόνη μεταφέροντάς την στον Κάτω Κόσμο προσφέροντάς της ένα ρόδι από το οποίο έφαγε μόνο λίγα σπόρια. Αυτό την καταδίκασε να περνά το μισό χρόνο του έτους με τον Πλούτωνα (χειμώνας) και τον υπόλοιπο με τους ζωντανούς στον Επάνω Κόσμο (καλοκαίρι), (Δρογούδη, 2009).

Εξαιτίας της μακράς ιστορίας της ροδιάς σαν καλλιεργούμενο φυτό, χρησιμοποιήθηκε και για άλλους λόγους εκτός από την τροφή. Μνημονεύεται στην λαογραφία πολλών λαών, είναι δημοφιλής στην Αιγυπτιακή μυθολογία, τη Βίβλο και άλλες αρχαίες γραφές. Ο κατακόκκινος χυμός χρησιμοποιούταν συχνά ως μελάνι στους αρχαίους χρόνους. Επίσης, λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής των ροδιών σε θερμοκρασία δωματίου, τα κουβαλούσαν στα μεγάλα ταξίδια μέσα στην έρημο ως πηγή νερού και τροφής.

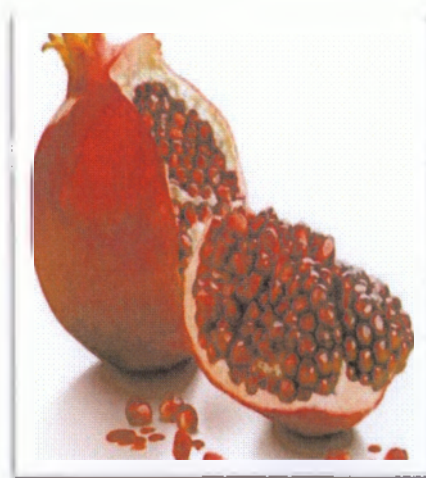
Το ρόδι αποτελεί μέρος και της σύγχρονης παράδοσης. Στην Κίνα πιστεύουν πως τρώγοντας ένα ρόδι θα έχουν τύχη, ενώ στην Ελλάδα κυρίως αν το σπάσουμε την Πρωτοχρονιά θεωρείται καλοτυχία. Μέσα από αυτά αλλά και πολλά ακόμη παραδείγματα που υπάρχουν στα ήθη και έθιμα διαφόρων λαών και παραδόσεων, διαπιστώνεται ότι το ρόδι τυγχάνει ξεχωριστής εκτίμησης από

διάφορους πολιτισμούς αφού έχει περιβληθεί με συμβολισμούς που αφορούν τη γονιμότητα, τη ζωή και το θάνατο.

Σήμερα, η σοφία των αρχαίων πολιτισμών επιβεβαιώνεται με τον καλύτερο τρόπο μέσα από τις επιστημονικές έρευνες. Πλήθος μελετών ονομάζουν το ρόδι ως «κόκκινο χρυσό» και αποδεικνύουν πως υπάρχουν πολλοί λόγοι που επιβάλλουν την κατανάλωση ροδιού λόγω της υψηλής διατροφικής του αξίας. Συγκεκριμένα, η αυξημένη κατανάλωση χυμού ροδιού, λόγω του υψηλού επιπέδου αντιοξειδωτικών που διαθέτει (πολυφαινόλες, αθοκυανίνες, τανίνες), βρέθηκε πως μπορεί να αποτρέψει την ανάπτυξη των καρκινικών όγκων, τον ιό HIV-1, την οξείδωση της hHDL και την αρτηριοσκλήρωση καθώς και να μειώσει τα συμπτώματα κατάθλιψης και απώλειας οστικής μάζας κατά την εμμηνόπαυση. Επίσης, αφέψημα από το φλοιό ροδιού έχει βρεθεί πως έχει αντιική και μυκοτοκτόνο δράση καθώς και πολλές άλλες θετικές για την υγεία του ανθρώπου ιδιότητες (Δρογούδη, 2009).

1.1.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά ροδιάς

Η ροδιά (*Punica granatum* Linnaeus) είναι φυτό του γένους πουνική (*Punica*) της οικογένειας πουνακίδες (*Punicaceae*). Ανήκει στην τάξη Μυρτώδη (*Mirtales*). Το γένος πουνική περιλαμβάνει δυο είδη, με σημαντικότερη την Πουνική τη ροιά ή ροιά η κοινή (*Punica granatum*). Αυτή είναι η γνωστή με την κοινή ονομασία ροδιά. Η ροδιά είναι ένα όμορφο δέντρο, ύψους 2-5μ., με ευλύγιστα κλαδιά, αγκαθωτά στην κορυφή. Τα μικρά φύλλα, λογχοειδή και ακέραια, είναι στίλβοντα και στην αρχή κοκκινίζουν. Τα μεγάλα άνθη είναι μονήρη και ωραία γι' αυτό και το δέντρο χρησιμοποιείται συχνά στους κήπους και στα πάρκα για καλλωπιστικούς σκοπούς. Έχουν κάλυκα δερματώδη, έντονα κόκκινο ή πορφυρό, με πολυάριθμα πέταλα, κόκκινα ή



Εικόνα 1.2 Ο καρπός του ροδιού (*Punica granatum*)

(Πηγή: <http://www.huntingbotanical.org>)

λευκά με κόκκινες κηλίδες και στήμονες πιο πολλούς από τα πέταλα με κίτρινους ανθήρες. Ο καρπός είναι ράγα, σφαιρικός και στην αντίθετη θέση του ποδίσκου φέρει τα απομεινάρια των σέπαλων του κάλυκα, σαν διάδημα. Φέρει μεγάλο αριθμό καρπιδίων τα οποία περιβάλλονται από μια λευκή μεμβράνη και ωριμάζει 6-7 μήνες μετά την άνθηση (Stover & Mercure, 2007).

Βοτανικά χαρακτηρίζονται ως σίδια. Εξωτερικά αποτελούνται από σκληρό, δερματώδες περικάρπιο που έχει χρώμα κίτρινο, κιτρινοκαστανόμαυρο, κίτρινο με αποχρώσεις κόκκινου ή κόκκινο ζωηρό ανάλογα με την ποικιλία (Βαχαμίδης και Βέμμος, 2009). Εσωτερικά από τους πρισματικούς κόκκους, ρόδιους με γυάλινη όψη, που περιέχουν ο καθένας ένα μικρό σπέρμα. Αυτοί οι κόκκοι έχουν γεύση ξινή, αρωματική και είναι χωρισμένοι σε ομάδες από λεπτά μεμβρανώδη διαφράγματα που έχουν χρώμα κίτρινο ανοιχτό και γεύση πικρή. Το ρόδι τρώγεται ώριμο και νωπό. Από τον χυμό του παρασκευάζονται δροσιστικά ποτά και σιρόπια. Χρησιμοποιείται επίσης και στην Παρασκευή κρασιών. Ο φλοιός των καρπών είναι πλούσιος σε ταννίνη και χρησιμοποιείται για την κατεργασία των δερμάτων και τη βαφή μαλλιών. Αφέψημα του φλοιού του καρπού και της ρίζας χρησιμοποιείται ως ανθελμινθικό γιατί περιέχει αλκαλοειδές.

Στην Ελλάδα η ροδιά καλλιεργείται από την ομηρική εποχή. Δεν υπάρχουν συστηματικοί οπωρώνες ροδιάς αλλά υπάρχουν μεμονωμένα δέντρα ή μικρές ομάδες σε διάταξη φράκτη, σε κήπους ή αγροκτήματα. Υπάρχουν πολλές παραλλαγές. Οι σημαντικότερες είναι οι οξύκαρπες (ξινόρροδα) και γλυκόκαρπες (γλυκόρροδα). Καλλιεργούνται επίσης για καλλωπιστικούς σκοπούς και νάννες ποικιλίες.

1.2 Ωρίμανση-συγκομιδή-επεξεργασία ροδιού

Η ωρίμανση του καρπού προσδιορίζεται από την ογκομετρούμενη οξύτητα και τα °Brix ανάλογα με την ποικιλία ή και από το χρώμα του χυμού. Οι τιμές εξαρτώνται από την ποικιλία. Ορισμένοι παραγωγοί συλλέγουν τους καρπούς τους όταν χτυπώντας τους βγάζουν έναν ήχο μετάλλου. Οι Ozgen *et al.* (2008) και οι Al-Said *et al.* (2009) αναφέρουν ότι το χρώμα του καρπού και των καρπιδίων αποτελεί δείκτη συλλεκτικής ωρίμανσης του καρπού. Η ωρίμανση ξεκινά τα τέλη

Αυγούστου για τις πρώιμες ποικιλίες και φτάνει τα τέλη Νοεμβρίου για τις όψιμες. Η εποχή της ωρίμανσης διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία και τις καιρικές συνθήκες.

Η συγκομιδή των καρπών γίνεται είτε χειρονακτικά είτε μηχανικά. Πλέον υπάρχουν μηχανήματα που οδηγούνται ανάμεσα στις συστοιχίες δέντρων και συλλέγουν τους καρπούς από τα δέντρα αυξάνοντας έτσι την απόδοση της παραγωγής. Η συλλογή γίνεται σε 2-5 χέρια (Βαχαμίδης και Βέμμος, 2009). Η συγκομιδή θα πρέπει να γίνεται κατά την πλήρη ωρίμανση του καρπού καθώς το ρόδι είναι κλιμακτηριακός καρπός. Κατά τη συγκομιδή και μεταφορά θα πρέπει να είμαστε προσεκτικοί στους χειρισμούς για να μην προκληθούν τραύματα στον φλοιό και να τοποθετούνται προσεκτικά στα κιβώτια μεταφοράς (Munoz, 2000). Η συντήρηση των καρπών γίνεται σε κοινή ψύξη 5-8 °C και σχετική υγρασία 90-95% για 4 μήνες (Hess-Pierce & Kader, 2006).

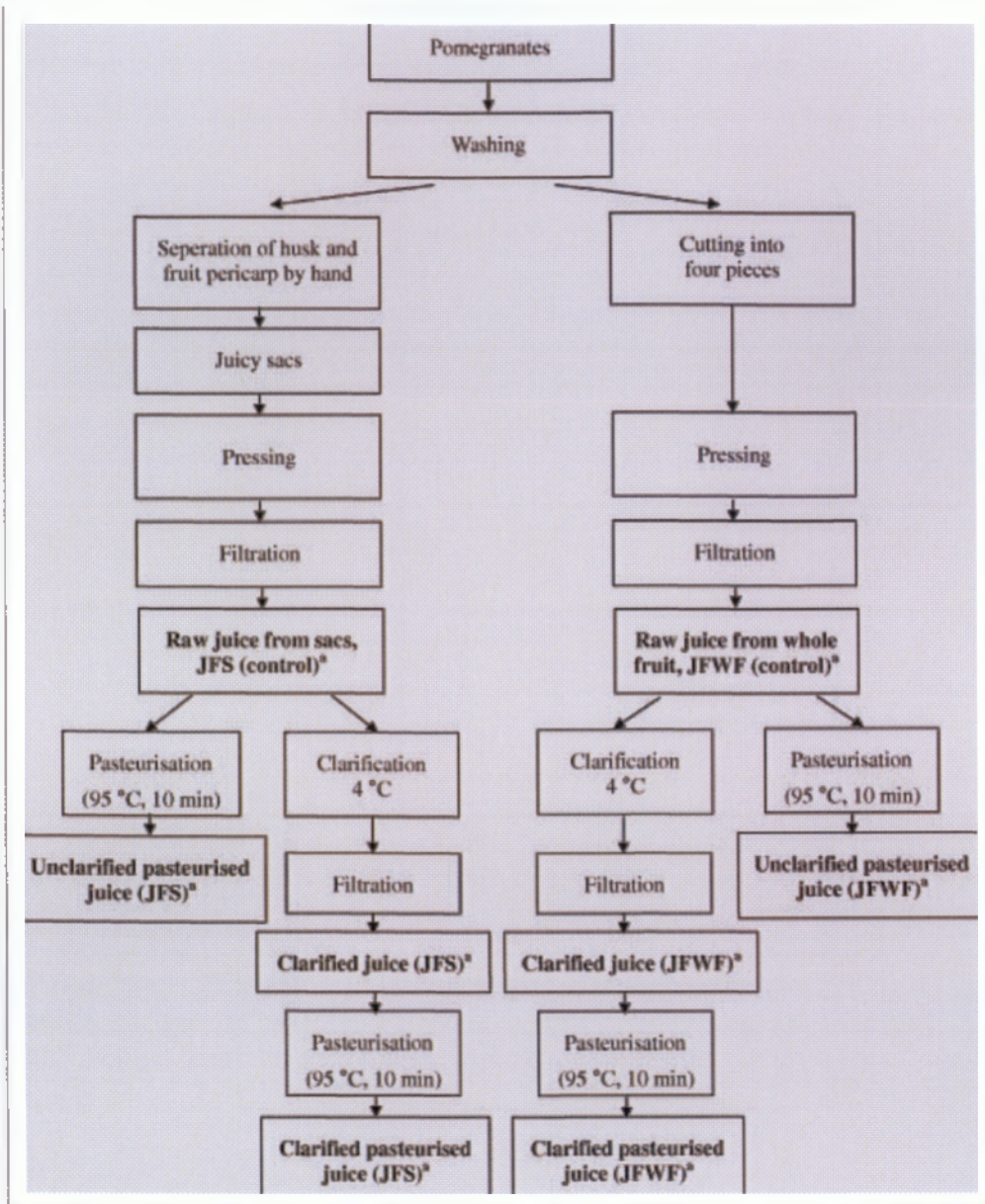
Σε επόμενο στάδιο της επεξεργασίας των καρπών ελέγχονται και πλένονται εξωτερικά με νερό ή άλλα απολυμαντικά μέσα. Στη συνέχεια οδηγούνται προς εκχύμωση. Υπάρχουν πολλοί τρόποι παραλαβής του χυμού οι οποίοι εξαρτώνται από το είδος του καρπού. Διάφορες εταιρείες έχουν κατασκευάσει εκχυμωτές που συνήθως βασίζονται στην σύνθλιψη ολόκληρου του καρπού ή στη συμπίεσή του αφού κοπεί στα δυο (Nagy, 1993).

Στην περίπτωση του ροδιού συνήθως απομονώνονται τα αρίλια από το φλοιό και στη συνέχεια συμπιέζονται ή φυγοκεντρούνται. Για την παραλαβή όσο γίνεται περισσότερου χυμού τα αρίλια μπορεί να συμπιεστούν αρκετές φορές και στη συνέχεια να φυγοκεντρηθούν. Η συμπίεση πρέπει να γίνεται με προσοχή ώστε να μην περάσουν στο χυμό ανεπιθύμητες ουσίες από τα σπόρια. Επίσης, καθώς συχνά μέρος του χυμού συγκρατείται στην κυτταρική δομή του καρπού, χρησιμοποιούνται πηκτινολυτικά και κυτταρινολυτικά ένζυμα όπως η πηκτινο-τρανσελιμινάση (pectin transeliminase), η πηκτιν-μεθελεστεράση, η πολυγαλακτουρονάση και η πηκτινολυάση που μειώνουν το ιξώδες και αυξάνουν τη διαπερατότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων επιτρέποντας τη διάχυση των υδατοδιαλυτών συστατικών και αυξάνοντας την απόδοση σε χυμό. Η ενζυμική αυτή επεξεργασία γίνεται πριν τη συμπίεση του φρούτου και λαμβάνει χώρα σε

αντιδραστήρες όπου πρέπει να τηρούνται τα όρια της θερμοκρασίας και του pH για να επιτευχθεί η μέγιστη λειτουργικότητα των ενζύμων (Nagy *et al.*, 1993).

Σε επόμενο στάδιο πραγματοποιείται η διαύγαση του χυμού καθώς διάφορα σωματίδια του φυτού και μη διαλυτά συστατικά όπως ίνες, άμυλο και πολυφαινόλες τον καθιστούν θολό. Ανάλογα με το επιθυμητό τελικό προϊόν οι ουσίες αυτές πρέπει να απομακρυνθούν εν μέρει ή πλήρως για την αποφυγή μελλοντικού θολώματος αλλά και την βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (γεύση, χρώμα, άρωμα). Για τη διαύγαση χρησιμοποιούνται πηκτινολυτικά ένζυμα ή κολλοειδή διαλύματα (πυριτικό οξύ) και άλλα μέσα διαύγασης όπως (μπετονίτης) των οποίων η δράση βασίζεται στην επιφανειακή τους ενεργότητα και το φορτίο τους. Η ζελατίνη είναι ένα ακόμη μέσο διαύγασης που προσροφά τα αρνητικά φορτισμένα σωματίδια όπως οι πολυφαινόλες. Η διαύγαση του χυμού μπορεί να γίνει και με φυγοκέντρηση όπου απομακρύνονται οι ίνες και με διήθηση μέσα από φίλτρα. Ακολουθεί η απαέρωση για απομάκρυνση του διαλυμένου οξυγόνου που μπορεί να προκαλέσει οξειδωση και τέλος ακολουθεί η παστερίωση και η ασηπτική συσκευασία του χυμού.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι παστερίωσης χυμού με πιο κοινή την παστερίωση με θέρμανση. Η διαδικασία της παστερίωσης είναι η πιο κρίσιμη αφού είναι το στάδιο το οποίο ορίζει την διατηρησιμότητα του προϊόντος. Καθώς όμως τα θρεπτικά συστατικά του χυμού είναι ευαίσθητα στις μεγάλης διάρκειας υψηλές θερμοκρασίες, προτιμούνται σύντομες επεξεργασίες υψηλής θερμοκρασίας που ακολουθούνται από ταχεία κατάψυξη. Άλλες μέθοδοι είναι η ακτινοβολήση και η παστερίωση με υπερυψηλή πίεση. Τελευταία μελετώνται και άλλες εναλλακτικές μη θερμικές τεχνολογίες (ψυχρή παστερίωση) όπως οι υπέρυχοι, τα υψηλής συχνότητας παλλόμενα ηλεκτρικά πεδία και η υπερυψηλή πίεση (Brown *et al.*, 2007).



Εικόνα 1.3 Σχηματικό διάγραμμα ροής με τα βασικά στάδια επεξεργασίας του ροδιού.

1.2.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού και του χυμού ροδιού

Τα χαρακτηριστικά που έχουν μετρηθεί σε διάφορες ποικιλίες και αποτελούν ένα από τα κριτήρια αξιολόγησης της ποιότητας των καρπών στη ροδιά είναι το pH και η ογκομετρούμενη οξύτητα που αποτελεί δείκτη της έντασης της όξινης γεύσης και για πολλούς καταναλωτές αποτελεί το κυριότερο χαρακτηριστικό προτίμησης για την αγορά και την κατανάλωση του ροδιού. Το κυριότερο οργανικό οξύ που απαντάται στο χυμό ροδιού είναι το κιτρικό. Ένα άλλο ποιοτικό χαρακτηριστικό του χυμού ροδιού είναι η περιεκτικότητα σε σάκχαρα. Ο χυμός ροδιού είναι πλούσιος σε σάκχαρα και διάφορες μελέτες έχουν προσδιορίσει τα σάκχαρα που απαντώνται καθώς και τη συγκέντρωσή τους. Παρόλα αυτά το κυριότερο ποιοτικό χαρακτηριστικό του χυμού ροδιού είναι η αντιοξειδωτική του δράση και η συγκέντρωση ολικών φαινολών. Πολλοί καταναλωτές στρέφονται στην κατανάλωση του ροδιού κυρίως για την πλούσια αντιοξειδωτική του δράση και τις ευεργετικές του ιδιότητες και πιθανόν είναι αυτός ο λόγος μεγάλης αύξησης της παραγωγής και κατανάλωσης του ροδιού τα τελευταία χρόνια. Τέλος η κατανάλωση χυμού ροδιού αποτελεί σημαντική πηγή βιταμίνης C που έχει γίνει αντικείμενο μελέτης πολλών μελετητών, και αποτελεί σημαντικό λόγο κατανάλωσης από το κοινό διότι συμβάλλει θετικά και ευεργετικά στην ανθρώπινη υγεία.

1.2.1.1 Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του καρπού για καλή εμπορική αξία

Ο καρπός του ροδιού εκτός από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτει πριν και κατά τη διάρκεια της συλλογής του, θα πρέπει επίσης να τα διατηρεί και μετά από το στάδιο της συγκομιδής του για να είναι ποιοτικά εμπορεύσιμος. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι τα εξής:

- Να είναι ποιοτικά άρτιο με ικανοποιητικό μέγεθος και σχήμα.
- Το χρώμα του φλοιού των καρπιδίων να έχει το επιθυμητό χρώμα για την κάθε ποικιλία.
- Να έχουν καλή περιεκτικότητα σε χυμό με τα επιθυμητά σάκχαρα και οξύτητα.
- Οι καρποί να περιέχουν μαλακά σπέρματα.
- Να είναι ανθεκτικοί στο σχίσιμο.

- Οι καρποί να είναι ανθεκτικοί σε εχθρούς. Οι ξινές ποικιλίες φαίνεται να είναι πιο ανθεκτικές σε εχθρούς από ότι οι γλυκές σε προσβολές από έντομα.
- Οι καρποί να είναι ανθεκτικοί στην αποθήκευση και να συντηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα (Σφακιωτάκης, 2004).
- Να απουσιάζουν τα ελαττώματα στην επιφάνεια της επιδερμίδας
- Το χρώμα του φλοιού αλλά και των μεμβρανών που καλύπτουν το εσωτερικό μέρος του καρπού να μην έχουν καφέ χρωματικές αποχρώσεις.
- Η γλυκύτητα του χυμού να είναι στα πλαίσια που αντιστοιχούν για κάθε ποικιλία (°Brix), τα Brix του χυμού είναι περίπου 14%.
- Το ίδιο ισχύει και για την οξύτητα του χυμού, (βέβαια το πόσο ξινός ή γλυκός θα είναι ο χυμός εξαρτάται από την ποικιλία) (Βασιλακάκης, 2012).

1.2.1.2 Παραγόμενα προϊόντα και υποπροϊόντα ροδιού

Ο καρπός του ροδιού όταν υποστεί βιομηχανική επεξεργασία σαν κύριο προϊόν μπορεί να δώσει χυμό. Ο χυμός μπορεί να είναι φυσικός, παστεριωμένος ακόμα και συμπυκνωμένος. Εκτός από τα πολύτιμα συστατικά που το ίδιο το φρούτο περιέχει, θα πρέπει οι καρποί που θα χρησιμοποιηθούν να είναι καλής ποιότητας. Για παράδειγμα τα σχισμένα ρόδια δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για βιομηχανική χυμοποίηση διότι υπάρχει κίνδυνος παρουσίας μυκοτοξινών εξαιτίας της προσβολής τους από μύκητες όπως *Penicillium sporogenes*, *Aspergillus sporogenes*. Η επεξεργασία του ροδιού μπορεί επίσης να προσφέρει διάφορα παρασκευάσματα (συνδυασμοί μιγμάτων χυμών, επιδόρπια), αλλά και πολλά ακόμη παραπροϊόντα όπως διάφορα τζέλ, μαρμελάδες, λικέρ, σιρόπια, μίγματα με άλλα βότανα όπως τσάι. Οι δρύπες (σπόροι ή αρίλια) στο εσωτερικό τους περιέχουν πυρήνα ελαίου απ' όπου παραλαμβάνεται αιθέριο έλαιο μετά από ειδική επεξεργασία, για πολλές χρήσεις κυρίως φαρμακευτικής φύσης αλλά και διατροφικής με τη μορφή λαδιού ή σκόνης. Τα σπόρια που προκύπτουν μετά την παραλαβή του χυμού μπορούν να αποξηρανθούν ως έχουν και να διατεθούν για ορισμένες ειδικές χρήσεις στη βιομηχανία τροφίμων και ζωοτροφών. Τα αποξηραμένα σπόρια είναι πλούσια σε στεροειδή οιστρογόνα και φυτοοιστρογόνα (Adamopoulos, 2012).

Ανεκμετάλλευτος επίσης, δεν μένει και ο φλοιός του καρπού του ροδιού. Μετά από ειδική επεξεργασία, υφίστανται ξήρανση και είτε παραμένουν αποξηραμένοι φλοιοί είτε με τη μορφή σκόνης, χρησιμοποιούνται για διατροφική ή φαρμακευτική χρήση. Λόγω του ότι περιέχει μεγάλη ποσότητα ταννινών, περισσότερη ακόμη και από τον ίδιο το χυμό, με διάφορες φυσικές διεργασίες (π.χ. ζεμάτισμα) χρησιμοποιείται ως α ύλη στις διάφορες τανινερίες. Επίσης μπορεί να έχει εφαρμογή στην παρασκευή ζωοτροφών αλλά και στην παρασκευή καλλυντικών σκευασμάτων (Adamopoulos, 2012).

1.2.2 Παράμετροι διασφάλισης ποιότητας του χυμού

Η διασφάλιση και ο έλεγχος της ποιότητας ενός χυμού περιλαμβάνει αναρίθμητα φυσικοχημικά και μικροβιολογικά πρωτόκολλα που έχουν αναπτυχθεί με την εξέλιξη της τεχνολογίας τα τελευταία 50 χρόνια. Η διασφάλιση και ο έλεγχος ποιότητας εξελίσσονται συνεχώς ώστε να συμβαδίζουν με τις καινοτομίες στην επεξεργασία των τροφίμων αλλά και τις ανάγκες των καταναλωτών για υψηλής ποιότητας προϊόντα με μεγάλη διάρκεια ζωής. Σε κάθε βιομηχανία ο τομέας ελέγχου ποιότητας είναι υπεύθυνος για τη σωστή διαχείριση ποιότητας, την εφαρμογή των κανόνων ορθής βιομηχανικής και υγιεινής πρακτικής καθώς και την εφαρμογή συστημάτων ασφαλείας όπως το HACCP. Παράλληλα αναλαμβάνει την καταγραφή, ανάλυση και εκτίμηση παραμέτρων ασφαλείας και ποιότητας του χυμού σε κάθε στάδιο της παραγωγής ώστε να πληρούνται οι προϋποθέσεις ασφαλείας και ποιότητας στο τελικό προϊόν. Σε ότι αφορά στις παραμέτρους κινδύνου κατά τη διεργασία παραγωγής χυμών οι τελευταίοι κανονισμοί του FDA για το HACCP υποδεικνύουν εννέα παραμέτρους κινδύνου (Foster *et al.*, 2003).

- 1.Μικροβιακή μόλυνση
- 2.Παράσιτα
- 3.Χημική μόλυνση
- 4.Αποδόμηση

5. Υπολλείματα παράνομων εντομοκτόνων
6. Φυσικές τοξίνες
7. Μηεγκεκριμένα πρόσθετα τροφίμων και χρωμάτων
8. Φυσικοί κίνδυνοι
9. Άλλα αδήλωτα συστατικά όπως αλλεργιογόνα

Η Προκαταρκτική Ανάλυση Κινδύνων χρησιμοποιήθηκε για να αναλύσει και να προβλέψει τις λειτουργίες που συμβαίνουν σε μια αποτυχία του συστήματος της αλυσίδας τροφίμων η οποία εξαρτάται από το συνδυασμό με το νέο Σύστημα Διαχείρισης Ασφάλειας Τροφίμων (ISO 22000), τα χαρακτηριστικά, τις λειτουργίες και τις αλληλεπιδράσεις αυτών. Τα κρίσιμα σημεία ελέγχου έχουν αναγνωρισθεί στις βιομηχανίες τροφίμων και εφαρμόζονται στην Ανάλυση Κινδύνων και Κρίσιμων Σημείων Ελέγχου Ποιότητας (Varzakas T. & Arvanitoyiannis I. (2008).

1.2.3 Παράγοντες ποιοτικής υποβάθμισης του χυμού

Σε ότι αφορά στην ποιότητα του φρέσκου χυμού από ρόδι κατά την επεξεργασία και αποθήκευση του είναι σκόπιμο να εξεταστούν οι βασικοί παράγοντες που την επηρεάζουν. Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες αλλοίωσης είναι οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν στον χυμό. Από μελέτες που έχουν γίνει για την διατηρησιμότητα του χυμού του ροδιού οι κυρίαρχες ζύμες που αναπτύσσονται είναι οι *Hanseniaspora guilliermondii*, οι *Metschnikowia pulcherrima* και οι *debaryomyces hansenii*. Από τα βακτήρια που αναπτύσσονται στο χυμό του ροδιού το 30% ταυτοποιήθηκε ως *Glucanobacter* ενώ το 70% είχε χαρακτηριστικά του γένους *Acetobacter*. Οι μικροβιακές ζυμώσεις προκάλεσαν παραγωγή CO₂ και αλλοίωση της γεύσης του χυμού. Παρόλο το σχετικά μεγάλο μικροβιακό φορτίο σε *Acetobacter* αποτελέσματα από επιμολυσμένα δείγματα χυμού έδειξαν πως η αλλοίωση στη γεύση οφείλεται σε μεγαλύτερο ποσοστό στις ζύμες παρά στα ακετικού οξέος βακτήρια (Juven *et al.*, 1984). Οι ζύμες είναι πολύ

συχνές στους χυμούς, παρουσιάζουν αντοχή στην οξύτητα και έχουν την ικανότητα να αναπτύσσονται σε αναερόβιο περιβάλλον. Υψηλό επίπεδο μόλυνσης από ζύμες καταδεικνύει ελλιπή υγιεινή στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Οι ζύμες προκαλούν ζυμώσεις μετατρέποντας τα σάκχαρα του χυμού σε αιθανόλη και CO₂ (Foster *et al.*, 2003).

Ποιοτική υποβάθμιση του χυμού μπορεί να προκαλέσουν και άλλοι παράγοντες όπως ένζυμα. Από τα σημαντικότερα είναι η πολυφαινολική οξειδάση (PPO). Ανήκει στις φαινολάσες και προκαλεί μαύρισμα οδηγώντας στην υποβάθμιση του χρώματος. Άλλο σημαντικό ένζυμο είναι η λιποξειδάση που καταλύει την υπεροξειδωση και που ως αποτέλεσμα έχει τον σχηματισμό πολλών δύσοσμων αλδευδών και κετονών (Jongen, 2002).

Επίσης, η παραγωγή αιθυλενίου μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα καθώς η ουσία αυτή προκαλεί την ενεργοποίηση ενζύμων που συμβάλλουν στην ωρίμανση του φρούτου με αποτέλεσμα να μαλακώνει η σάρκα του. Στην περίπτωση του χυμού ροδιού η ποσότητα του αιθυλενίου είναι μηδαμινή και ο ρυθμός αναπνοής του καρπού είναι μικρός ενώ μειώνεται περαιτέρω μετά τη συγκομιδή (Nanda *et al.*, 2001). Ο ρυθμός αναπνοής παρότι μικρός μπορεί να ευθύνεται για τη μείωση της οξύτητας του χυμού του ροδιού κατά τη συντήρησή του.

Τα οργανικά οξέα αποτελούν υπόστρωμα για τη διεργασία αναπνοής στον καρπό. Κατά κύριο λόγο το κιτρικό οξύ και το μαλικό οξύ μέσω του κύκλου TCA (τρικαρβοξυλικού οξέος) οξειδώνονται και σχηματίζονται ATPs για τη σύνθεση νέων συστατικών. Κατά τη διεργασία αυτή σχηματίζονται πολλοί μεταβολίτες ενώ τα οργανικά οξέα χρησιμοποιούνται και στη σύνθεση συστατικών αρώματος και γεύσης του χυμού.

Το χρώμα του ροδιού οφείλεται στις ανθοκυανίνες. Σε έρευνες που έχουν γίνει έχει διαπιστωθεί πως οι ανθοκυανίνες δεν παρουσιάζουν σταθερότητα κατά τη θερμική επεξεργασία του χυμού. Η ολική συγκέντρωση σε ανθοκυανίνες μειώνεται με ρυθμό που εξαρτάται από τη θερμοκρασία με το μεγαλύτερο μέρος τους να πολυμερίζεται ή να οξειδώνεται. Το pH, η παρουσία οξυγόνου, ενζύμων και ασκορβικού οξέος έχει αποδειχθεί πως επηρεάζουν τη σταθερότητα των ανθοκυανών (Κοντόζογλου, 2011).

Κατά τη συντήρηση και επεξεργασία του χυμού υπάρχουν απώλειες και σε βιταμίνες. Η βιταμίνη C (L ασκορβικό οξύ ή AA) είναι από τις πιο κοινές στους φρουτοχυμούς . Διάφορα ένζυμα όπως η οξειδάση του ασκορβικού οξέος, φαινόλαση, οξειδάση κυτοχρώματος και περοξειδάση μπορούν να οξειδώσουν τη βιταμίνη C.

1.3 Η χημική σύσταση του χυμού ροδιού και η θρεπτική του αξία

Το ρόδι είναι ένα τροπικό και υποτροπικό φρούτο. Υπάρχουν πολλές χώρες παραγωγής του ροδιού με σημαντικότερη την Τουρκία .Έγινε γνωστό λόγω των θεραπευτικών και θρεπτικών ιδιοτήτων του. Μερικές από αυτές είναι μείωση της πίεσης του αίματος, πρόληψη του καρκίνου, διατήρηση επιπέδου γλυκόζης στο αίμα σε φυσιολογικά επίπεδα, δυνατότητες πρόληψης κατά του AIDS κ.α (Gida, 2009).

Το ρόδι ως καρπός έχει πολύτιμα συστατικά στα διάφορα μέρη του. Αυτά τα τμήματα αποτελούν το φλοιό, τα σπέρματα και τα επισπέρμια. Το πολύτιμο προϊόν του ροδιού που είναι ο χυμός μπορεί να προέλθει είτε από τα επισπέρμια είτε από ολόκληρο τον καρπό. Η χημική σύσταση του καρπού διαφέρει και εξαρτάται από την ποικιλία, τη περιοχή καλλιέργειας, το μικροκλίμα, την ωριμότητα συλλογής, τις συνθήκες παραγωγής και αποθήκευσης (Fadavi *et al.*, 2005). Πιο συγκεκριμένα, η χημική σύνθεση των χυμών φρούτων επηρεάζεται από γενετικούς αλλά και από περιβαλλοντικούς παράγοντες (Gida, 2009).Περίπου το 50% του βάρους του καρπού αντιστοιχεί στον φλοιό ο οποίος αποτελεί μια σημαντική πηγή βιοδραστικών συστατικών όπως φαινολικών παραγώγων, φλαβονοειδών, ελλαγοτανινών και προανθοκυανιδινών, μεταλλικά στοιχεία όπως το κάλιο, το ασβέστιο, το άζωτο, το φώσφορο, το μαγνήσιο, το νάτριο και των πολυσακχαριτών.

Το εδώδιμο τμήμα του ροδιού είναι κατά 40% το επισπέρμιο και το 10% τα σπέρματα. Το επισπέρμιο περιέχει 85% νερό, 10% σάκχαρα (γλυκόζη, φρουκτόζη), 1,5% πηκτίνες, οργανικά οξέα (ασκορβικό, μαλικό, κιτρικό οξύ) και άλλα βιοδραστικά συστατικά όπως φαινολικά κυρίως ανθοκυανίνες στις οποίες οφείλεται και το κόκκινο χρώμα του (Aviram, 2000).

Τα σπέρματα είναι πλούσια σε συνολικά λιπίδια, αφού στο ρόδι αποτελούν το 12% από το συνολικό 20% του συνολικού βάρους των σπερμάτων. Τα λιπίδια αυτά χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, κυρίως λινολενικό, λινελαϊκό, ελαιικό, πουνικό, στεατικό, παλμιτικό (Ozguel-Yucl, 2005). Επίσης τα σπέρματα περιέχουν πρωτεΐνες, ακατέργαστες ίνες, βιταμίνες, μεταλλικά στοιχεία, πηκτίνες, σάκχαρα, ταννίνες, πολυφαινόλες.

Πιο συγκεκριμένα, τα οργανικά οξέα που εντοπίζονται στο χυμό ροδιού είναι το κιτρικό, μαλικό, ταρταρικό, οξαλικό και κινικό οξύ με κυρίαρχα τα δυο πρώτα. Ακόμη, πολλά φαινολικά συστατικά εντοπίζονται στο χυμό και παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της ευεργετικής τους δράσης στον οργανισμό. Μερικά από αυτά είναι το γαλλικό, το κατεχινικό, το χλωρογενικό, το καφεϊκό, το φερουλικό, το κουμαρικό οξύ, η κατεχίνη και η κερκετίνη. Άλλα φαινολικά συστατικά του χυμού είναι οι ανθοκυανίνες που ευθύνονται και για το χρώμα του χυμού, διάφορες ταννίνες και πολυφαινόλες (Ferrari *et al.*, 2010). Άλλα συστατικά του ροδιού είναι οι πρωτεΐνες, κυρίως ένζυμα, λιπίδια. Τα ένζυμα που βρίσκονται στο χυμό έχουν ιδιαίτερη σημασία καθώς συντελούν σε μεγάλο αριθμό λειτουργιών. Κατά την ωρίμανση για παράδειγμα συμβάλλουν ώστε να γίνει το φρούτο πιο μαλακό, συμμετέχουν στην ανάπτυξη της γεύσης, στην παραγωγή αιθυλενίου. Μια άλλη σημαντική κατηγορία ενζύμων είναι οι οξειδάσες όπως η πολυφαινολική οξειδάση (PPO) και η περοξειδάση που ευθύνονται για το ενζυμικό μαύρισμα και την αλλοίωση της γεύσης γι'αυτό και αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για την ποιότητα του χυμού (Hui *et al.*, 2006).

Σήμερα, είναι ευρέως αποδεκτό ότι οι ευεργετικές δράσεις στην υγεία, που αναφέρονται στην πρόληψη νοσημάτων, προέρχονται από την κατανάλωση φρούτων και λαχανικών και οφείλουν τη δράση τους στο περιεχόμενο τους σε βιοδραστικά συστατικά (Gavalema, 2008). Στο πλαίσιο αυτό το περιεχόμενο των καρπών του ροδιού σε βιοδραστικά συστατικά όπως πολυφαινόλες, φλαβονοειδή, οξέα και ταννίνες, προσδιορίζει τη θρεπτική τους αξία (Avigam, 2005). Ο καρπός του ροδιού είναι πλούσιος σε βιταμίνες A, C, E, σάκχαρα, οργανικά οξέα και πολυσακχαρίτες, ασβέστιο, κάλιο και μαγνήσιο, φώσφορο καθώς και διάφορα λιπαρά οξέα με κυριότερο το λινελαϊκό (Γάτσιος, 2010). Ένα ρόδι μετρίου μεγέθους περιέχει 100 θερμίδες περίπου.

Πίνακας 1.1 Η θρεπτική αξία του ροδιού

Ενέργεια	234 kcal
Πρωτεΐνες	4,71 γρ.
Λιπαρά	3,30 γρ.
Υδατάνθρακες	52,73 γρ.
Φυτικές ίνες	11,3 γρ.
Ασβέστιο	28 mg
Σίδηρο	0,85 mg
Μαγνήσιο	34 mg
Φώσφορο	102 mg
Κάλιο	666 mg
Νάτριο	8 mg
Ψευδάργυρος	0,99 mg
Χαλκός	0,446 mg
Σελήνιο	1,4 mcg
Βιταμίνη C	28,8 mg
Νιασίνη (B3)	0,826 mg
Φυλλικό οξύ	107 mcg
Βιταμίνη E	1,69 mg
Βιταμίνη K	46,2 mcg

(Πηγή: USDA National Nutrient Database for Standar Reference Release 21 ,2008)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΧΥΜΟΥ ΡΟΔΙΟΥ

2.1 Τα αντιοξειδωτικά

Όλα τα φρούτα και λαχανικά που συμπεριλαμβάνονται στην καθημερινή διατροφή του ανθρώπου είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά, βιταμίνες, ιχνοστοιχεία και πολλά ακόμη ωφέλημα για τον άνθρωπο συστατικά και θεωρούνται αναπόσπαστο κομμάτι της διατροφής του. Τα φρούτα και λαχανικά διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη υγεία λόγω της περιεκτικότητάς τους σε αντιοξειδωτικές ουσίες. Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί μεγάλη έμφαση στην προώθηση και χρήση των φυσικών αντιοξειδωτικών που υπάρχουν σε πολλά φρούτα και λαχανικά και κατά συνέπεια που παράγονται από διάφορα εκχυλίσματα αυτών (Varzakas *et al.*, 2008). Σε σχέση με άλλα φρούτα ο χυμός του ροδιού υπερέχει διότι περιέχει υψηλές ποσότητες αντιοξειδωτικών ουσιών που συμβάλλουν ευεργετικά και θεραπευτικά σε πολλές ανθρώπινες ασθένειες όπως εκφυλιστικές ασθένειες, καρδιαγγειακά νοσήματα, διάφορες μορφές καρκίνου και νευρολογικές παθήσεις. Από πρόσφατες μελέτες έγινε γνωστό πως λόγω των συστατικών που περιέχει αποτελεί σημαντικό παρεμποδιστικό παράγοντα και στη νόσο του Αλτσχαιμερ (Feryal *et al.*, 2005).

Ως αντιοξειδωτικά μπορούν να οριστούν τα μόρια που έχουν την ικανότητα να παρεμποδίζουν τις αντιδράσεις οξειδωσης άλλων μορίων. Ως οξείδωση ορίζεται η χημική αντίδραση κατά την οποία μεταφέρονται ηλεκτρόνια από μια ουσία σε ένα οξειδωτικό μέσο. Από τις αντιδράσεις οξειδωσης λόγω της μεταφοράς ηλεκτρονίων μπορεί να προκύψουν ελεύθερες ρίζες που είναι ιδιαίτερα δραστικές και να προκαλέσουν αλυσιδωτές αντιδράσεις. Τα αντιοξειδωτικά έχουν την ικανότητα να προσβάλλουν και να απενεργοποιούν τις ελεύθερες ρίζες καθώς τα ίδια οξειδώνονται τερματίζοντας έτσι την αλυσιδωτή αντίδραση.

Μελέτες έχουν αποδείξει πως η κατανάλωση τροφίμων που περιέχουν αντιοξειδωτικά βοηθάει τον οργανισμό στην καταπολέμηση των συνεπειών της οξείδωσης. Το ρόδι, σε σχέση με άλλα φρούτα πλεονεκτεί, καθώς περιέχει

μεγάλες ποσότητες αντιοξειδωτικών. Αυτό οφείλεται στην παρουσία φαινολικών συστατικών. Τα κυρίαρχα πολυφαινολικά συστατικά που περιέχονται στο ρόδι και τα προϊόντα του είναι οι ανθοκυανίνες, κάποιες φλαβονόλες και φλαβονόνες, φαινολικά οξέα και φαινολικοί εστέρες. Οι ανθοκυανίνες που έχουν εντοπιστεί στο ρόδι είναι η κυανιδίνη, η δελφινιδίνη, η πελαργονιδίνη (Fisher *et al.*, 2011). Άλλα φλαβονοειδή που εντοπίστηκαν κυρίως στο φλοιό του ροδιού είναι η λουτεολίνη (φλαβονόνη) και δυο φλαβονόλες, η κεμπερόλη (kaempferol) και η κερκετίνη (quercetin). Στο χυμό του ροδιού εμπεριέχονται κι άλλες πολυφαινόλες όπως φαινολικά οξέα και εστέρες που αποτελούνται κυρίως από υδρολυόμενες ταννίνες (hydrolysable tannins) οι οποίες βρίσκονται σε μεγαλύτερη ποσότητα στο φλοιό του ροδιού. Οι ταννίνες του ροδιού χωρίζονται σε ελλαγιταννίνες, γαλλοταννίνες, γαλλαγγλικούς εστέρες (gallagyl esters), υδροξυβενζοϊκά και υδροξυκιναμικά οξέα και διυδροφλαβόνες (Fischer *et al.*, 2011). Μελέτες έχουν δείξει πως τη μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση παρουσιάζει η κυρίαρχη υδρολυόμενη ταννίνη πουνικαλαγίνη (punicalagin) στο χυμό του ροδιού.

Μια κατηγορία των πολυφαινολών και βρίσκονται κατά κύριο λόγο στα φρούτα και τα λαχανικά αποτελούν τα φλαβονοειδή. Σε αυτά οφείλονται και πολλά χρώματα των καρπών και των λουλουδιών. Βρίσκονται συνήθως στα φύλλα και στους καρπούς των φυτών ενώ οι ποσότητές τους στις ρίζες και τα κλαδιά είναι περιορισμένες. Λειτουργούν προστατευτικά για το φυτό σαν αντιμυκητιακοί και ανιικκοί παράγοντες ενώ παράλληλα λειτουργούν και σαν φίλτρα προστασίας από τις ακτίνες UV-B (Harborne and Williams, 2000).

2.1.1 Αντιοξειδωτικά και ελεύθερες ρίζες

Η ιστορία σχετικά με τα αντιοξειδωτικά ξεκινά από την αρχαιότητα. Πιο συγκεκριμένα από την αρχαία Αίγυπτο στην οποία είχαν αξιοσημείωτη τεχνική γνώση σχετικά με το πώς θα διατηρούσαν τα σώματα νεκρών επιφανών ανθρώπων της εποχής και αυτό γινόταν με τη χρήση φυτικών αποσταγμάτων, πλούσιων σε πολυφαινόλες. Στα νεότερα χρόνια η οξειδωση ή η καταστροφή του καουτσούκ αποτέλεσε το έναυσμα για περαιτέρω μελέτες όσον αφορά τους

οξειδωτικούς μηχανισμούς και την αποτροπή της δράσης τους από τα αντιοξειδωτικά. Οι έρευνες από τα τέλη του 1970 μέχρι τις αρχές του 1990 ήταν εμπειρικές, αλλά το 1940 είχαν αποσαφηνιστεί οι μηχανισμοί αυτό-οξειδωσης των ελεύθερων ριζών και είχαν ταυτοποιηθεί ορισμένα αντιοξειδωτικά (Scott, 1993).

Οι ελεύθερες ρίζες είναι μόρια με μονήρη ηλεκτρόνια που είναι πολύ ενεργά. Οι ελεύθερες ρίζες δημιουργούνται σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς κατά τη διάρκεια αντιδράσεων οξειδωσης που είναι μέρος του φυσιολογικού μεταβολισμού. Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, όπως περιβαλλοντική καταπόνηση, τραυματισμός και προσβολή παθογόνων, η συγκέντρωση των ελεύθερων ριζών αυξάνεται πέραν των φυσιολογικών επιπέδων. Οι ελεύθερες ρίζες όταν δεν βρίσκονται υπό έλεγχο, προκαλούν σημαντικές βλάβες στους ζωντανούς οργανισμούς. Αυτές οφείλονται στη ζημιά που γίνεται στο DNA και στις μεμβράνες (λιπίδια και πρωτεΐνες) καθώς και στις αλυσιδωτές αντιδράσεις που μπορούν να ενεργοποιηθούν. Οι αλυσιδωτές αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα όταν μια ελεύθερη ρίζα που αντιδρά με κάποιο μόριο, του αποσπά ένα ηλεκτρόνιο και το μετατρέπει σε μια καινούργια ελεύθερη ρίζα η οποία με τη σειρά της αντιδρά με άλλα μόρια με το ίδιο αποτέλεσμα κάθε φορά.

Οι ενεργές μορφές οξυγόνου (ROS) είναι μόρια που περιέχουν ένα άτομο οξυγόνου και είναι πολύ δραστικές ως αποτέλεσμα είτε 1) της παρουσίας μιας ελεύθερης ρίζας είτε 2) της αλλαγής της διαμόρφωσης του ατόμου του οξυγόνου όταν υπάρχουν περισσότερα ηλεκτρόνια από ότι συνήθως. Παραδείγματα της πρώτης περίπτωσης είναι η υδροξυλική ρίζα (OH) και η υπεροξειδική ρίζα (O_2) ενώ το υπεροξειδίο και το υποχλωρικό ιόν ανήκουν στη δεύτερη περίπτωση. Στα ROS ανήκει και το υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2). Η υδροξυλική ρίζα θεωρείται η πιο δραστική από τις γνωστές ρίζες με ικανότητα να αντιδρά με μεγάλο αριθμό βιομορίων. Παράγεται μέσω της παρακάτω αντίδρασης :



Οι ζωντανοί οργανισμοί έχουν αναπτύξει διάφορους τρόπους για να αντιμετωπίσουν τις δραστικές μορφές οξυγόνου. Η ενζυματική απενεργοποίησής τους είναι ένας από αυτούς. Το ένζυμο δισμουτάση του υπεροξειδίου καταλύει την αντίδραση της αυτοοξειδωαναγωγής δυο μορίων υπεροξειδίου σε οξυγόνο

(οξειδωση) και σε υπεροξειδίο του υδρογόνου (αναγωγή) σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση :



Το H_2O_2 , το οποίο είναι πολύ δραστικό απομακρύνεται από τον οργανισμό μέσω της δράσης των ενζύμων καταλάσης και υπεροξειδάσης της γλουταθειόνης . συγκεκριμένα, η καταλάση, καταλύει τη μετατροπή του H_2O_2 σε οξυγόνο και νερό, ενώ η υπεροξειδάση της γλουταθειόνης καταλύει το σχηματισμό της οξειδωμένης γλουταθειόνης (G-S-S-G) από την ανηγμένη της μορφή (G-SH), με δαπάνη του H_2O_2 (Halliwell, 1991).

Ο άλλος συνήθης τρόπος απενεργοποίησης των ROS είναι διαμέσου της χρήσης αντιοξειδωτικών. Τα αντιοξειδωτικά μπορούν να αντιδράσουν με τις ελεύθερες ρίζες, αλλά αντί να μετατραπούν σε άλλα δραστικά μόρια, παραμένουν σταθερά με την παρουσία του ηλεκτρονίου της ελεύθερης ρίζας. Ως αποτέλεσμα, αποσπών τα ηλεκτρόνια της ελεύθερης ρίζας, εμποδίζουν τις αλυσιδωτές αντιδράσεις και έτσι αποτρέπεται η περαιτέρω βλάβη των ιστών. Η σχετική σταθερότητα των αντιοξειδωτικών, που έχουν ένα ηλεκτρόνιο της ελεύθερης ρίζας είναι αποτέλεσμα της παρουσίας δεσμών- συμπλόκων, έτσι ώστε το ηλεκτρόνιο της ελεύθερης ρίζας να μπορεί να μετατοπίζεται (Vermerris and Nicholson, 2008).

2.1.2 Αντιοξειδωτικά στον καρπό του ροδιού

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον σχετικά με τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες των κόκκινων φρούτων επειδή είναι πλούσιες πηγές σε αντιοξειδωτικές φαινόλες και ανθοκυανίνες (Wang *et al.*, 1996), γεγονός που τους προσδίδει μεγάλη διατροφική αξία. Είναι γνωστό ότι ο χυμός του ροδιού είναι από τις πιο σημαντικές πηγές ανθοκυανών (κυανιδίνη, δελφινιδίνη και πελαργονιδίνη) καθώς και φαινόλων και ταννινών (πουνικαλίνη, πουνικαλαγίνη και ελλαγικό οξύ). Το ρόδι έχει πλούσια αντιοξειδωτική ικανότητα και διάφορες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί για τον ποσοτικό προσδιορισμό της. Οι τιμές των ολικών

αντιοξειδωτικών συνήθως εκφράζονται ως ισοδύναμα Trolox ή ως γραμμάρια ασκορβικού οξέος.

Σε έρευνα που έγινε στην Τουρκία σχετικά με αντιοξειδωτικά διαφόρων ποικιλιών ροδιάς, βρέθηκε ότι ο μέσος όρος των συνολικών των αντιοξειδωτικών του χυμού των αριλίων, προσδιορισμένων με τη μέθοδο FRAP, κυμαινόταν περί τα 7.35 mM ισοδυνάμων trolox ενός υδατοδιαλυτου αναλόγου τοκοφερόλης. Επίσης παρατηρήθηκε ότι η συγκέντρωση των αντιοξειδωτικών, όταν ο χυμός αποτελούνταν από τους ιστούς όλου του καρπού της ροδιάς, αυξανόταν έως και 20 φορές. Πιθανώς αυτό να οφειλόταν στις υδρολυόμενες ταννίνες και σε μια ελαγγιταννίνη, γνωστή ως πουνικαλαγίνη, η οποία είναι παρούσα σε όλα τα μέρη του καρπού (Ozgen *et al.*, 2008).

Σε άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε και που αφορούσε την εποχική διακύμανση των συνολικών αντιοξειδωτικών του χυμού των αριλίων σε τρεις ποικιλίες ροδιάς (πρώιμη, μεσοπρώιμη, όψιμη), μέσω της μεθόδου FRAP, διαπιστώθηκε ότι η συγκέντρωση του ισοδύναμου ασκορβικού οξέος κυμάνθηκε από 1,2 μέχρι και 2,4 g αναλόγως της ποικιλίας και της εποχής. Με τη ίδια μέθοδο προσδιορίστηκαν και τα συνολικά αντιοξειδωτικά όπου οι συγκεντρώσεις που βρέθηκαν ήταν 2,21 και 3,16 ισοδύναμης βιταμίνης (Borochoy-Neori *et al.*, 2009).

2.2 Λειτουργικές ιδιότητες του ροδιού

Ο χυμός του ροδιού έχει υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα και υψηλή συγκέντρωση ολικών φαινολικών. Η αντιοξειδωτική του ικανότητα είναι από τις υψηλότερες μεταξύ διαφόρων άλλων φρούτων και λαχανικών. Έχει τριπλάσια αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με το πράσινο τσάι και με το κόκκινο κρασί (Τζουραμάνη κ.α, 2008). Κατά άλλους μια κούπα χυμού ροδιού ισοδυναμεί με 10 κούπες από πράσινο τσάι, 2 ποτήρια κόκκινο κρασί και με 4 κούπες από χυμό κρανμπερι (Stiles, 2007).

Τα περισσότερα αντιοξειδωτικά στο ρόδι φαίνεται να τα έχει ο φλοιός (Mohamed, 2007). Ο φλοιός του ροδιού περιέχει πουνικαλαγίνη και πουνικαλίνη,

γαλλικό και ελαϊκό οξύ και είναι ιδιαίτερα ωφέλιμα για την υγεία. Οι ουσίες αυτές μεταφέρονται στο χυμό όταν οι βιομηχανίες παίρνουν το χυμό από ολόκληρο το φρούτο. Η πουνικαλαγίνη στο χυμό μπορεί να φτάσει σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 2g/L ανάλογα με την ποικιλία και τον τρόπο παρασκευής του χυμού. Οι υδρολυμένες ταννίνες πουνικαλαγίνη Α και Β και η πουνικαλίνη αποτελούν το 89% της αντιοξειδωτικής ικανότητας του χυμού του ροδιού. Άλλα συστατικά που περιέχει είναι οι ολικές πολυφαινόλες και οι ανθοκυανίνες (Zhang *et al.*, 2009).

Υπάρχει πολύ μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια για τις λειτουργικές ιδιότητες του ροδιού και των προϊόντων του, όπως είναι ο χυμός, το έλαιο των σπερμάτων, το φλοιό κτλ. Έχουν γίνει αρκετές μελέτες που αφορούν τις λειτουργικές ιδιότητες του συγκεκριμένου φρούτου. Το ρόδι εμφανίζει λειτουργικά και φαρμακευτικά αποτελέσματα και η δράση του χαρακτηρίζεται ως αντιοξειδωτική, αντικαρκινική, αντιμικροβιακή, αντιική, αντιφλεγμονώδη, αντιδιαβητική, μπορεί να βελτιώσει την υγεία του στόματος, του δέρματος καθώς και να καταπολεμήσει καρδιαγγειακές νόσους και την άνοια (Alzheimer).

Πιο συγκεκριμένα, το ρόδι χαρακτηρίζεται από αντικαρκινικές ιδιότητες. Η αυξημένη κατανάλωση ροδιού βρέθηκε πως μπορεί να αποτρέψει την ανάπτυξη καρκινικών όγκων και να μειώσει την καρκινογένεση λόγω των φλαβονοειδών που περιέχει (Δρογούδη, 2009; Jugenka, 2008). Το ρόδι προστατεύει επίσης από τον καρκίνο του προστάτη και τον καρκίνο του οισοφάγου. Έχει θετικά αποτελέσματα στη θεραπεία του καρκίνου του μαστού και στην προστασία από τον καρκίνο του δέρματος. Ο χυμός ροδιού έδειξε ότι καταστέλλει και τη λευχαιμία ενώ προάγει τη νεανικότητα του δέρματος γι' αυτό και χρησιμοποιείται ευρέως στην παραγωγή καλλυντικών σκευασμάτων (Tuttle, 2007).

Έχει αντιφλεγμονώδη ιδιότητες αφού προστατεύει από την υπέρταση, το διαβήτη, την αντρική στειρότητα, τη νόσο του Αλτσχάιμερ, τη παχυσαρκία και έχει αντιβακτηριακές δράσεις, ενώ μειώνει τη χοληστερίνη στους διαβητικούς και έχει αντιική δράση (Jugenka, 2008; Stiles, 2007). Σε σχετική έρευνα αποδείχθηκε πως εκχύλισμα από το φλοιό του ροδιού με 38% ελλαγικό οξύ έδρασε ανασταλτικά στην ανάπτυξη ορισμένων θετικών Gram+ βακτηρίων.

Το ρόδι έχει καλά αποτελέσματα και στην αντιμετώπιση της στηθάγχης. Μελέτη σε ασθενείς μετά από ένα χρόνο κατανάλωσης συμπληρωμάτων διατροφής που περιείχαν ρόδι έδειξε πως η συστολική πίεση μειώθηκε κατά 21%. Επίσης η κατανάλωση του μειώνει την κατάθλιψη και την απώλεια οστικής μάζας κυρίως στην γυναίκες κατά την εμμηνόπαυση (Stiles, 2007). Σε άλλη έρευνα που έγινε σε ασθενείς που έπασχαν από μυοκαρδιακή ισχαιμία εξετάστηκε πως η κατανάλωση χυμού ροδιού θα επηρεάσει την αιμάτωση του μυοκαρδίου. Μετά από 3 μήνες οι ασθενείς που κατανάλωναν χυμό ροδιού παρουσίασαν μείωση της ισχαιμίας που προκαλείται από στρες (Sumner *et al.*, 2005).

Το ρόδι επιπλέον, χρησιμοποιείται για τις κοιλιακές διαταραχές, πόνους, τη φυματίωση, τη λέπρα και τον υψηλό πυρετό. Αποτρέπει τον ιό HIV-1, την οξειδωση της hLDL και την ανάπτυξη της αρτηριοσκλήρωσης (Δρογούδη, 2009).

Το αφέψημα επίσης από το φλοιό του καρπού έχει μυκητοκτόνο δράση και μειώνει τις καρδιαγγειακές παθήσεις (Δρογούδη, 2009), ενώ έχει αποδειχτεί πως ο φλοιός του κορμού και η ρίζα του είναι πλούσια σε δεψικές ουσίες με στυπτικές ιδιότητες (Στεφανάκη-Νικηφοράκη, 1999). Η αρτηριοσκλήρυνση είναι η κυριότερη αιτία των περισσότερων καρδιαγγειακών ασθενειών. Η αρτηριοσκλήρυνση είναι μια φλεγμονώδης νόσος που χαρακτηρίζεται από αυξημένα συκέντρωση λιπιδίων στο εσωτερικό των αρτηριών. Το πρόβλημα ξεκινά με τη συσσώρευση τροποποιημένων χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεϊνών (LDL) στο εσωτερικό των αρτηριών. Εκεί οι λιποπρωτεΐνες οξειδώνονται είτε από ελεύθερες ρίζες είτε με τη βοήθεια οξειδωτικών ενζύμων. Οι οξειδωμένες λιποπρωτεΐνες διεγείρουν τη φλεγμονώδη απόκριση των ενδοθηλιακών κυττάρων και μονοκύτταρα φτάνουν στην περιοχή. Αυτά διαφοροποιούνται σε μακροφάγα και φαγοκυτταρώνουν τις οξειδωμένες λιποπρωτεΐνες και σχηματίζουν τα λεγόμενα αφρώδη κύτταρα (foam cells). Τα μακροφάγα αυτά είναι χαρακτηριστικά στα αρχικά στάδια της αρτηριοσκλήρυνσης. Στη συνέχεια καθώς τα μακροφάγα αυτά πεθαίνουν προκαλούνται περαιτέρω οξειδώσεις των λιποπρωτεϊνών. Σε προχωρημένα στάδια αρτηριοσκλήρυνσης παρατηρείται συσσώρευση κολλαγόνου και αιμοπεταλίων που μαζί με τη συσσώρευση του λίπους μειώνουν τη διάμετρο των αρτηριών και εμποδίζουν τη λειτουργία του ενδοθηλίου με συνέπεια την εμπόδιση της ροής του αίματος και τη μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς. Αν η αθηρωματική

πλάκα αυξηθεί πολύ μπορεί να σπάσει προκαλώντας θρόμβωση και έμφραγμα (Κοντόζογλου, 2011).

Μελέτες απέδειξαν πως μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα αλλά και ποσότητα αντιοξειδωτικών παρουσιάζουν τα μικρού μεγέθους και κόκκινου χρώματος ρόδια λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητας ανθοκυανινών που περιέχουν στο χυμό τους (Δρογούδη, 2009).

Τέλος, ο Ιπποκράτης αναφέρει πως χρησιμοποιούσε εκχύλισμα ροδιού στο δέρμα ή στα μάτια για να αντιμετωπίσει φλεγμονές. Άλλη παραδοσιακή χρήση ήταν για την πέψη των τροφών, για θεραπεία από δάγκωμα φιδιού και το αφέψημα από τα άνθη της ροδιάς σε συνδυασμό με τσάι κατά της βρογχίτιδας (Stover & Mercurer, 2007).

2.2.1 Η κατάταξη του ροδιού στα λειτουργικά τρόφιμα

Η έννοια των λειτουργικών τροφίμων είναι πολύπλοκη και μπορεί να αναφέρεται σε πολλές πιθανές πτυχές, συμπεριλαμβανομένων και των τροφίμων που λαμβάνονται από οποιαδήποτε διαδικασία, των οποίων ιδιαίτερο χαρακτηριστικό είναι ότι ένα ή περισσότερα από τα συστατικά τους, έστω και αν δεν είναι το ίδιο με το συστατικό που μπορεί να επηρεάζει τη λειτουργία του οργανισμού με ένα συγκεκριμένο και θετικό τρόπο προωθώντας μια φυσιολογική ή ψυχολογική επίδραση πέρα από την απλή θρεπτική επίδραση. Η θετική επίδραση των λειτουργικών τροφίμων μπορεί να συμπεριλαμβάνει τη διατήρηση της υγείας ή της ευεξίας ή και τη μείωση του κινδύνου από μια δεδομένη ασθένεια.

Τα λειτουργικά τρόφιμα υπάγονται σε 5 βασικές κατηγορίες : Α) Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται τροφές για τις οποίες ή για τα συστατικά τους υπάρχουν σημαντικές επιστημονικές αποδείξεις ότι παρουσιάζουν άμεση σχέση με την πρόληψη ορισμένων ασθενειών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι τροφές πλούσιες σε διαλυτές φυτικές ίνες που περιέχονται κυρίως σε διάφορα δημητριακά και πιτυρούχα προϊόντα, φρούτα και λαχανικά, πρωτεΐνη σόγιας, το σκόρδο, τα ω-3 λιπαρά οξέα και προϊόντα πλούσια σε φυτικές στερόλες όπως τροποποιημένη

μαργαρίνη. Τα προϊόντα αυτής της κατηγορίας φαίνεται ότι συμβάλλουν στη μείωση της εμφάνισης καρκίνου, της στεφανιαίας νόσου, στον έλεγχο υπέρτασης και στη διατήρηση ποσοτήτων χοληστερόλης στο αίμα σε χαμηλά επίπεδα. Β) Στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται τροφές οι οποίες είναι ενισχυμένες ή εμπλουτισμένες ως προς ένα ή περισσότερα συστατικά. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν χυμοί, ζυμαρικά, ρύζι, δημητριακά και προϊόντα που εμπλουτίζονται με φυτικές ίνες και φολικό οξύ, διάφορα τρόφιμα ή χυμοί όπου προστίθεται βιταμίνες (βιταμίνη Ε, βιταμίνη C, προβιταμίνη Α). Για τα συστατικά αυτά εκτιμάται ότι έχουν άμεση σχέση με την πρόληψη ή την διαιτητική αγωγή κάποιας ασθένειας ή άλλων κλινικών συμπτωμάτων. Γ) Στην Τρίτη κατηγορία περιλαμβάνονται τρόφιμα που συνδέονται άμεσα με τη μείωση του κινδύνου εμφάνισης ορισμένων ασθενειών. Εδώ ανήκουν οι τομάτες, τα καρότα, το μπρόκολο, τα αυγά, το μαύρο και το πράσινο τσάι, γαλακτοκομικά προϊόντα και κόκκινο κρέας που περιέχουν λινελαϊκό οξύ, ελαιόλαδο και σπορέλαιο που περιέχουν ελαϊκό οξύ, γιαούρτι και άλλα ζημούμενα γαλακτοκομικά προϊόντα, άπεπτοι ολιγοσακχαρίτες, ιδιαίτερα παράγωγα φρουκτόζης, προβιοτικά. Για τα προϊόντα αυτά υπάρχουν διαθέσιμες *in vitro*, *in vivo* και επιδημιολογικές μελέτες οι οποίες υποστηρίζουν τις ανάλογες θετικές επιδράσεις στην υγεία. Δ) Η τέταρτη κατηγορία λειτουργικών τροφίμων περιλαμβάνει τα ελαφρά τρόφιμα γνωστά και ως *light*. Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν τα τρόφιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά, είτε σε κορεσμένα είτε σε ολικό λίπος όπως γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα, κρέατα, τρόφιμα χωρίς ζάχαρη, τα οποία περιέχουν υποκατάστατα της ζάχαρης και κυρίως παράγωγα μονοσακχαριτών σε γλυκεϊά γεύση, τρόφιμα χωρίς ή ελάχιστο χλωριούχο νάτριο. Ε) Τέλος, η πέμπτη κατηγορία λειτουργικών τροφίμων περιλαμβάνει τα λεγόμενα συμπληρώματα διατροφής. Πρόκειται ουσιαστικά για συστατικά διαφόρων τροφών τα οποία παρουσιάζουν σημαντική βιολογική δράση και τα οποία αφού απομονωθούν από τις φυσικές πηγές τους, είτε πωλούνται αυτούσια ως σκεύασμα διατροφής, είτε προστίθενται σε διάφορα προϊόντα τροποποιώντας τα σε λειτουργικά (Σφλώμος, 2010).

Από τα προηγούμενα χρόνια ο καρπός του ροδιού είχε παρατηρηθεί πως εμφανίζει θεραπευτικά αποτελέσματα. Αυτοί οι ισχυρισμοί σήμερα επιβεβαιώνονται με τον καλύτερο τρόπο και υποστηρίζονται επιστημονικά. Έτσι εξαιτίας των ιδιοτήτων του και επειδή έχει πολύτιμα συστατικά σε διάφορα μέρη

του καρπού του και είναι σύμφωνο με διάφορους τρόπους με τον παραπάνω ορισμό, το ρόδι κατατάσσεται στην κατηγορία των λειτουργικών τροφίμων.

Σήμερα είναι γνωστό πως οι ταννίνες, τα αλκαλοειδή και η πουνικαλαγίνη του ροδιού δρουν καταστροφικά σε πολλά βακτήρια, ιούς και μύκητες. Αντιμικροβιακές ιδιότητες έχουν πρόσφατα αποδοθεί και στις ανθοκυανίνες, πελαργονιδίνη-3-γαλακτόζη, κυανιδίνη-3-γλυκόζη, τα φλαβονοειδή κερκετίνη και μυρικετίνη και το γαλλικό οξύ. Επίσης, οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες του χυμού του ροδιού έχει βρεθεί πως έχει αντικαρκινική δράση και δρουν ευεργετικά στην καρδιαγγειακή λειτουργία (Κοντόζογλου, 2011).

Μετά τα νέα δεδομένα για τις ευεργετικές ιδιότητες του ροδιού έχει αποκτήσει μεγάλο ενδιαφέρον η καλλιέργεια της ροδιάς για τους καρπούς της που καταναλώνονται φρέσκοι αλλά και για την παραγωγή χυμού από ρόδι. Η βιομηχανία των λειτουργικών τροφίμων βρίσκεται σε μεγάλη άνθηση αυτή τη περίοδο καθώς η ζήτηση γι' αυτά τα προϊόντα από καταναλωτές που τους απασχολούν τα θέματα υγείας ολοένα και αυξάνεται. Οι βιομηχανίες τροφίμων προωθούν την έρευνα σε αυτό τον τομέα και επενδύουν στην ανάπτυξη νέων προϊόντων όπως του ροδιού.

2.3 Ο ρόλος των φαινολικών συστατικών του χυμού του ροδιού

Είναι γνωστό ότι πέρα από τη διατροφική αξία, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ενός τροφίμου είναι εξίσου καθοριστικά για την επιλογή του από τους καταναλωτές. Σ' αυτήν την κατεύθυνση, ο ρόλος των φαινολικών ενώσεων είναι σαφής : παρεμποδίζουν την ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών και γεύσης, τον αποχρωματισμό και τις μεταβολές στην υφή που λαμβάνουν χώρα κατά την επεξεργασία και την αποθήκευση, με αποτέλεσμα να διασφαλίζεται η ολική ποιότητα των τροφίμων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Δεδομένου ότι οι παραπάνω μεταβολές οφείλονται κατά κύριο λόγο στην οξείδωση των ακόρεστων λιπιδίων, η διερεύνηση των μηχανισμών οξείδωσης και η ανάπτυξη τεχνικών για

την παρεμπόδιση της απασχολεί έντονα τους επιστήμονες και τους παρασκευαστές τροφίμων για πολλές δεκαετίες.

Το τελευταίο χρονικό διάστημα έχει σημειωθεί τεράστιο ενδιαφέρον τόσο στην προώθηση όσο και στην κατανόηση της δράσης των συστατικών του ροδιού και των θεραπευτικών τους αποτελεσμάτων. Τα εκχυλίσματα από όλα τα μέρη του καρπού φαίνεται να έχουν ευεργετικές ιδιότητες (Lansky *et al.*, 2007). Μελέτες που έγιναν έδειξαν ότι ο καρπός, ο φλοιός, η ρίζα αλλά και τα φύλλα έχουν φαρμακευτικά αποτελέσματα. Ως οι πιο θεραπευτικές ουσίες του ροδιού θεωρούνται το ελλαγικό οξύ, το πουνικό οξύ, οι ελλαγικοταννίνες, τα φλαβονοειδή, οι ανθοκυανίνες, οι φλαβονόλες και οι φλαβόνες.

Η κυριότερη κατηγορία που είναι υπεύθυνη για το μεγαλύτερο τμήμα των λειτουργικών ιδιοτήτων του καρπού του ροδιού είναι οι φαινολικές ενώσεις σε όλες τις μορφές τους. Οι φυσικές πολυφαινόλες περιλαμβάνουν είτε απλά μόρια, φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή) είτε τα πολυμερή τους (μελανίνες, ταννίνες), με πλέον διαδεδομένα τα φλαβονοειδή (Soobrate *et al.*, 2005).

Από χημική άποψη ως φαινολικά οξέα ορίζονται τα μόρια που έχουν έναν αρωματικό δακτύλιο δεσμευμένο σε έναν ή περισσότερους από τους υδρογονομένους υποκαταστάτες, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργικών τους παραγώγων. Τα φλαβονοειδή είναι ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους που αποτελούνται από 15 άτομα άνθρακα. Ουσιαστικά, η δομή τους αποτελείται από 2 αρωματικούς δακτυλίους που συνενώνονται με 3 άτομα άνθρακα, συνήθως με τη μορφή ετεροκυκλικών.

Οι ανθοκυανίνες είναι η μεγαλύτερη και πιο σημαντική ομάδα φλαβονοειδών που υπάρχουν στο επισπέρμιο του ροδιού, το οποίο χρησιμοποιείται για την πατργωγή χυμού. Αυτές οι χρωστικές δίνουν επίσης το κόκκινο χρώμα στον καρπό και τον χυμό (Afaq *et al.*, 2005). Στο χυμό του ροδιού υπάρχει μεγάλη ποικιλία ανθοκυανών (κυανιδίνη, δελφινιδίνη, πελαργονιδίνη). Τα φαινολικά οξέα που υπάρχουν στο χυμό του ροδιού κατατάσσονται σε 2 ομάδες: στα υδροβενζοϊκά οξέα (γαλλικό και ελλαγικό οξύ) και υδροξυκιναμικά οξέα (καφεϊκό, χλωρογενικό, κουμαρικό οξύ), (Pourazoglou *et al.*, 2010).

2.3.1 Οι ταννίνες

Οι ταννίνες είναι ουσίες στις οποίες οφείλεται συχνά το μαύρο χρώμα και η στιφή γεύση των φρούτων. Οι ταννίνες περιλαμβάνουν τις κατεχίνες, τις λευκοανθοκυανίνες και ορισμένα υδροζυοξέα. Όλες αυτές οι ενώσεις δίνουν χρώμα με μεταλλικά ιόντα. Οι ταννίνες είναι γνωστές και ως δεσφικές ύλες γιατί αντιδρούν με συστατικά του δέρματος και προκαλούν μαύρισμα (tanning). Χημικά οι ταννίνες θεωρούνται προϊόντα αναγωγής των φλαβονών. Η ύπαρξή τους σε πολλά είδη διατροφής όπως καφές, τσάι, ρόδι, κακάο, προσδιορίζει ορισμένες χαρακτηριστικές ιδιότητες όπως το χρώμα και τη στιφή γεύση. Διασπείρονται εύκολα στο ζεστό νερό και δίνουν κολλοειδή διαλύματα. Έτσι παραλαμβάνονται κατά την εκχύλιση τσαγιού και καφέ ή κατά την έκθλιψη φρούτων για την παρασκευή χυμών. Παρουσία μεταλλικών ιόντων δίνουν σκούρα χρώματα και σε αυτήν την ιδιότητα οφείλεται το χαρακτηριστικό χρώμα των ροφημάτων όπως και αυτό του χυμού ροδιού (Μπόσκου, 2004).

Στο ρόδι οι ταννίνες που παρουσιάζονται είναι οι υδροδιαλυτές ταννίνες (ελλαγοταννίνες και γαλλοταννίνες). Οι ελλαγοταννίνες βρίσκονται στο περικάρπιο, το φλοίο, τα άνθη και τους σπόρους (Wang *et al.*, 2006). Οι γαλλοταννίνες βρίσκονται κυρίως στα φύλλα και θεωρούνται παράγωγα του γαλλικού οξέος.

2.3.2 Τα φλαβονοειδή

Τα φλαβονοειδή αποτελούν μια κατηγορία πολυφαινολών και βρίσκονται κατά κύριο λόγο στα φρούτα και στα λαχανικά. Σε αυτά οφείλονται πολλά χρώματα των καρπών και των λουλουδιών (Harborne & Williams, 2000). Είναι κίτρινες χρωστικές ανάλογες στη δομή με τις ανθοκυανίνες (Μπόσκου, 2004). Βρίσκονται στα φύλλα και στους καρπούς ενώ η ποσότητά τους στα κλαδιά και τις ρίζες είναι περιορισμένη. Σήμερα, είναι γνωστά περίπου 400 φλαβονοειδή. Μια από αυτές είναι οι φλαβονόλες που υπάρχουν στο ρόδι και είναι υπεύθυνες για τη στιφή του γεύση. Επίσης στο ρόδι έχουν απομονωθεί οι φλαβόνες, οι ανθοκυανίνες και οι φλαβονο-3-όλες. Το λαμπερό χρώμα του περικαρπίου οφείλεται στις ανθοκυανίνες

και στις φλαβονο-3-όλες, εκ των οποίων το περιεχόμενο μειώνεται ή αυξάνεται ανάλογα με το χρόνο ωρίμανσης (Wang *et al.*, 2010).

Οι ανθοκυανίνες είναι μια κατηγορία κόκκινων , υδατοδιαλυτών χρωστικών. Ιδιαίτερο ρόλο στον καρπό του ροδιού παίζουν η πελαργονιδίνη, η δελφινιδίνη και η κυανιδίνη στις οποίες οφείλει το κόκκινο χρώμα του εξωκαρπίου και του χυμού του.

2.3.3 Τα αλκαλοειδή

Τα αλκαλοειδή είναι αζωτούχα συστατικά των φυτών με βασικές ιδιότητες και τα οποία εμφανίζουν βιολογική δράση στον άνθρωπο και τα ζώα. Βρίσκονται στις ρίζες, τα φύλλα, τους καρπούς και τους φλοιούς. Πρόκειται για οπτικά ενεργές ενώσεις οι οποίες, εκτός ορισμένων περιπτώσεων, είναι άχρωμες, κρυσταλλικές, μη πτητικές, αδιάλυτες στο νερό. Στο ρόδι βρίσκονται στο φλοιό, στο χυμό και στις ρίζες του φυτού και ευθύνονται για τις φαρμακευτικές ιδιότητες του ροδιού.

2.3.4 Τα οργανικά οξέα

Τα οργανικά οξέα αποτελούν υπόστρωμα για τη διεργασία αναπνοής στον καρπό. Κατά κύριο λόγο το κιτρικό και το μαλικό μέσω του κύκλου του TCA οξειδώνονται και σχηματίζονται ATPs για τη σύνθεση νέων συστατικών. Με αυτή τη διεργασία σχηματίζονται πολλοί μεταβολίτες ενώ τα οργανικά οξέα χρησιμοποιούνται και στη σύνθεση των συστατικών αρώματος και γεύσης του χυμού. Οι σπόροι του ροδιού είναι πλούσιοι σε ακόρεστα λιπαρά οξέα, συμπεριλαμβανομένων και του λινελαϊκού, ελαϊκού, ροδικού, παλμιτικού, στεατικού, λινολενικού οξέος, των οποίων η συνολική περιεκτικότητα αποτελεί το 15,26% του βάρους των σπόρων (Wang *et al.*, 1999). Ο χυμός του ροδιού αποτελείται κυρίως από κιτρικό και μηλικό οξύ αλλά και από τρυγικό, οξαλικό και το ηλεκτρικό οξύ (Poyrazoglou *et al.*, 2002).

Τέλος, άλλες ουσίες που περιέχονται στο χυμό του ροδιού είναι οι στερόλες, οι σακχαρίτες, οι κουμαρίνες και οι λιγνάνες καθώς και η γλυκόζη, φρουκτόζη, σακχαρόζη που συμβάλουν σε μικρότερα ποσοστά στο χρώμα, τη γεύση και τις ιδιότητες του χυμού ροδιού.

2.4 Η συμβολή των φαινολικών συστατικών στην ανθρώπινη υγεία

Οι πολυφαινόλες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο και είναι υπεύθυνες για τις οργανοληπτικές και διατροφικές ιδιότητες των τροφίμων και κυρίως των φυτικών. Η στυφή και πικρή γεύση τροφίμων, ποτών και χυμών είναι αποτέλεσμα της περιεκτικότητας τους σε φαινολικές ενώσεις. Η ανάπτυξη των επιθυμητών οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων είναι αποτέλεσμα των οξειδωτικών μεταβολών όπως για παράδειγμα η καφέ χρώση του κακάο κατά την επεξεργασία ή ο οξειδωτικός πολυμερισμός των πολυφαινολών κατά την παρασκευή μαύρου τσαγιού. Η ενζυμική αντίδραση καφέ χρώσης των φαινολικών ενώσεων (καταλυόμενη από την οξειδάση της πολυφαινόλης) και οι ενζυμικές αντιδράσεις καφέ χρώσεις είναι υπεύθυνες για το ανεπιθύμητο χρώμα και γεύση σε φρούτα και λαχανικά (Ho *et al.*, 1992).

Τα φαινολικά συστατικά είναι ιδιαίτερα ωφέλιμα για τον ανθρώπινο οργανισμό αφού προσφέρουν προστασία έναντι των καρδιοπαθειών και ορισμένων μορφών καρκίνων (Herzog *et al.*, 1995). Επίσης, παρουσιάζουν ένα σύνολο δράσεων, πολλές από τις οποίες είναι ευεργετικές για την ανθρώπινη υγεία. Οι κυριότερες δράσεις που αποδεικνύονται ωφέλιμες στην υγεία είναι οι εξής παρακάτω:

Παρουσιάζουν αντιοξειδωτική δράση, κυρίως οι ταννίνες οι οποίες αυξάνουν τα επίπεδα HDL και μειώνουν τα επίπεδα LDL χοληστερόλης στο αίμα. Χάρη σ' αυτή τη δράση τους προστατεύουν την LDL χοληστερόλη από οξείδωση και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της αποτιθέμενης χοληστερόλης στους ιστούς και στη συνέχεια τη μείωση του ρυθμού παραγωγής της αθηρωματικής πλάκας, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιοπαθειών. Η αρτηριοσκλήρυνση είναι

η κυριότερη αιτία των περισσότερων καρδιαγγειακών ασθενειών. Η αρτηριοσκλήρυνση είναι μια φλεγμονώδης νόσος που χαρακτηρίζεται από αυξημένη συκέντρωση λιπιδίων στο εσωτερικό των αρτηριών. Το πρόβλημα ξεκινά με τη συσσώρευση τροποποιημένων χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεϊνών (LDL) στο εσωτερικό των αρτηριών οι οποίες στη συνέχεια με τη βοήθεια κάποιων οξειδωτικών ενζύμων διαφοροποιούνται σε μακροφάγα τα οποία με τη σειρά τους πεθαίνουν και προκαλούν περαιτέρω οξειδώσεις των λιποπρωτεϊνών. Η συσσώρευση του λίπους των πρωτεϊνών μαζί με κολλαγόνο και αιμοπετάλια μειώνουν τη διάμετρο των αρτηριών εμποδίζοντας έτσι τη ροή του αίματος και τη μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς. Στο στάδιο που η αθηρωματική πλάκα αυξηθεί πολύ μπορεί να προκαλέσει θρόμβωση και έμφραγμα (Κοντόζογλου, 2011). Επίσης, έχει αποδειχθεί να παρουσιάζουν και αντιφλεγμονώδη δράση στη διέγερση των αιμοπεταλίων καθώς και να περιορίζουν την προσκόλληση των μονοκυττάρων στις αρτηρίες κατά τη φλεγμονώδη απόκριση της αρτηριοσκλήρυνσης (Kobuchi *et al.*, 1999).

Παρουσιάζουν αντιμικροβιακή και αντιβακτηριδιακή δράση. Σε σχετική έρευνα αποδείχθηκε πως εκχύλισμα από το φλοιό του ροδιού με 38% ελλαγικό οξύ έδρασε ανασταλτικά στην ανάπτυξη ορισμένων θετικών Gram+ βακτηρίων. Επίσης, το εκχύλισμα φάνηκε να έχει κάποιες αντιφλεγμονώδη ιδιότητες καθώς περιορίσε την παραγωγή οξειδίου του αζώτου ενώ παρουσίασε και αντιαλλεργικές ιδιότητες (Panichayupakaranant *et al.*, 2010).

Έχουν αγγειοδιασταλτική δράση διαμέσου της παραγωγής ενδοκυτταρικού NO. Ο χυμός και το εκχύλισμα ροδιού αύξησαν τα επίπεδα διοξειδίου του αζώτου (NO) στο πλάσμα μια ουσία που βοηθάει στην διεύρυνση των αγγείων, ενώ παράλληλα αυξήθηκε και η έκφραση της συνθάσης του οξειδίου του αζώτου. Τα δεδομένα αυτά δείχνουν τη θετική επίδραση των συστατικών του ροδιού για την αντιμετώπιση του μεταβολικού συνδρόμου.

Προστατεύουν το DNA από ενδοκυτταρικές προσβολές-Αντικαρκινικές ιδιότητες. Ο καρκίνος είναι μια ασθένεια που οφείλεται είτε σε γενετικούς παράγοντες δηλαδή κάποια ανωμαλία στα γονίδια είτε, στις περισσότερες περιπτώσεις, σε εξωγενείς παράγοντες όπως το κάπνισμα, οι μολύνσεις, η έκθεση σε ακτινοβολία, η έλλειψη σωματικής άσκησης και η περιβαλλοντική ρύπανση. Τα

καρκινικά κύτταρα παρουσιάζονται όταν το γονίδιο που ρυθμίζει την ανάπτυξη του έχει μεταλλαχθεί οδηγώντας έτσι σε ανεξέλεγκτη ανάπτυξη του ιστού. Ο οργανισμός διαθέτει πολλούς μηχανισμούς ελέγχου των λειτουργιών των γονιδίων αλλά πολλές φορές αυτοί δεν είναι επαρκείς. Η μετάλλαξη ενός φυσιολογικού κυττάρου σε καρκινικό περνάει από πολλά στάδια μέσα σε ένα διάστημα χρόνων ή και δεκαετιών. Στο αρχικό στάδιο λαμβάνει χώρα η αντίδραση μεταξύ του καρκινογόνου και του DNA του ιστού. Το δεύτερο στάδιο (promotion) μπορεί να διαρκέσει πολλούς μήνες ή και χρόνια κατά τα οποία ο ασθενής αλλάζοντας την διατροφή και τον τρόπο ζωής του να μειώσει τις πιθανότητες εξέλιξης της ασθένειας. Στην Τρίτη φάση της εξέλιξης της ασθένειας ο καρκίνος εξαπλώνεται και οι αλλαγές στην διατροφή δεν μπορούν να τον εμποδίσουν. Ένας μηχανισμός που θεωρείται πως συμβάλλει στην ανάπτυξη του καρκίνου είναι η οξειδωση του DNA. Αν το κύτταρο με το αλλοιωμένο DNA διαχωριστεί προτού επέμβουν οι διορθωτικοί μηχανισμοί τότε η γενετική αλλοίωση παραμένει οδηγώντας στην καρκινογένεση (Reddy *et al.*, 2003).

Τέλος, άλλες δράσεις που έχουν τα φαινολικά συστατικά του χυμού ροδιού είναι προστασία των επιθηλιακών κυττάρων του αναπνευστικού συστήματος και η συμβολή στην απορρόφηση μεταλλικών ιόντων. Η κατανάλωση του ροδιού φαίνεται να λειτουργεί ανασταλτικά και στην ανάπτυξη της ασθένειας του Αλτσχάιμερ. Σε πειράματα που έγιναν σε ποντίκια φάνηκε πως όσα καταναλώναν ρόδι είχαν μεγαλύτερες ικανότητες μάθησης και μικρότερες εναποθέσεις αμυλώδους πλάκας στον ιππόκαμπο του εγκεφάλου που σχετίζεται άμεσα με την νέκρωση των εγκεφαλικών νεύρων (Ναβρούζογλου, 2011).

2.5 Οι βιταμίνες του χυμού ροδιού και η δράση τους ως αντιοξειδωτικά

Ο χυμός του ροδιού, εκτός από τα υπόλοιπα θρεπτικά συστατικά που περιέχει, είναι πολύ καλή πηγή βιταμινών. Οι βιταμίνες είναι οργανικά μόρια που λειτουργούν ως συστατικά συνενζύμων ή ενζύμων σε διάφορες χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στον οργανισμό. Απαιτούνται σε πολύ μικρές ποσότητες της τάξεως ανά **mg** ανά ημέρα) και εμπλέκονται σε βασικές λειτουργίες

του οργανισμού όπως η ανάπτυξη και ο μεταβολισμός. Οι βιταμίνες προσλαμβάνονται στον οργανισμό, καθ' ολοκληρίαν ή μερικώς από την τροφή. Διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες τις υδατοδιαλυτές και τις λιποδιαλυτές βιταμίνες. Στις υδατοδιαλυτές βιταμίνες περιλαμβάνονται οι βιταμίνες του συμπλέγματος Β και η βιταμίνη C. Στην κατηγορία των λιποδιαλυτών βιταμινών συγκαταλέγονται οι Α, D, Ε και Κ βιταμίνες. Κάθε κατηγορία βιταμινών αποτελεί και μια συγκεκριμένη λειτουργία για τον οργανισμό και διαφέρει ως προς τη φυσιολογική δράση της.

Όπως είναι εύκολα κατανοητό και ο οργανισμός μεταχειρίζεται τις υδατοδιαλυτές βιταμίνες με διαφορετικό τρόπο από ότι τις λιποδιαλυτές. Ο υδατοδιαλυτές βιταμίνες απορροφώνται στο αίμα, με εξαίρεση τη βιταμίνη Β12, δε διατηρούνται για μεγάλες περιόδους στον οργανισμό. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητος ο ανεφοδιασμός του οργανισμού σε καθημερινή βάση από την τροφή. Αντίθετα με τις υδατοδιαλυτές, οι λιποδιαλυτές βιταμίνες αποθηκεύονται στον οργανισμό σε διάφορα μέρη και σε διαφορετικά ποσοστά.

Ο καρπός αλλά και ο χυμός του ροδιού περιέχουν βιταμίνες Β, Ε, Κ, και σε μεγαλύτερη ποσότητα τη βιταμίνη C. Κάθε μια από αυτές έχουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να κάνουν το ρόδι και το χυμό του ένα προϊόν με υψηλή θρεπτική αξία και ταυτόχρονα να συμβάλλουν στην ανθρώπινη υγεία προστατευτικά.

Η βιταμίνη Ε, ως αντιοξειδωτικό βοηθά στην προστασία των λιπών σε χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτείνες (Mustaciuch, 2007). Συμβάλλει σημαντικά στην υγεία της καρδιάς ενώ βοηθά να διατηρηθεί το αίμα σε μια καλή συνοχή και βοηθά στο σχηματισμό των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διατηρείται κατάλληλη ροή στην κυκλοφορία του αίματος. Επίσης, επιδρά στην δραστηριότητα των ενζύμων και των πρωτεϊνών με αποτέλεσμα να διατηρείται η υγεία στο ανοσοποιητικό και φλεγμονώδες σύστημα του ανθρώπινου σώματος. Τέλος, βοηθά στη ρύθμιση των ουσιών που συμμετέχουν στις λειτουργίες των κυττάρων με αποτέλεσμα να διατηρείται υγιές περιβάλλον στα κύτταρα του σώματος (Zingg, *et al* ., 2004; Trabber, 2007).

Το ρόδι είναι γεμάτο από τις βιταμίνες του συμπλέγματος Β (νιασίνη, θειαμίνη, ροβοφλαβίνη). Το σύμπλεγμα αυτό εξασφαλίζει σωστό μεταβολικό ρυθμό του σώματος και ορθή προώθηση της ανάπτυξης των κυττάρων. Όταν η κατανάλωση της βιταμίνης Β είναι από πηγές όπως το ρόδι, μπορεί να μειωθεί σημαντικά ο κίνδυνος εμφάνισης ασθενειών όπως ο καρκίνος στο πάγκρεας, και να βελτιστοποιηθεί το ανοσοποιητικό και το νευρικό ανθρώπινο σύστημα.

Το ρόδι έχει σε πολύ μικρές ποσότητες βιταμίνη Κ. αυτή η θρεπτική ουσία είναι απαραίτητη για το ανθρώπινο σώμα γιατί βοηθά στον έλεγχο της φυσιολογικής πήξης του αίματος.

Η βιταμίνη C, γνωστή και ως ασκορβικό οξύ, είναι μια από τις πιο ισχυρές βιταμίνες και πολύ καλά γνωστές στην κατηγορία των αντιοξειδωτικών. Ήταν μια από τις πρώτες βιταμίνες που διαδραμάτισαν ένα ρόλο στην απόδειξη της σχέσης μιας ασθένειας και της παρεμπόδισής της με καράλληλη δίαιτα. Η ασθένεια αυτή δεν είναι άλλη από το γνωστό σκορβούτο το οποίο μπορεί να παρεμποδιστεί από την κατανάλωση φρέσκων φρούτων και λαχανικών (Βαρζάκας κ.α, 2008). Ως δότης ηλεκτρονίων είναι ένα ισχυρό υδατοδιαλυτό αντιοξειδωτικό. Η αντιοξειδωτική της δράση έχει αποδειχτεί σε πολλά πειράματα *in vitro* σε ασθένειες του ανθρώπου όπως ο καρκίνος (Sebastian, 2003). Η βιταμίνη C λειτουργεί ως ένα αντιφλεγμονώδη συστατικό και βοηθά στην καταπολέμηση των φλεγμονωδών ασθενειών, συμπεριλαμβανομένης της αρθρίτιδας, της ινομυαλγίας και της χρόνιας κόπωσης. Ένα πλήθος από άλλες συνθήκες μπορεί να βελτιωθεί με τη βιταμίνη C όπως στηθάγχη, βρογχίτιδα, μώλωπες, διαβήτης, ακμή, λοιμώξεις του ουροποιητικού και σκρορβούτο (ασθένεια που προκαλείται από την ανεπάρκεια βιταμίνης C). Επίσης βοηθά στην απορρόφηση σιδήρου γι αυτό χρησιμοποιείται στην αγωγή κατά της αναιμίας (Ball, 2004).

Η βιταμίνη C δεν μπορεί να συντεθεί από το ανθρώπινο σώμα και πρέπει να καλυφθεί από τη διατροφή (π.χ. εσπεριδοειδή, μπρόκολο, τομάτες, γλυκές πιπεριές, ρέβα, ρόδι) ή λαμβάνοντας συνθετική βιταμίνη C (σε ταμπλέτες, ποτά με υψηλή συγκέντρωση βιταμίνης C ή άλλα εμπορικά τρόφιμα στα οποία προστίθεται βιταμίνη C. Η ελάχιστη ημερήσια συνιστώμενη ποσότητα σε βιταμίνη C για έναν ενήλικα για αποφυγή του σκορβούτου είναι 60 mg. Μερικοί άνθρωποι προτείνουν ότι πολύ μεγάλες ημερήσιες δόσεις βιταμίνης C (250-10000 mg), μπορούν να

βοηθήσουν στην αποφυγή του κοινού κρυολογήματος ή τουλάχιστον να μειώσουν τα συμπτώματα του. Βέβαια αυτός ο ισχυρισμός δεν αποδεικνύεται μέχρι στιγμής από κανένα φαρμακευτικό δεδομένο και η ανθρώπινη ποσοτική απαίτηση σε βιταμίνη C παραμένει αμφισβητήσιμη (Βαρζάκας κ.α, 2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΧΥΜΟΥ ΡΟΔΙΟΥ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ

3.1 Γενικά στοιχεία

Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί μεγάλη έμφαση σε προϊόντα που έχουν υποστεί μικρή κατεργασία. Οι καταναλωτές επιθυμούν όλο και περισσότερο υψηλής ποιότητας προϊόντα, δηλαδή ελάχιστα επεξεργασμένα τρόφιμα, υψηλής διατροφικής αξίας με φρέσκο άρωμα, φυσικό χρώμα, καλή γεύση και πάνω από όλα ασφαλή για την υγεία. Η βιομηχανία τροφίμων προσπαθώντας να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις αυτές, έχει βελτιώσει τις ήδη υπάρχουσες τεχνικές και έχει εισάγει νέες τεχνολογίες με σκοπό την προώθηση προϊόντων με ανώτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Μια από τις πιο σημαντικές τεχνικές που εφαρμόζεται στην βιομηχανία τροφίμων για την αύξηση της ποιότητας του προϊόντος μέσω της αύξησης της διατηρησιμότητας του αποτελεί η θερμική επεξεργασία. Ως θερμική επεξεργασία ορίζεται η θέρμανση που εφαρμόζεται στα τρόφιμα σε ορισμένη θερμοκρασία και για ορισμένο χρόνο με στόχο να επιτύχει ένα ή περισσότερους από τους παρακάτω σκοπούς:

1. Να επιφέρει μεταβολές στα τρόφιμα που βελτιώνουν την πεπτικότητα και τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά, ώστε να γίνουν πιο ελκυστικά στον καταναλωτή,
2. Να καταστρέψει τα ενδογενή ένζυμα, τους μικροοργανισμούς, τα έντομα και τα παράσιτα που απαντούν στα τρόφιμα, τα οποία θα μπορούσαν να τα αλλοιώσουν ή να προκαλέσουν ποιοτική υποβάθμιση τους,
3. Να απομακρύνει από το προϊόν την υγρασία με εξάτμιση ώστε να δημιουργηθούν μη ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών,

4. Να απομακρύνει από το προϊόν άλλα πτητικά συστατικά όπως αλκοόλη ή αρωματικές ουσίες προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή νέων προϊόντων.

Το κρίσιμότερο στάδιο στη βιομηχανική επεξεργασία ενός τροφίμου και στην προκειμένη περίπτωση ενός χυμού, είναι η παστερίωση. Ανάλογα με την ένταση της θέρμανσης της επεξεργασίας που χρησιμοποιείται η παστερίωση μπορεί να αντικατασταθεί από μια άλλη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας, την αποστείρωση. Ως παστερίωση (pasteurization) χαρακτηρίζεται η θερμική επεξεργασία που εφαρμόζεται στα τρόφιμα, σε θερμοκρασίες κατά κανόνα μικρότερες από 100 °C, με σκοπό να καταστρέψει :α) τα ενδογενή ένζυμα, β) τις βλαστικές μορφές όλων των παθογόνων μικροοργανισμών και γ) τις βλαστικές μορφές των βακτηρίων, τις ζύμες και τους μύκητες που θα μπορούσαν να αλλοιώσουν το προϊόν κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες διατήρησής του. Από τον παραπάνω ορισμό προκύπτει πως η παστερίωση είναι μια ήπια θερμική επεξεργασία που καταστρέφει τα ενδογενή ένζυμα και τους θερμοευαίσθητους μικροοργανισμούς. Συγκεκριμένα, μόνο τις ζύμες, τους μύκητες και τις βλαστικές μορφές των βακτηρίων και όχι τα σπόρια αυτών. Ως μια ήπια επεξεργασία η παστερίωση προκαλεί μικρές έως ασήμαντες μεταβολές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και τη θρεπτική αξία των τροφίμων και επιτυγχάνει τη συντήρησή τους για περιορισμένο χρονικό διάστημα, λίγων ημερών ή εβδομάδων, κατά κανόνα σε συνδυασμό με άλλη μέθοδο συντήρησης (Μπλούκας, 2004).

Ως αποστείρωση χαρακτηρίζεται η θερμική επεξεργασία των τροφίμων η οποία γίνεται σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 100 °C και αποβλέπει στην καταστροφή των σπορίων των βακτηρίων. Ταυτόχρονα με την αποστείρωση καταστρέφονται και όλες οι βλαστικές μορφές των βακτηρίων, οι ζύμες και οι μύκητες επειδή είναι λιγότερο ανθεκτικοί στη θέρμανση από τα σπόρια των βακτηρίων (Μπλούκας, 2004).

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι επεξεργασίας των τροφίμων που χωρίζονται σε θερμικές και μη θερμικές. Οι θερμικές μέθοδοι είναι μεν πολύ αποτελεσματικές σε ότι αφορά την καταστροφή επικίνδυνων για την υγεία μικροοργανισμών αλλά παράλληλα προξενούν μεγάλες απώλειες στην ποιότητα του τροφίμου, στο χρώμα και τη γεύση του τελικού προϊόντος. Από την άλλη πλευρά οι μη θερμικές

επεξεργασίες έχουν την ικανότητα να απενεργοποιούν τους επιβλαβείς μικροοργανισμούς αλλοίωσης χωρίς να επηρεάζουν την ποιότητα του τροφίμου. Νέες μέθοδοι ηπιότερης επεξεργασίας των τροφίμων έχουν προταθεί τα τελευταία χρόνια ώστε να εξασφαλίσουν μέγιστη θρεπτική αξία και υψηλή ποιότητα στα τρόφιμα.

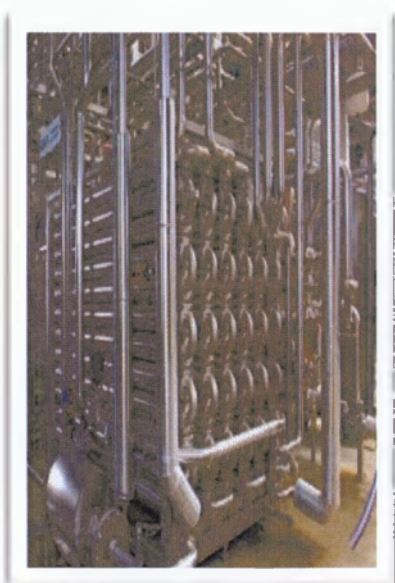
Οι μη θερμικές επεξεργασίες, προσελκύουν το τελευταίο διάστημα όλο και περισσότερο το ενδιαφέρον των ερευνητών και των βιομηχανιών τροφίμων. Μερικές από αυτές είναι η εφαρμογή παλμών ηλεκτρικού πεδίου, υπερύχων, μικροκυμάτων, ακτινοβολίας και ιοντισμού. Μια από τις πιο υποσχόμενες μεθόδους για ήπια συντήρηση τροφίμων συνίσταται στη χρήση υψηλής πίεσης, διότι συνδυάζει την απενεργοποίηση των μικροοργανισμών και ενζύμων με την παραγωγή τροφίμων υψηλής ποιότητας.

3.2 Θερμική επεξεργασία

Η θερμική επεξεργασία αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές τεχνικές που εφαρμόζεται στη βιομηχανία τροφίμων. Η χρήση της στην παραγωγή των χυμών συμβάλλει στην αύξηση της διατηρησιμότητάς τους. Μέσω της θερμικής επεξεργασίας επιτυγχάνεται καταστροφή των παραγόντων αλλοίωσης όπως ανεπιθύμητα ένζυμα και αλλοιωγόνοι μικροοργανισμοί. Δυστυχώς, ταυτόχρονα υποβαθμίζονται οργανοληπτικά και διατροφικά χαρακτηριστικά του τροφίμου. Στόχος των θερμικών διεργασιών είναι η διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων και η επιμήκυνση της διάρκειας της ζωής του τελικού προϊόντος (Stoforos, 1995). Οι θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας περιλαμβάνουν την παστερίωση (με πιο διαδεδομένη την ασηπτική επεξεργασία), την αποστείρωση, την ακτινοβολία με μικροκύματα, υπέρυθη ή ιονίζουσα ακτινοβολία, τη θέρμανση με ραδιοκύματα και την ωμική θέρμανση.

Η θερμική επεξεργασία για να έχει επιθυμητά αλλά και επιτυχημένα αποτελέσματα ακολουθεί ορισμένες βασικές αρχές. Θα πρέπει, σε κάθε περίπτωση να είναι γνωστά για το προϊόν που μας ενδιαφέρει το μικροβιολογικό

του φορτίο και τα ένζυμά του και σε ποιες συνθήκες αυτά καταστρέφονται ή αδρανοποιούνται ώστε η θερμική επεξεργασία να είναι αποτελεσματική. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή και έλεγχος στο εύρος των θερμοκρασιών που θα χρησιμοποιηθούν, ο χρόνος παραμονής του προϊόντος και τα ρεολογικά χαρακτηριστικά του. Στα τρόφιμα όπως είναι οι χυμοί φρούτων, συνήθως υπάρχουν οργανισμοί ευάλωτοι στη θέρμανση. Για το λόγο αυτό δεν είναι απαραίτητες έντονες συνθήκες θερμικής επεξεργασίας. Ανάλογα με την ένταση της θέρμανσης η θερμική επεξεργασία διακρίνεται σε δυο κατηγορίες, στη μέθοδο της παστερίωσης και στη μέθοδο της αποστείρωσης.



Εικόνα 3.1 Σωληνωτός εναλλάκτης θερμότητας για διεργασίες παστερίωσης βιομηχανικής κλίμακας

(Πηγή:<http://www.efps.gr>)



Εικόνα 3.2 Πλακοειδής εναλλάκτης θερμότητας για διεργασίες παστερίωσης βιομηχανικής κλίμακας

(Πηγή:<http://www.efps.gr>)

Στη μέθοδο της παστερίωσης χρησιμοποιούνται θερμοκρασίες υψηλές από 80°C έως 95 °C για μικρό χρονικό διάστημα. Θερμοκρασίες χαμηλότερες από 100 C (Μπλούκας, 2004). Το υψηλό αυτό θερμοκρασιακό εύρος οδηγεί στην καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών διασφαλίζοντας έτσι την ασφάλεια του τροφίμου. Επίσης, στην καταστροφή των αλλοιογόνων μικροοργανισμών και των ανεπιθύμητων ενδογενών ενζύμων που μπορούν να αλλοιώσουν το τρόφιμο. Πολλά από αυτά τα ένζυμα είναι η πολυφαινολική οξειδάση, η περοξειδάση, η

λιποξυγενάση και οι πηκτινάσες, τα οποία αν δεν απενεργοποιηθούν μπορούν να προκαλέσουν μεταβολές στην ποιότητα του τροφίμου ακόμα και υπό συνθήκες κατάψυξης. Η θερμική αντοχή ενός ενζύμου επηρεάζεται σημαντικά από το pH γι' αυτό και τα ένζυμα ανάλογα με το υπόστρωμα παρουσιάζουν διαφορετική ευαισθησία στη θερμοκρασία (Κοντόζογλου, 2011).

Εκτός όμως από την παράμετρο που αφορά στους μικροοργανισμούς, η θερμική επεξεργασία, και συγκεκριμένα η παστερίωση, επηρεάζει και άλλες παραμέτρους της ποιότητας των τροφίμων όπως το χρώμα και τα θρεπτικά συστατικά. Οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν το χρώμα κατά τη θερμική επεξεργασία είναι η θερμοκρασία, ο χρόνος, το ενζυμικό και μη ενζυμικό μαύρισμα, το pH και η οξειδωση. Στο χυμό ροδιού το χρώμα το δίνουν οι ανθοκυανίνες. Από μελέτες που έχουν γίνει έχει αποδειχθεί πως όσο αυξάνεται η οξύτητα, η ενέργεια ενεργοποίησης αυξάνεται, άρα οι σταθερές υποβάθμισης είναι περισσότερο θερμοευαίσθητες σε όξινο περιβάλλον (Rodrigo *et al.*, 2007). Επίσης όσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια ενεργοποίησης τόσο μεγαλύτερη η ευαισθησία των παραμέτρων του χρώματος. Καθώς οι ανθοκυανίνες είναι θερμικά ευαίσθητες αποτελούν έναν χρήσιμο δείκτη της ποιότητας του προϊόντος. Τέλος, η παστερίωση μπορεί να επηρεάσει και διάφορα θερμοευαίσθητα θρεπτικά συστατικά. Ένα από αυτά είναι και η βιταμίνη C. Σε ότι αφορά την επίδρασή της από τη θερμοκρασία, έχει αποδειχθεί πως είναι αρκετά ευαίσθητη σε θερμικές διεργασίες. Κατά συνέπεια, τα θρεπτικά στοιχεία αλλά και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων διατηρούνται καλύτερα με θέρμανση, όταν εκτεθούν σε υψηλότερες θερμοκρασίες για μικρότερο χρονικό διάστημα (Μπλούκας, 2004).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η θερμική επεξεργασία ανάλογα με την ένταση της θέρμανσης που χρησιμοποιεί χαρακτηρίζεται και ως αποστείρωση. Ως αποστείρωση χαρακτηρίζεται η θερμική επεξεργασία των τροφίμων η οποία γίνεται σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 100 °C και αποβλέπει στην καταστροφή των σπορίων των βακτηρίων. Ταυτόχρονα με την αποστείρωση καταστρέφονται και όλες οι βλαστικές μορφές των βακτηρίων, οι ζύμες και οι μύκητες επειδή είναι λιγότερο ανθεκτικοί στη θέρμανση από τα σπόρια των βακτηρίων. Διακρίνεται σε πλήρη αποστείρωση αλλά και εμπορική. Πλήρης αποστείρωση ονομάζεται η θερμική επεξεργασία που επιτυγχάνει την καθολική καταστροφή τόσο των

βλαστικών μορφών όσο και των βλαστικών σπορίων των βακτηρίων που απαντώνται σε ένα τρόφιμο. Εμπορική αποστείρωση ορίζεται η θερμική επεξεργασία με την οποία καταστρέφονται τα σπόρια εκείνων των βακτηρίων τα οποία θα μπορούσαν να πολλαπλασιασθούν κατά τη συντήρηση των τροφίμων, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες διατήρησης και να επιφέρουν την αλλοίωση τους ή να θέσουν σε κίνδυνο την υγεία του καταναλωτή (Μιλπούκας, 2004).

Οι πιο συνηθισμένες θερμοκρασιακές τιμές που απαντώνται στην αποστείρωση είναι 115-130 °C και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα σπόρια και τα τρόφιμα να μην χρειάζεται να δεχτούν καμία άλλα θερμική επεξεργασία. Πολύ συγκεκριμένα ο στόχος της αποστείρωσης είναι η καταστροφή των πλέον ανθεκτικών σπορίων του *Clostridium botulinum* , ενός μικροοργανισμού που παράγει για τον άνθρωπο μια θανατηφόρο τοξίνη. Το προϊόν που προκύπτει μετά την αποστείρωση θεωρείται εμπορικά στείρο χωρίς την παρουσία μικροοργανισμών ικανών να αναπαραχθούν κατά την έκθεσή τους σε συνθήκες συνήθους αποθήκευσης.

Από τα παραπάνω προκύπτει πως η αποστείρωση και δη η εμπορική, είναι μια αυστηρή θερμική επεξεργασία η οποία εξασφαλίζει τη συντήρηση των τροφίμων για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από 6 μήνες, ενώ ταυτόχρονα προκαλεί στο προϊόν μεγαλύτερες απώλειες σε θρεπτικά στοιχεία και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά σε σχέση με την παστερίωση (Tucker, 2003).

3.2.1 Μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα θερμικής επεξεργασίας

Για την επιτυχή εφαρμογή της θερμικής επεξεργασίας απαιτείται η γνώση των πλεονεκτημάτων αλλά και των μειονεκτημάτων που προκύπτουν από τη χρήση της. Τα πλεονεκτήματα της είναι τα ακόλουθα: αποτελεί μια οικονομική και ασφαλή μέθοδο τόσο για τα τρόφιμα όσο και για τον καταναλωτή. Καταστρέφει διάφορες τοξίνες των παθογόνων μικροοργανισμών. Επηρεάζει θετικά τις ιδιότητες των τροφίμων κατά την εφαρμογή της προσφέροντας τρόφιμα χωρίς χημικά

συντηρητικά καθώς και προϊόντα που μπορούν να διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα (Τσορώνης, 2006).

Παράλληλα με την καταστροφή των μικροοργανισμών που επιτυγχάνεται κατά τη διάρκεια των θερμικών επεξεργασιών, συντελούνται μεταβολές στα συστατικά των τροφίμων που προσδίδουν ιδιαίτερο άρωμα, γεύση, οσμή και υφή ενώ παράλληλα καταστρέφονται διάφορα θρεπτικά συστατικά του τροφίμου. Συγκεκριμένα τα μειονεκτήματα της θερμικής επεξεργασίας είναι τα ακόλουθα: Προκαλούνται μεταβολές στο χρώμα των προϊόντων λόγω της καραμελοποίησης των υδατανθράκων και των σακχάρων. Επιφέρει μεταβολή στη δομή των πρωτεϊνών χωρίς όμως να ελαττώνεται η θρεπτική τους αξία. Στους υδατάνθρακες επέρχονται αλλοιώσεις που αφορούν τη διαλυτότητα, την υδρόλυση και τη ζελατινοποίηση του αμύλου. Μαζί με τις πρωτεΐνες δίνουν αντιδράσεις καστανώσης με αντίστοιχα προϊόντα τις μελανίνες, τα οποία έχουν επιβλαβή δράση στον οργανισμό. Τέλος, ευαίσθησια στην εφαρμογή της θερμικής επεξεργασίας παρουσιάζουν και οι βιταμίνες, κυρίως οι υδατοδιαλυτές Β, C ενώ οι λιποδιαλυτές Α, D, Ε παρουσιάζουν αρκετή σταθερότητα.

3.3 Μη θερμικές επεξεργασίες

Στην εποχή μας, οι καταναλωτές απαιτούν τρόφιμα φρέσκα και φυσικά, δηλαδή όσο το δυνατόν λιγότερο επεξεργασμένα. Όμως σε περίπτωση που η βιομηχανία τροφίμων ακολουθήσει αυτή τη τάση του κοινού, χωρίς να εφαρμόσει κατάλληλες διεργασίες, υπάρχει κίνδυνος παραγωγής τροφίμων με μειωμένη διατηρησιμότητα και ασφάλεια. Επομένως ένα από τα αντικείμενα της τεχνολογίας τροφίμων είναι η εύρεση τρόπων παράτασης του χρόνου ζωής των τροφίμων με όσο το δυνατόν φυσικές μεθόδους.

Η θερμική επεξεργασία αποτελεί την πλέον διαδεδομένη μέθοδο επεξεργασίας τροφίμων, η οποία κάνοντας χρήση υψηλών θερμοκρασιών για μικρό χρονικό διάστημα αποσκοπεί στην συντήρηση των τροφίμων, καταστρέφοντας τους παράγοντες αλλοίωσης τους. Ωστόσο κατά τη θερμική

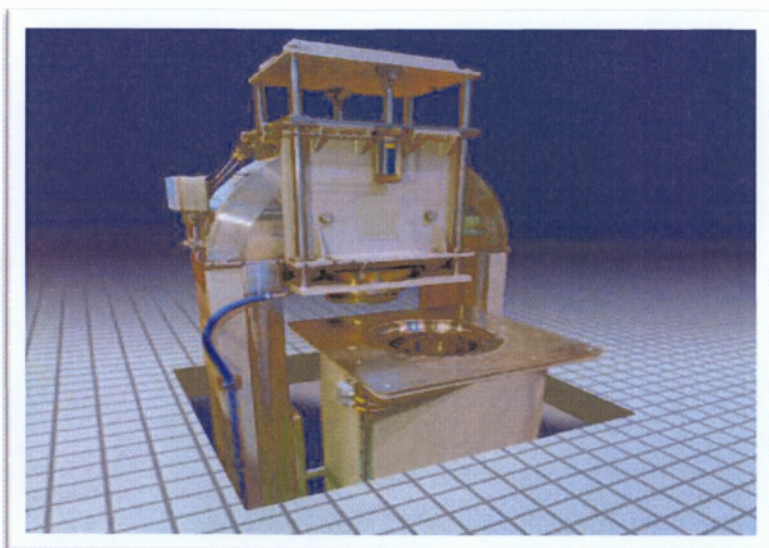
επεξεργασία εξελίσσονται και αντιδράσεις υποβάθμισης της ποιότητας τους. Βασικός στόχος λοιπόν, στόχος των βιομηχανιών τροφίμων αποτελεί η αναζήτηση ηπιότερων μεθόδων επεξεργασίας, που να επιτρέπουν την παραγωγή ασφαλών και υψηλής ποιότητας προϊόντων.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, οι θερμικές μέθοδοι είναι κυρίαρχες στον τομέα της διατήρησης των τροφίμων, επειδή οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και τα ενδογενή ένζυμα, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν ανεπιθύμητες μεταβολές κατά την αποθήκευση τροφίμων, αδρανοποιούνται. Όμως λόγω της απώλειας θερμοευαίσθητων συστατικών (βιταμίνες, άρωμα) που είναι υπεύθυνα τόσο για της οργανοληπτικές όσο και για τις διατροφικές ιδιότητες των τροφίμων, η ποιότητα των θερμικά επεξεργασμένων τροφίμων είναι ιδιαίτερα υποβιβασμένη σε σχέση με αυτή των φρέσκων τροφίμων. Γενικά οι χρησιμοποιούμενες τεχνικές δρουν παρεμποδίζοντας ή επιβραδύνοντας την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Όμως προτιμότερες θα ήταν τεχνικές απενεργοποίησης παρά οι παρεμποδιστικές, ιδιαίτερα όταν ο στόχος είναι η εξάλειψη της πιθανότητας τροφικής δηλητηρίασης. Οι διαθέσιμες τεχνικές που δρουν απενεργοποιώντας τους μικροοργανισμούς στα τρόφιμα (π.χ η αποστείρωση και σε μικρότερο βαθμό η ακτινοβολία) είναι ελάχιστες. Επομένως, υπάρχει μια στροφή στις σύγχρονες τεχνικές που αναπτύσσονται αυτό το διάστημα, οι οποίες έχουν πλέον ως στόχο την απενεργοποίηση των μικροοργανισμών προς παραγωγή «φυσικών» προϊόντων. Στην κατηγορία αυτών των μεθόδων ανήκουν οι παρακάτω μέθοδοι: μικροκύματα, ακτινοβολία ιονισμού, παλμικά ηλεκτρικά πεδία υψηλής τάσης, παλμικό φως υψηλής έντασης, παλλόμενα μαγνητικά πεδία, υπέρηχοι, προσθήκη συντηρητικών, οξύνιση, εφαρμογή υπεριώδους ακτινοβολίας και εφαρμογή υψηλών υδροστατικών πιέσεων. Η τελευταία μέθοδος είναι και η δημοφιλέστερη στην βιομηχανική επεξεργασία τροφίμων.



Εικόνα 3.3 Αυτοματοποιημένη μονάδα υπερυψηλής πίεσης σε οριζόντια διάταξη με μέγιστη πίεση λειτουργίας 600MPa.

(Πηγή: <http://www.hyperbaric.gr>)



Εικόνα 3.4 Αυτοματοποιημένη μονάδα υπερυψηλής πίεσης σε κάθετη διάταξη με μέγιστη πίεση λειτουργίας 600 MPa

(Πηγή: www.hyperbaric.gr)

Αν και η αδρανοποίηση των μικροοργανισμών με την χρήση υψηλών πιέσεων είναι γνωστή από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα σχετικά πρόσφατα έχει αρχίσει η διεξοδική μελέτη για τη βιομηχανοποίηση της. Ο Bridgman (1914) ήταν ο πρώτος που υπέβαλε τρόφιμο (αυγά χήνας) σε πολύ υψηλή πίεση πριν από 100 χρόνια περίπου. Η μέθοδος αναπτύχθηκε για βιομηχανική χρήση στην Ιαπωνία (1990) και εδώ και μερικά χρόνια κυκλοφορούν εμπορικά προϊόντα στα οποία

εφαρμόζεται υψηλή πίεση. Οι περισσότερες μελέτες και εφαρμογές εστιάζουν σε φυτικά προϊόντα. Η Ιαπωνία κατέχει την πρώτη θέση στις εφαρμογές των υψηλών υδροστατικών πιέσεων και στη χώρα αυτή κυκλοφορούν προϊόντα επεξεργασμένα με υψηλή πίεση. Αντίθετα στην Ευρώπη η τεχνολογία αυτή βρίσκεται στο στάδιο της ανάπτυξης και της πιλοτικής παραγωγής (Αρβανιτογιαννης Ι. και Μποσνέα Λ. 2001).

Πίνακας 3.1 Τα πρώτα προϊόντα που επεξεργάστηκαν με την τεχνολογία της υψηλής υδροστατικής πίεσης (Knoorr, 1996).

Προϊόν	Συνθήκες επεξεργασίας
Μαρμελάδες,σαλάτεςφρούτων, ζελέδες φρούτων, γιαούρτι φρούτων	400 MPa, 10-30 min, 20°C
Χυμός grapefruit	120-400 MPa, 2-20 min, 20°C
Χυμός μανταρινιού	300-400 MPa,, 2-3 min, 20°C
Τροπικά φρούτα, χωρίς κατάψυξη στους 18°C	50-200 MPa
Τρυφερότητα βοδινού κρέατος	100-120 MPa, 30-40 min,20°C

Η υπερυψηλή υδροστατική πίεση αποτελεί μια ήπια μη θερμική τεχνολογία η οποία βρίσκει εφαρμογή τα τελευταία χρόνια σε βιομηχανική κλίμακα. Πρόκειται για μια φυσική διεργασία η οποία βασίζεται στην στιγμιαία και ομοιόμορφη μεταφορά της πίεσης σε όλα τα σημεία του τροφίμου μέσω κάποιου υγρού μεταφοράς της πίεσης. Η χρήση υπερυψηλών πιέσεων (έως 1000MPa) έχει

αποδειχθεί ότι προκαλεί απενεργοποίηση των μικροοργανισμών και των ενζύμων που σχετίζονται με την ποιότητα των τροφίμων, διατηρώντας ταυτόχρονα αναλλοίωτα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων, όπως το χρώμα, το άρωμα, τη γεύση και τα θρεπτικά τους συστατικά. Ο συνδυασμός της με θέρμανση (80 °C), θεωρείται ως ο πιο πιθανός τρόπος εφαρμογής της από τη βιομηχανία τροφίμων.

Η εφαρμογή της υψηλής υδροστατικής πίεσης στηρίζεται στην άσκηση υδροστατικών πιέσεων από 100 έως 600 MPa στα τρόφιμα, για ορισμένο χρόνο σε θερμοκρασίες δωματίου ή σε συνδυασμό με ήπια θέρμανση. Κάτω από αυτές τις συνθήκες καταστρέφονται οι μικροοργανισμοί και τα ένζυμα, που θα μπορούσαν να προκαλέσουν την αλλοίωση του προϊόντος, ενώ αυτό διατηρεί το χρώμα του, το άρωμα του και τη γεύση του, δηλαδή τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του νωπού προϊόντος.

Ως υδροστατική πίεση ορίζεται η πίεση τη οποία ασκεί γύρω του το υγρό που βρίσκεται σε ηρεμία σε κάθε επιφάνεια βυθισμένη σε αυτό. Η υδροστατική πίεση ασκείται κάθετα προς την επιφάνεια και είναι ανεξάρτητη από τον προσανατολισμό της. Σύμφωνα με την αρχή του Pascal, αν στην επιφάνεια του υγρού που βρίσκεται σε ηρεμία ασκηθεί εξωτερική πίεση, η πίεση αυτή μεταδίδεται μέσα στο υγρό :α)στιγμιαία και β) ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις. Κατά συνέπεια, αν μέσα σε ένα υγρό που βρίσκεται σε ηρεμία βυθισθεί ένα σώμα και στην επιφάνεια του υγρού ασκηθεί εξωτερική πίεση, η πίεση αυτή: α) θα μεταδοθεί στιγμιαία στην επιφάνεια του σώματος, β) θα είναι κάθετη σε κάθε σημείο της επιφάνειας του σώματος και γ) ο χρόνος για την άσκηση της πίεσης είναι ανεξάρτητος από το μέγεθος και το σχήμα της επιφάνειας του σώματος. Ως μονάδα μέτρησης της υδροστατικής πίεσης είναι το 1Pascal και πολλαπλάσια μονάδα του το 1MPa.

Η διεργασία της υπερυψηλής πίεσης είναι μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος επεξεργασίας τροφίμων η οποία παρέχει τρόφιμα απαλλαγμένα από ανεπιθύμητους μικροοργανισμούς και ένζυμα, προκαλώντας μόνο μια μικρή αλλοίωση των ποιοτικών, θρεπτικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών δίνοντας έτσι τη δυνατότητα επιμήκυνσης της διάρκειας ζωής των επεξεργασμένων τροφίμων. Επίσης, έχει παρατηρηθεί πως η υψηλή υδροστατική

πίεση σε συνδυασμό με τη χρήση θερμοκρασίας γίνεται αποτελεσματικότερη η απενεργοποίηση μικροοργανισμών, βακτηρίων και ενζύμων (Farkaw & Hoover, 2001). Έτσι προσφέρει τη δυνατότητα στη βιομηχανία να παράγει τρόφιμα με υψηλή θρεπτική αξία και υψηλής ποιότητας οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, τα οποία επιπλέον είναι ασφαλή για τον καταναλωτή και έχουν την ικανότητα να συντηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα με ψύξη ή ακόμη και σε συνθήκες περιβάλλοντος. Η δράση των εφαρμογών της εντοπίζεται στα εξής πεδία:

1. Στην αδρανοποίηση των ενζύμων στα λαχανικά και τα φρούτα, όπου περιορίζουν τα προβλήματα μόλυνσης του περιβάλλοντος από το μεγάλο όγκο των αποβλήτων κατά το ζεμάτισμα με θερμό νερό.
2. Στην παστερίωση και την εμπορική αποστείρωση τροφίμων σε μέτριες θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας και την καλύτερη διατήρηση της ποιότητας των προϊόντων.
3. Στη συντήρηση τροφίμων με θερμοκρασίες μικρότερες από 0 °C χωρίς το σχηματισμό παγοκρυστάλλων, με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η υποβάθμιση της ποιότητας των προϊόντων που προκαλεί η κατάψυξη και κυρίως η βραδεία κατάψυξη σε προϊόντα με κυτταρική οργάνωση.
4. Στην τροποποίηση των πρωτεϊνών, οπότε δίνεται η δυνατότητα ανάπτυξης πολλών νέων προϊόντων.
5. Στη γρήγορη τήξη των λιπών και την απόψυξη καταψυγμένων προϊόντων.
6. Στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας άλλων επεξεργασιών.
7. Στην τρυφεροποίηση του κρέατος σε μόλις 10 min.
8. Στην παραγωγή νέων προϊόντων που διατηρούν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της α ύλης.
9. Στην απομάκρυνση εγκλωβισμένων αερίων από τα τρόφιμα.
10. Στην εκχύλιση τροφίμων ή μικροβιακών συστατικών.
11. Στη συσσωμάτωση κόννεων.
12. Στη κάλυψη επιφανειών διαφόρων προϊόντων (Μπλούκας, 2004).

Στην εφαρμογή της υψηλής υδροστατικής πίεσης, οι πιέσεις που ασκούνται κυμαίνονται από 100 μέχρι 600 MPa. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή των βλαστικών μορφών των οργανισμών. Οι περισσότεροι μικροοργανισμοί μπορούν να αντέξουν σε χαμηλές υδροστατικές πιέσεις και να αναπτύσσονται

καλύτερα σε περιβάλλον ατμοσφαιρικής πίεσης. Μπορούν να αντέξουν υδροστατικές πιέσεις από 20 μέχρι 30 MPa, ενώ σε πιέσεις κοντά στα 400 MPa επέρχεται η καταστροφή των βλαστικών κυττάρων. Τα (-) κατά Gram βακτήρια είναι περισσότερο ευαίσθητα από τα Gram (+) βακτήρια στις υψηλές υδροστατικές πιέσεις, ωστόσο υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην αντοχή τους. Παράλληλα, η αντοχή των ζυμών είναι μιας ενδιάμεσης κατάστασης εκείνης των βακτηρίων. Η καταστροφή των βλαστικών κυττάρων των βακτηρίων οφείλεται στην καταστροφή των κυτταρικών μεμβρανών και των κενотоπίων που υπάρχουν στο εσωτερικό των κυττάρων. Τα σπόρια των βακτηρίων σε αντίθεση με τις βλαστικές μορφές, είναι ανθεκτικά στην επίδραση υψηλών πιέσεων. Επιζούν ακόμη και πάνω από 1000 MPa. Για το λόγο αυτό ως μέθοδος συντήρησης εφαρμόζεται σε προϊόντα με χαμηλό pH, στα οποία τα σπόρια δεν μπορούν να αναπτυχθούν (Knorr, 1993).

Πίνακας 3.2 Επίδραση των υψηλών υδροστατικών πιέσεων σε μικροοργανισμούς (Palou *et al.*, 1999).

Μικροοργανισμοί	Συνθήκες	Συνθήκες	Μείωση	Θρεπτικό υλικό
	MPa	Χρόνος (min)		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	300	5	5	Χυμός μανταρινιού
<i>Aspergillus awamori</i>	300	5	5	Χυμός μανταρινιού
<i>Listeria innocua</i>	360	5	1	Βοδινό κρέας σε κιμά

Listeria monocytogenes	350	10	4	Ρυθμιστικό διάλυμα
Vibrio parahaemolyticus	142	10	2.5	Ρυθμιστικό διάλυμα
Salmonella typhimurium	345	10	1.8	Ρυθμιστικό διάλυμα
Ολική μεσόφιλη χλωρίδα	340	5	1.9	Νωπός ανανάς σε φέτες

Η επίδραση της υψηλής πίεσης στις βλαστικές μορφές των μικροοργανισμών επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως η διάρκεια του χρόνου εφαρμογής των υδροστατικών πιέσεων, το στάδιο ανάπτυξης των μικροοργανισμών, η σύνθεση του μέσου ανάπτυξης, η θερμοκρασία, το pH και η δραστηριότητα του νερού.

Τα ένζυμα επηρεάζονται από την πίεση με διάφορους τρόπους. Οι υψηλές υδροστατικές πιέσεις είναι δυνατόν να προκαλέσουν αντιστρεπτές και μη αντιστρεπτές μεταβολές σε διάφορα ένζυμα, με αποτέλεσμα την πλήρη ή μερική αδρανοποίησή τους και σε ορισμένες περιπτώσεις την εντονότερη ενεργοποίησή τους (Asaka & Hayashi, 1991). Μερικά παραδείγματα είναι η ενζυμική μελάνωση της πατάτας, των μήλων, του αχλαδιού. Αυτό οφείλεται στην καταστροφή των ιστών της δομής των προϊόντων ή της διαμόρφωσης αυτής και την αλληλεπίδραση της πολυφαινολοξειδάσης και του υποστρώματος. Η πολυφαινολική οξειδάση είναι το σημαντικότερο ένζυμο που απαντάται στα φρούτα και τα λαχανικά. Η απενεργοποίησή της είναι απαραίτητη ώστε να διασφαλιστεί η σταθερότητα των ανθοκυαννών και άλλων αντιοξειδωτικών και είναι υπεύθυνη για την οξείδωση των φαινολικών ενώσεων τους που οδηγούν στο ενζυμικό μαύρισμα. Το φαινόμενο του ενζυμικού μαυρίσματος θεωρείται μία από

τις σημαντικότερες αιτίες υποβάθμισης της ποιότητας των φυτικών τροφίμων κατά την επεξεργασία και την αποθήκευσή τους. Το ενζυμικό μαύρισμα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στη βιομηχανία τροφίμων και συνεπώς η απενεργοποίηση του ενζύμου που το προκαλεί κρίνεται αναγκαία. Οι αλλαγές αυτές εξαρτώνται από τον τύπο του ενζύμου, τις περιβαλλοντικές συνθήκες, την πίεση, τη θερμοκρασία και το χρόνο επεξεργασίας (Cheftel, 1992).

Τέλος, εκτός από την παράμετρο που αφορά στα ένζυμα και τους μικροοργανισμούς, η εφαρμογή της υψηλής υδροστατικής πίεσης, επηρεάζει και άλλες παραμέτρους των τροφίμων όπως είναι οι οργανοληπτικές τους ιδιότητες μέσω ορισμένων μεταβολών των συστατικών τους. Ορισμένες από αυτές είναι η μεταβολή της δομής του αμύλου και των πρωτεϊνών, των λιπών κ.α. Με την επίδραση των υψηλών πιέσεων οι πρωτεΐνες μετουσιώνονται αντιστρεπτά και μη αντιστρεπτά μεταβάλλοντας τις ιδιότητές τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να καθίσταται ένα μακρομοριακό υπόστρωμα περισσότερο ευαίσθητο στην ενζυμική δράση. Αν υποθέσουμε ότι η κυτταρική μεμβράνη μεταβάλλεται με την εφαρμογή της πίεσης, είναι δυνατόν να απελευθερωθούν ενδοκυτταρικά ένζυμα από εξωκυτταρικά υγρά, συμβάλλοντας στη διευκόλυνση αλληλεπιδράσεων μεταξύ του ενζύμου και του υποστρώματος (Cheftel, 1992). Τρόφιμα που έχει συμβεί αυτό είναι αυγά, σόγια, κρέας, ψάρι λόγω του ότι έχουν περισσότερο κολλώδη εμφάνιση, είναι διαφανείς και μαλακές. Οι μοναδικές ιδιότητες που αποκτούν οι πρωτεΐνες των τροφίμων με την επίδραση των υψηλών πιέσεων, δίνουν τη δυνατότητα παραγωγής πλήθους νέων προϊόντων (Μπλούκας, 2004).

Τα παραπάνω δεδομένα, καθώς και διάφορες αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί αναδεικνύουν την υπεροχή της υπερυψηλής πίεσης ως διεργασία συντήρησης τροφίμων, καθώς επιτρέπει καλύτερη διατήρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών των τροφίμων όπως το χρώμα, η γεύση και η θρεπτική αξία. Συντελούν ακόμη στην ενίσχυση της άποψης ότι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου επηρεάζονται ελάχιστα από την πίεση σε σχέση με την εφαρμογή των θερμικών επεξεργασιών.

3.3.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υπερυψηλής πίεσης

Η εφαρμογή της χρήσης της τεχνολογίας της υπερυψηλής πίεσης αποδεικνύουν την υπεροχή της σε αντίθεση με τις κλασσικές θερμικές μεθόδους επεξεργασίας. Αυτό διαπιστώνεται καλύτερα από τα ακόλουθα πλεονεκτήματα που προσφέρει. Αποτελεί την πιο σπουδαία μη θερμική μέθοδο επεξεργασίας τροφίμων αφού δεν καταστρέφει σημαντικά ποιοτικά συστατικά σε αντίθεση με τη θερμική. Φιλική προς το περιβάλλον. Δεν έχει καθόλου απόβλητα και τα αέρια που χρησιμοποιούνται σε ορισμένες περιπτώσεις ως μέσο μετάδοσης της πίεσης είναι ανακυκλώσιμα. Εξοικονομεί πολύ ενέργεια σε σχέση με τη θέρμανση και δεν προκαλούνται ανεπιθύμητες μεταβολές στην υφή, τη θρεπτική αξία και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων λόγω του ότι οι πιέσεις εφαρμόζονται σε θερμοκρασία δωματίου, σε συνθήκες ψύξης ή σε συνδυασμό με ήπια θέρμανση. Προκειμένου να εξασφαλιστεί επαρκής διάρκεια συντήρησης, δεν είναι απαραίτητη η χρήση συντηρητικών. Απαιτεί ελάχιστο χρόνο επεξεργασίας σε σχέση με αυτόν που χρειάζεται στις θερμικές μεθόδους. Η ανάπτυξη των δυσάρεστων οσμών δεν λαμβάνει χώρα αλλά και η καταστροφή των βιταμινών δεν υφίσταται λόγω του ότι οι πιέσεις δεν καταστρέφουν τους ομοιοπολικούς δεσμούς στις χημικές ενώσεις, έτσι το προϊόν διατηρεί τη θρεπτική του αξία και τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά. Τέλος, επειδή οι υδροστατικές πιέσεις μεταφέρονται στιγμιαία και ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις στο συσκευασμένο τρόφιμο, τις καθιστούν ανεξάρτητες από το μέγεθος και το σχήμα του προϊόντος και ελαχιστοποιούν το χρόνο επεξεργασίας του, σε αντίθεση με τη θέρμανση που απαιτείται ένα χρονικό διάστημα θέρμανσης και ψύξης του προϊόντος (Farr, 1990).

Παράλληλα με τα θετικά αποτελέσματα που έχει η εφαρμογή της υψηλής υδροστατική πίεσης, παρουσιάζονται ορισμένοι παράμετροι στους οποίους φαίνεται να μειονεκτεί, και αυτοί είναι οι ακόλουθοι: απαιτεί υψηλό κόστος εγκατάστασης και η δυναμικότητα παραγωγής του συστήματος είναι μικρή.

3.4 Οι επιπτώσεις της θερμικής και της μη θερμικής κατεργασίας στα τρόφιμα

Μια από τις σπουδαιότερες μεθόδους επεξεργασίας και συντήρησης των τροφίμων είναι η θερμική επεξεργασία. Με τη χρήση της επιτυγχάνονται διάφοροι αντικειμενικοί στόχοι που άλλοτε επηρεάζουν θετικά και άλλοτε αρνητικά τις ιδιότητες των τροφίμων. Βελτιώνει την πεπτικότητα των τροφίμων με τη μετουσίωση που προκαλεί στις πρωτεΐνες και τη ζελατινοποίηση του αμύλου (Μπλούκας, 2004). Καταστρέφει διάφορους παρεμποδιστές που απαντούν στις φυτικές πρωτεΐνες, όπως τον αναστολέα τρυψίνης στα όσπρια. Επίσης, καταστρέφει διάφορες τοξίνες παθογόνων μικροοργανισμών που είναι επικίνδυνες για την υγεία του ανθρώπου. Επιπλέον, οι ανθοκυανίνες που απαντούν σε διάφορα φρούτα και δρουν ως αντιοξειδωτικά έχουν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση μετά από ήπια θέρμανση του προϊόντος. Τα προϊόντα θερμικής επεξεργασίας, όταν συσκευασθούν σε κατάλληλα αποστειρωμένους περιέκτες, μπορούν να διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα και τέλος, μπορούν να παραχθούν τρόφιμα χωρίς χημικά συντηρητικά αφού αποτελεί μια οικονομική και ασφαλή μέθοδος επεξεργασίας τροφίμων.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί παραπάνω, η μέθοδος αυτή δεν επηρεάζει πάντα θετικά τα τρόφιμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μεταβάλλει ή να καταστρέφει συστατικά τροφίμων που προσδίδουν ιδιαίτερο χρώμα, οσμή, γεύση και υφή στα τρόφιμα, καθώς επίσης καταστρέφει ορισμένα θρεπτικά στοιχεία, μειώνοντας έτσι τη θρεπτική αξία των τροφίμων. Για το λόγο αυτό αλλά και για την καλύτερη διατήρηση της ποιοτικής αξίας των τροφίμων, η χρήση της θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην υποβαθμίζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου και η θρεπτική του αξία σε τέτοιο βαθμό ώστε να χάνει την εμπορική του αξία και την ταυτότητά του.

Η υπερυψηλή υδροστατική πίεση (ΥΥΠ), ως εναλλακτική επεξεργασία της θερμικής (παστερίωση ή αποστείρωση), προσφέρει δυνατότητες σημαντικής επιμήκυνσης του χρόνου ζωής, βελτίωσης της οργανοληπτικής ποιότητας (διατήρηση αρωματικών στοιχείων, χρώματος, υφής) όσο και διατήρησης της θρεπτικής και διατροφικής αξίας. Επίσης επιτρέπει την επεξεργασία προϊόντων που άλλως θα είχαν ανάγκη διατροφικά "ανεπιθύμητων" παρεμβάσεων π.χ.

προσθήκη συντηρητικών (Μαλλίδης, 2009). Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της παστερίωσης με εφαρμογή της υπερυψηλής πίεσης έναντι της κλασσικής παστερίωσης με θέρμανση είναι ότι επιδρά καταστρεπτικά σε μεγάλου μοριακού βάρους μόρια όπως τα ένζυμα και οι πρωτεΐνες ενώ αφήνει ανεπηρέαστα μικρότερα μόρια. Ως πιο αποτελεσματικός τρόπος έχει αποδειχθεί πως ο συνδυασμός πίεσης με θερμοκρασία μπορεί να μειώσει στα επιθυμητά όρια τον πληθυσμό των βακτηρίων. Μάλιστα όσο μεγαλύτερη πίεση ασκείται τόσο μικρότερη μπορεί να είναι η θερμοκρασία ώστε να επιτυγχάνεται καταστροφή των σπορίων σε μικρότερη θερμοκρασία από ότι με τις συμβατικές μεθόδους παστερίωσης με θέρμανση.

Παρόλα τα σημαντικά πλεονεκτήματα που η μέθοδος προσφέρει στα προς επεξεργασία τρόφιμα, ο μη σωστός χειρισμός της και ο συνδυασμός με πολύ έντονες συνθήκες παστερίωσης μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές απώλειες και μεταβολές στα τρόφιμα κάτι που είναι ανεπιθύμητο και από τις βιομηχανικές μονάδες και από το καταναλωτικό κοινό που επιθυμούν από κοινού άρτια ποιοτικά τρόφιμα.

3.4.1 Οι επιπτώσεις της θερμικής και της μη θερμικής επεξεργασίας στην αντιοξειδωτική ικανότητα του χυμού ροδιού.

Οι χυμοί των φρούτων εμπεριέχουν πληθώρα θρεπτικών συστατικών που προσδιορίζουν τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες. Σημαντικό συστατικό στο χυμό του ροδιού αποτελούν κατά κύριο λόγο τα φαινολικά συστατικά και ιδιαίτερα οι ταννίνες, ανθοκυανίνες και οι πολυφαινόλες των οποίων η ύπαρξη καθορίζει την αντιοξειδωτική δράση του χυμού ροδιού. Οι παράγοντες που καθορίζουν την επίδραση της θερμικής επεξεργασίας στην αντιοξειδωτική δράση του χυμού είναι το θερμοκρασιακό εύρος που γίνεται η επεξεργασία και ο χρόνος παραμονής στην επεξεργασία αυτή. Μέσα από μελέτες που έχουν γίνει για την επίδραση της θερμικής επεξεργασίας στην αντιοξειδωτική δράση του χυμού ροδιού, διαπιστώθηκε πως η παστερίωση με τη μέθοδο της θερμικής επεξεργασίας υποβαθμίζει τα αντιοξειδωτικά του χυμού. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα

φαινολικά συστατικά είναι ευάλωτα στη θερμοκρασία της επεξεργασίας (80-90 °C) και παρουσιάζουν ευαισθησία. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο παράγοντας χρόνος να μην έχει σημαντική επίπτωση, αφού και μέσω μελετών έχει αποδειχτεί πως δεν παρουσιάζει σημαντική μεταβολή. Συνεπώς, τα συστατικά του χυμού στα οποία οφείλεται η αντιοξειδωτική δράση του χυμού, όπως οι ανθοκυανίνες και οι ταννίνες είναι αρκετά ευάλωτες στη θερμοκρασία σε οποιοδήποτε χρόνο επεξεργασίας. Συνεπώς, οι δυο παράγοντες που καθορίζουν την υποβάθμιση του χυμού κατά τη διάρκεια θερμικής παστερίωσης είναι η θερμοκρασία και ο χρόνος, τα οποία είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους (Gultekin, 2012).

Τα παραπάνω έρχονται σε συμφωνία με επιστημονική έρευνα και πειραματική μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο από την Κοντόζογλου, (2011). Για την επίδραση των μεθόδων στην αντιοξειδωτική δράση του χυμού ροδιού χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των ελεύθερων ριζών DPPH η οποία βασίζεται στην αντίδραση των αντιοξειδωτικών του χυμού ροδιού με τις ελεύθερες ρίζες DPPH. Στην μέθοδο της θερμικής επεξεργασίας χρησιμοποιήθηκαν θερμοκρασίες 80-90 °C για διαφορετικούς χρόνους παραμονής των δειγμάτων του χυμού. Το αποτέλεσμα ήταν τα φαινολικά συστατικά του χυμού να υποβαθμιστούν από το εύρος των θερμοκρασιών και η αντιοξειδωτική ικανότητα των δειγμάτων να μειωθεί σημαντικά έναντι των ανεπεξεργαστων δειγμάτων. Η διάρκεια παραμονής δεν έδειξε σημαντική μεταβολή.

Αντίστοιχα, οι παράγοντες που καθορίζουν την επίδραση της υψηλής υδροστατικής πίεσης στο χυμό ροδιού είναι η θερμοκρασία, ο χρόνος παραμονής και οι πιέσεις που ασκούνται στο τρόφιμο. Μελέτες έδειξαν πως η μέθοδος της υψηλής υδροστατικής πίεσης επιδρά θετικά στην αντιοξειδωτική δράση του ροδιού. Η επίδραση στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών συστατικών από έρευνα που έγινε στο χυμό ροδιού έδειξε να εξαρτάται από το χρόνο επεξεργασίας και την πίεση (μεγάλη πίεση – χρόνος – μικρότερη συγκέντρωση). Από την άλλη μεριά σε θερμοκρασίες άνω των 45 °C και ενδιάμεσες πιέσεις 400 MPa σημειώθηκε αύξηση των φαινολικών συστατικών ενώ σε ακόμη μεγαλύτερες πιέσεις η συγκέντρωσή τους ήταν συγκρίσιμη με αυτού του ενεπεξεργαστου χυμού. Όπως στην περίπτωση των ανθοκυανινών αυτή η αλλαγή συμπεριφοράς

με την αύξηση θερμοκρασίας εξηγείται αν ληφθεί υπ' όψιν η μικρή εναπομείνασα ενεργότητα ενζύμων (Ferrari *et al.*, 2010).

Η επίδραση της υπερυψηλής πίεσης στις ανθοκυανίνες και τις πολυφαινόλες είναι εξίσου σημαντική. Σε πειραματική μελέτη που πραγματοποιήθηκε, φάνηκε ότι οι ανθοκυανίνες μειώνονται με αύξηση της θερμοκρασίας και της πίεσης αλλά δεν επηρεάζονται από το χρόνο επεξεργασίας. Αντίθετα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος παρατηρείται εξάρτηση της συγκέντρωσης τους από το χρόνο παραμονής. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην παρουσία μη απενεργοποιημένων ενζύμων και στην οξειδωση από το οξυγόνο. Όπως οι ανθοκυανίνες και οι πολυφαινόλες παρουσίασαν αντίστοιχη συμπεριφορά (Κοντόζογλου, 2011). Παρατηρήθηκε επίσης, πως για μικρότερες πιέσεις και θερμοκρασίες δεν παρατηρείται μεταβολή της αντιοξειδωτικής ικανότητας, αφού μάλιστα διαπιστώνεται πως η συνολική αντιοξειδωτική δράση του χυμού είναι σχεδόν ίση με αυτή του μη επεξεργασμένου χυμού. Για πιο έντονες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας (600 MPa, 45 °C), παρατηρήθηκε μείωση της αντιοξειδωτικής δράσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα φαινολικά συστατικά δεν επηρεάζονται ιδιαίτερα από την εφαρμογή πίεσης σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ο χυμός φαίνεται να παρουσιάζει μεταβολή της αντιοξειδωτικής δράσης όταν η εφαρμογή πίεσης εφαρμόζεται σε συνδυασμό με θέρμανση όπως η θερμοκρασία των 45 °C (Patras *et al.*, 2009).

Πίνακας 3.3 Συγκέντρωση πολυφαινολικών συστατικών (g/L γαλλικού οξέος) του χυμού ροδιού σε συνάρτηση με την πίεση, τη θερμοκρασία και το χρόνο παραμονής (Ferrari *et al.*, 2010).

Αναφορά	T=25 °C t=5min	T=45 °C t=5min	T=50 °C t=5min
	Συνολική	Συνολική ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ	Συνολική

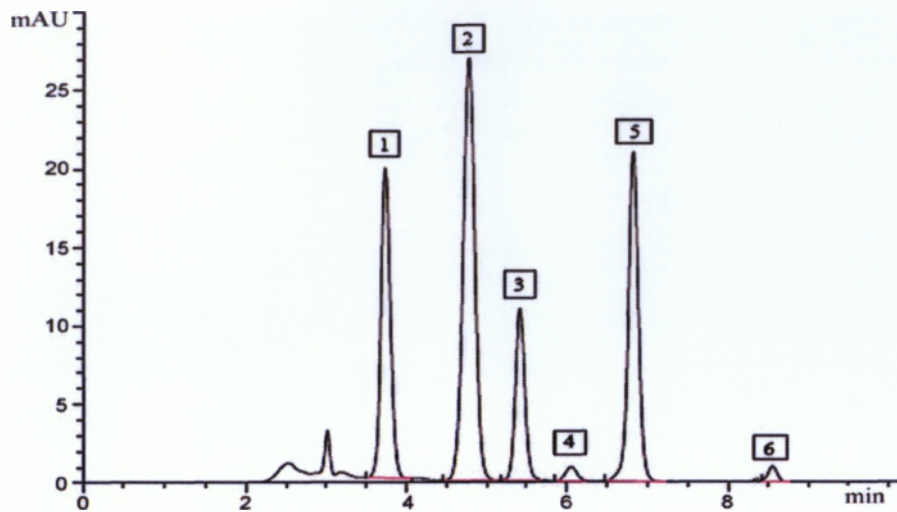
	περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες (g/L γαλλικού οξέος)	πολυφαινόλες (g/L γαλλικού οξέος)	περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες (g/L γαλλικού οξέος)
	1,36	1,36	1,36
400MPa	1,04	1,15	1,48
500MPa	1,14	1,18	1,30
600MPa	1,19	1,02	1,15
	T=25 °C t=10min	T=45 °C t=10min	T=50 °C t=10min
	1,36	1,36	1,36
400MPa	1,27	0,95	1,92
500MPa	0,89	1,13	1,38
600MPa	0,79	1,08	1,32

Συμπερασματικά προκύπτει πως η εφαρμογή της υπερυψηλής πίεσης μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη μείωση της αντιοξειδωτικής δράσης του χυμού όταν η εφαρμογή της συνδυαστεί με θερμοκρασία μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Δεν υποβαθμίζουν τις ανθοκυανίνες και τα φλαβονοειδή στους χυμούς φρούτων και οι πιέσεις μέχρι και 800 MPa δεν είναι ικανές να υποβαθμίσουν συστατικά τροφίμων αλλά και ποιοτικά χαρακτηριστικά

όπως το χρώμα αλλά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Αντίθετα αυτά που δείχνουν να είναι αρκετά ευάλωτα από τη μέθοδο αυτή είναι τα ένζυμα όπως η πολυφαινολική οξειδάση , σε πιέσεις μεγαλύτερες των 300 MPa ακόμα και για λίγα λεπτά μπορούν να απενεργοποιηθούν πλήρως.

3.4.2 Μεταβολές στα οργανοληπτικά συστατικά του χυμού

Η μέθοδος της θερμικής επεξεργασίας, στην επεξεργασία χυμού ροδιού φαίνεται να έχει σημαντικές επιπτώσεις στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του. Στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ανήκουν το χρώμα, η γεύση και το άρωμα του ροδιού. Ως γεύση ορίζεται η μεικτή και ενιαία εμπειρία η οποία περιλαμβάνει τις αισθήσεις της γεύσης, της οσμής. Στο άρωμα περιλαμβάνεται η οσμή (μυρωδιά) και η γεύση. Άρωμα είναι οι πτητικές ενώσεις που γίνονται αντιληπτές με τη μύτη, ενώ υπάρχουν και υποδοχείς γεύσης στο στόμα και επηρεάζονται όταν το τρόφιμο περάσει από εκεί. Ενώ το χρώμα και η οπτική εικόνα (εμφάνιση) μπορεί να είναι τα αρχικά χαρακτηριστικά ποιότητας που μας προσελκύουν σε ένα προϊόν φρούτου ή λαχανικού, η γεύση μπορεί να έχει τον πρώτο ρόλο στην αποδοχή και την επιθυμία για κατανάλωση του τροφίμου (Barrett *et al.*, 2010). Οι ενώσεις των φαινολικών συστατικών είναι υπεύθυνες για το χρώμα , τη δριμύτητα και την πικρή γεύση στο χυμό. Τα περισσότερα φαινολικά συστατικά υπάρχουν στο φλοιό και μπορούν να περάσουν στο χυμό κατά τη συμπίεση. Οι φαινολικές ενώσεις κατά τη θερμική επεξεργασία σχηματίζουν σύμπλοκα με πρωτεΐνες με αποτέλεσμα τη θολότητα στο χρώμα του χυμού. Επίσης, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που διατηρούνται κατά τη θερμική επεξεργασία αυξάνουν την στυπτικότητα στη γεύση του χυμού (Neslihan A. *et al.*, 2005).



Εικόνα 3.5 Χρωματογράφημα ελέγχου των επιμέρους χρωστικών ανθοκυανών του ροδιού ((1) delphinidin 3,5-diglucoside; (2) cyanidin 3,5-diglucoside delphinidin 3-glucoside; (4) pelargonidin 3,5-diglucoside; (5) cyanidin 3-glucoside; (6) pelargonidin 3-glucoside). (Pala & Toklucu, 2010).

Οι θερμοκρασίες 80-90 °C που χρησιμοποιούνται κατά κανόνα στην παστερίωση με θέρμανση δείχνουν να επηρεάζουν το χρώμα του χυμού. Όπως χαρακτηριστικά αποδείχθηκε σε μελέτη σε επεξεργασμένο χυμό, οι τιμές του δείκτη αμαύρωσης είναι κατά πολύ υψηλότερες από μη επεξεργασμένου, φρέσκου χυμού ενώ σε θερμοκρασία στους 45 °C η επίδραση ήταν αμελητέα. Στην συγκεκριμένη μελέτη για τη μέτρηση της επίδρασης της θερμικής επεξεργασίας και της μεθόδου της υπερυψηλής πίεσης χρησιμοποιήθηκε χρωματομέτρο και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε κλίμακα (L, a,b). Η κλίμακα αυτή εκφράζει με το L τη φωτεινότητα και με τις τιμές a, b, τις αποχρώσεις του δείγματος του χυμού ροδιού. Για τον προσδιορισμό της επίδρασης εξετάστηκε η ολική μεταβολή του χρώματος με τη συμβολή ενός δείκτη υποβάθμισης του χρώματος, ο οποίος ονομάζεται δείκτης αμαύρωσης (Κοντόζογλου, 2011). Οι παράγοντες που επιδρούν είναι ο χρόνος και η θερμοκρασία και μεταβάλλουν τον παράγοντα φωτεινότητα του χρώματος. Ο χρόνος επεξεργασίας δεν επιδρά στη μεταβολή του χρώματος σε υψηλές θερμοκρασίες ενώ φάνηκε πως οι ανθοκυανίνες στις οποίες οφείλεται το χρώμα του χυμού αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες και η υποβάθμισή τους οφείλεται κυρίως στη δράση ενζύμων όπως η πολυφαινολική οξειδάση καταλύουν την οξείδωση των φαινολικών συστατικών σε κινόνες στις

οποίες οφείλεται η αλλαγή του χρώματος. Η θερμότητα μπορεί να αυξήσει τη δράση των ενζύμων πολυφαινολική οξειδάση, περοξειδάση, επιταχύνοντας έτσι την υποβάθμιση των ανθοκυανών.

Το μαύρισμα που προκύπτει μετά από την επεξεργασία με θέρμανση οφείλεται και σε μη ενζυμικές αντιδράσεις. Τα σάκχαρα του χυμού συνήθως φρουκτόζη και γλυκόζη αντιδρούν με αμινοξέα όπως αργινίνη και γλουταμίνη. Στη συνέχεια παράγονται ενδιάμεσα προϊόντα όπως η υδροξυμεθυλοφουρφουράλη των οποίων η παρουσία είναι ενδεικτική της μη ενζυμικής αμαύρωσης. Τέλος, σχηματίζονται μελανοϊδίνες στις οποίες οφείλεται η αλλοίωση στο χρώμα (Gogus *et al.*, 1998).

Σχετικά με την επίδραση της πίεσης στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των χυμών από φρούτα έχουν γίνει πολλές μελέτες καθώς οι καταναλωτές επιθυμούν οι χυμοί να είναι σαν φρεσκοστυμένοι, συνεπώς δίνουν μεγάλη σημασία στη γεύση και στο χρώμα. Με αποτελέσματα που έχουν παρατηρηθεί σε διάφορες έρευνες φαίνεται πως η θερμοκρασία και ο χρόνος παραμονής επηρεάζουν το χρώμα. Έχει παρατηρηθεί πως με αύξηση του χρόνου παραμονής αυξάνεται ο δείκτης αμαύρωσης. Η αύξηση αυτή γίνεται εντονότερη με αύξηση της θερμοκρασίας. Αντίθετα σε χαμηλές πιέσεις και θερμοκρασίες (300 MPa, 25-30 °C) και σε συνδυασμό με μικρό χρόνο παραμονής δείχνει να βελτιώνονται οι χρωματικοί παράμετροι. Το φαινόμενο αυτό όπως καταγράφηκε σε μελέτη, δείχνει να οφείλεται στη διάρρηξη των κυτταρικών μεμβρανών με αποτέλεσμα οι ανθοκυανίνες, οι οποίες είναι υπεύθυνες για το χρώμα του χυμού, να περνούν στον εξωκυτταρικό χώρο (Κοντόζογλου, 2011).

Σε έρευνα σε χυμό ροδιού σε θερμοκρασία δωματίου η πίεση συνέβαλε στην αύξηση της παραμέτρου του χρώματος ενώ ο χρόνος επεξεργασίας δε φάνηκε να το επηρεάζει σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 45 °C όμως η πίεση επιδρούσε αρνητικά στο χρώμα (Ferrari *et al.*, 2010). Για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 54 °C παρατηρήθηκε υποβάθμιση της φωτεινότητας και της χρωματικής παραμέτρου. Η παράμετρος αυτή είναι χαρακτηριστική των ανθοκυανίνων που βρίσκονται στο χυμό ροδιού και έχει παρατηρηθεί πως για χαμηλές πιέσεις και για ήπιες θερμοκρασίες το χρώμα των δειγμάτων παρουσιάζει βελτίωση που είναι

ανεξάρτητη του χρόνου επεξεργασίας. Όσο πιο έντονες είναι οι συνθήκες τόσο αυξάνεται η αμαύρωση του χυμού και μειώνεται η φωτεινότητά του .

Σε ότι αφορά τη γεύση και το άρωμα η υπερυψηλή πίεση έχει βρεθεί πως δίνει καλύτερα αποτελέσματα από τις θερμικές επεξεργασίες. Σε μελέτη για το άρωμα σε χυμού ροδιού βρέθηκε πως οι κύριοι παράγοντες που το επηρεάζουν είναι η θερμοκρασία και ο χρόνος παραμονής. Η πίεση για μικρούς χρόνους παραμονής και η θερμοκρασία δε φαίνεται να επηρεάζει το άρωμα. Αντίθετα με αύξηση αυτών των δυο παραγόντων η πίεση μπορεί να υποβαθμίσει τα αρωματικά συστατικά του χυμού (Cadwallader *et al.*, 2010).

3.4.3 Η επίδραση στη συγκέντρωση του περιεχόμενου ασκορβικού οξέος του χυμού ροδιού.

Είναι γνωστό πως για να εξετάσουμε την παράμετρο των επιπτώσεων της θερμικής διεργασίας στη συγκέντρωση της βιταμίνης C του χυμού ροδιού, αρχικά θα πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν την επίδραση του χρόνου παραμονής. Για δείγμα χυμού ροδιού το οποίο επεξεργάστηκε σε πίεση 300MPa, για 60 min, και σε συνδυασμό τριών τιμών θερμοκρασίας 70, 80, 90 °C παρατηρήθηκε ότι η θερμική επεξεργασία υποβάθμισε σημαντικά το χυμό ως προς την περιεκτικότητά του σε βιταμίνη C (Ranu P. & Uma Ghosh., 2011). Αποτελέσματα ερευνών έχουν αποδείξει ότι η συγκέντρωση του L-ασκορβικού οξέος μειώνεται με το χρόνο επεξεργασίας γεγονός που αποδεικνύει την ευαισθησία της στη θερμοκρασία. Βέβαια η μείωση του ασκορβικού οξέος είναι ακόμα μεγαλύτερη όταν η θερμοκρασία συνδυάζεται με υψηλές πιέσεις (Patras *et al.*, 2009).

Τα παραπάνω δεδομένα επιβεβαιώνονται από έρευνα κατά την οποία το δείγμα του χυμού ροδιού επεξεργάστηκε και με τη μέθοδο της υπερυψηλής πίεσης και με τη μέθοδο της κλασσικής παστερίωσης και οι αναλύσεις των δειγμάτων έγιναν μέσω υγρής χρωματογραφικής μεθόδου, ενώ στα δείγματα του χυμού ροδιού προστέθηκε διάλυμα μεταφωσφορικού οξέος. Είναι σημαντικό δε να σημειωθεί ότι τα δείγματα του χυμού περιείχαν μικρές ποσότητες βιταμίνης C.

Κατά την επεξεργασία με τη μέθοδο της υπερυψηλής υδροστατικής πίεσης η επίδραση της πίεσης φάνηκε να είναι αμελητέα στην περιεχόμενη βιταμίνη C, ενώ ο παράγοντας θερμοκρασία έδειξε να επηρεάζει τη βιταμίνη λόγω της έντονης ευαισθησίας της και πολύ περισσότερο όταν η πίεση που εφαρμόστηκε, συνδυάστηκε με υψηλή θερμοκρασία, οδήγησε σε μεγαλύτερη μείωση της περιεχόμενης βιταμίνης C (Κοντόζογλου, 2011).

Σε σύγκριση με την υπερυψηλή πίεση, η θερμική επεξεργασία υποβαθμίζει σε σημαντικό βαθμό το χυμό ως προς την περιεκτικότητα του σε βιταμίνη C. Έρευνες δείχνουν ότι η υψηλή θερμοκρασία και ο χρόνος παραμονής μπορούν να μειώσουν τη συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος, γεγονός που αποδεικνύει πως ακόμη και όταν η έκθεση του προϊόντος κατά την διάρκεια της επεξεργασίας του γίνει ακόμη και σε ελάχιστες θερμοκρασίες, αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της βιταμίνης C ακόμη και στο μισό της (Κοντόζογλου, 2011). Αντίθετα η υψηλή πίεση δεν έχει την ίδια επίδραση διότι η μέθοδος αυτή δεν επηρεάζει σημαντικά μικρά μόρια όπως οι βιταμίνες.

Πίνακας 3.4 Η επίδραση της εφαρμογής της υπερυψηλής πίεσης και του χρόνου στο περιεχόμενο ασκορβικό οξύ μετά από επεξεργασία (Gultekin, 2012).

	5 min	5 min	5 min	10 min	10 min	10 min
	5 °C	15 °C	25 °C	5 °C	15 °C	25°C
200 MPa	98.41 ±5.21	92.73 ±0.19	106.57 ±3.09	66.21 ±2.21	65.18 ±1.66	65.07 ±3.14
300 MPa	107.48 ±2.12	94.09 ±0.70	101.36 ±3.28	58.84 ±0.68	57.14 ±7.66	66.09 ±2.89

400MP	102.26±4.	95.34±1.9	102.60±6.	61.67±2.0	59.86±9.9	62.92±1.7
a	82	3	29	8	4	0

3.4.4 Η επίδραση των θερμικών και μη θερμικών μεθόδων στην ποιότητα και τη διάρκεια ζωής του χυμού ροδιού.

Το κατά πόσο τα διάφορα προϊόντα φρούτων θα γίνουν ανεκτά από τους καταναλωτές επηρεάζεται πολύ από τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά, γεύση-οσμή-εμφάνιση (Rocha *et al.*, 1995).

Έχει διαπιστωθεί μείωση της τυπικής γεύσης των προϊόντων φρούτων ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες επεξεργασίας. Επίσης, λόγω του τραυματισμού και της καταστροφής του φλοιού των φρούτων κατά την επεξεργασία, τα επεξεργασμένα φρούτα είναι πιο ευάλωτα από τα φρέσκα. Η αποφλοιώση και το κόψιμο του φλοιού οδηγούν στη διαρροή των διαφόρων συστατικών των φρούτων που έχουν ως αποτέλεσμα τη μικροβιολογική αλλοίωση και τη μείωση της διάρκειας ζωής των προϊόντων αυτών (Rocha *et al.*, 1995).

Η προσθήκη διαφόρων ουσιών για τη διατήρηση γεύσης και οσμής στα επεξεργασμένα φρούτα και τα παράγωγα προϊόντα τους, έχει παρατηρηθεί ότι επιφέρει διαφορές. Η διάρκεια ζωής των χυμών φρούτων διατηρημένων σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, μετά από οργανοληπτική αξιολόγηση, έχει βρεθεί ότι είναι από 1 έως και 4 μήνες, λόγω των ανεπιθύμητων αλλαγών που συμβαίνουν (Moshonas *et al.*, 1989).

Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι υπάρχει μεγάλη ανάγκη εύρεσης πληροφοριών σε σχέση με τις αλλαγές στη γεύση των προϊόντων των φρούτων κατά τη διάρκεια συντήρησης και συσχέτιση των αλλαγών αυτών με αντικειμενικών μετρώμενες αλλαγές των συστατικών τους.

Ένα πολύ συνηθισμένο φαινόμενο κατά την επεξεργασία και συντήρηση των χυμών είναι ο σχηματισμός χρωστικών σκοτεινού χρώματος. Αποτελεί δε

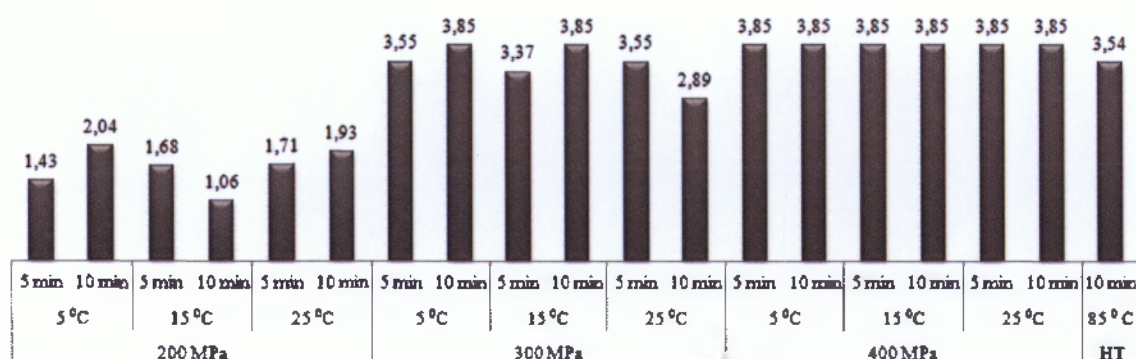
αντικείμενο πολλών μελετών τόσο για την αλλαγή χρώματος που επιφέρει όσο και για την επίδραση στο άρωμα, τη γεύση, την υφή και τη θρεπτική τους αξία (Damasceno *et al.*, 2008). Σε πολλές περιπτώσεις όπως για παράδειγμα στην επεξεργασία του καφέ, του τσαγιού, του κακάο κ.α. ο σχηματισμός του καστανού χρώματος και άλλες αλλαγές είναι αποδεκτές. Παρόλα αυτά όμως τις περισσότερες φορές η αμαύρωση των τροφίμων και δη των χυμών φρούτων είναι ανεπιθύμητη και αυτό διότι η αλλοίωση αυτή καθιστά τα προϊόντα μη αποδεκτά ή και μη εμπορεύσιμα.

Οι αντιδράσεις που οδηγούν στην αμαύρωση των χυμών είναι ποικίλες παρουσιάζοντας ωστόσο το ίδιο αποτέλεσμα (μαύρισμα). Κάποιες από αυτές καταλύονται από ένζυμα, οπότε μιλάμε για ενζυμική αμαύρωση, ενώ άλλες δεν έχουν να κάνουν με ένζυμα και μιλάμε για μη ενζυμική αμαύρωση. Στο χυμό ροδιού το σημαντικότερο αλλοιωγόνο ένζυμο είναι η πολυφαινολική οξειδάση, το οποίο ευθύνεται για την απώλεια χρώματος, θρεπτικών στοιχείων και αλλοίωση της γεύσης. Η αμαύρωση αυτή γίνεται πολύ γρήγορα και απαιτεί την έκθεση του προϊόντος σε οξυγόνο. Η απενεργοποίησή της δεν υπόσχεται πάντοτε θετικά αποτελέσματα διότι η ανθεκτικότητα στην θερμότητα είναι εξαρτώμενη από το υπόστρωμα. Συνεπώς μπορεί να διαφέρει για κάθε ποικιλία ροδιού που επεξεργάζεται βιομηχανικά.

Επίσης, στο χυμό ροδιού συμβαίνουν και μη ενζυμικές αντιδράσεις. Οι αντιδράσεις αυτές επηρεάζονται σημαντικά από διάφορους παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η περιεχόμενη υγρασία, το pH και η παραγωγή ουσιών που παρεμποδίζουν ή επιταχύνουν την αμαύρωση. Στην κατηγορία των μη ενζυμικών αντιδράσεων περιλαμβάνεται η οξειδωση του ασκορβικού οξέος. Ο χυμός του ροδιού λόγω της περιεκτικότητάς του σε ασκορβικό οξύ και παρουσία των αμινοξέων που περιέχει έχει την τάση να μαυρίζει. Αυτό συμβαίνει διότι το ασκορβικό οξύ παρουσία οξυγόνου αρχικά αποικοδομείται σε δι-υδροασκορβικό οξύ το οποίο με αποκαρβοξυλίωση σχηματίζει ξυλοσόνη η οποία με επιπλέον αποικοδόμηση παράγει φουρανικές ενώσεις. Η αποσύνθεση του ασκορβικού οξέος συμβάλλει στο σχηματισμό καφέ ενώσεων. Επίσης, λόγω της καταστροφής του μειώνεται και η διαθεσιμότητα της βιταμίνης C, αλλοιώνοντας έτσι τη θρεπτική αξία του χυμού. Επιπλέον, η επίδραση του pH του χυμού ροδιού στο ρυθμό

αμαύρωσης είναι πολύπλοκη. Το ρόδι είναι ένα φρούτο χαμηλής σχετικά οξύτητας και είναι περισσότερο επιρρεπές σε αυτές τις αντιδράσεις. Βέβαια ύστερα από έρευνα αποδείχθηκε ότι ο παράγοντας pH του χυμού δεν επηρεάζεται από τον τύπο της επεξεργασίας, θερμική ή μη και αυτό είχε ως αποτέλεσμα να παραμένει σταθερό. Αυτό δείχνει πως δεν υπάρχουν διαφορές κατά την επεξεργασία ή την συντήρησή – αποθήκευση του, άρα δεν επηρεάζεται και η διατηρησιμότητά του (Miguel *et al.*, 2004).

Επίσης, οι μέθοδοι παστερίωσης θερμικές και μη θερμικές έχουν στόχο τη θανάτωση των ζώντων μικροοργανισμών και την αποτροπή των σποριδίων τους. Στο χυμό ροδιού υπάρχουν αερόβια μεσόφιλα βακτήρια, μύκητες, μούχλες όπως *B. cereus*, *B.coagulans*, *B.subtilis*, *E.coli*, *K.pneumoniae*, *P.aeruginosa*, *S.aereus*, *A.niger*. Οι μικροοργανισμοί είναι οι κατεξοχήν υπεύθυνοι για την αποσύνθεση των τροφίμων και επηρεάζουν τη γεύση, την εμφάνιση και το άρωμα του. Παρόλη την επεξεργασία που υφίσταται ο χυμός, οι ακραίες συνθήκες που χρησιμοποιούνται δεν εξαφανίζουν πλήρως όλους τους μικροοργανισμούς με αποτέλεσμα να δημιουργούνται μεταβολές κατά τη διάρκεια αποθήκευσης του προϊόντος. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε μεταξύ ανεπεξεργαστων δειγμάτων και παστεριωμένων θερμικά, φάνηκε πως για 6 ημέρες η οσμή και οι χρωματικές του ιδιότητες ήταν σταθερές και ισχυρές. Στη συνέχεια όμως το χρώμα μετατράπηκε σε καφέ και η οσμή του έγινε στυφή και πικρή και θύμιζε σάπιο προϊόν. Αυτό οφείλεται στο αυξανόμενο μικροβιακό φορτίο κατά τη διάρκεια αποθήκευσης (Gultekin, 2012).



Εικόνα 3.6 Η συνολική μείωση των μεσόφιλων αερόβιων βακτηρίων (log cfu/ml) μετά

από επεξεργασία με υψηλή υδροστατική πίεση και και θερμική παστερίωση. (Αρχικό μικροβιακό φορτίο είναι 3.85 cfu/ml), (Gultekin, 2012).

Τέλος, το επόμενο στάδιο μετά την επεξεργασία που εξασφαλίζει ποιότητα και συμβάλλει στην διατηρησιμότητα του χυμού για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα είναι ο χρόνος συντήρησης και η συσκευασία του. Τόσο η θερμική κατεργασία όσο και η συντήρησή του έχουν συνεργιστική δράση στις αντιδράσεις ενζυμικής και μη αμαύρωσης (Simsek *et al.*, 2007). Όσο περισσότερος είναι ο χρόνος συντήρησης τόσο περισσότερες είναι οι έγχρωμες ενώσεις που σχηματίζονται (Buglione, 2002).

Εκτός από τα παραπάνω η συσκευασία του τελικού προϊόντος παίζει σημαντικό ρόλο και μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές των θρεπτικών στοιχείων αυτού. Κυρίως η ύπαρξη οξυγόνου είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα χυμών (Solomon *et al.*, 1995). Ο κορεσμός με οξυγόνο της ελεύθερης επιφάνειας του περιέκτη οδηγεί το χυμό σε αντιδράσεις οξειδωσης που καταλήγουν σε καφέτιασμα, αλλαγές στο χρώμα και απώλεια σε θρεπτική αξία. Οι αντιδράσεις αυτές γίνονται πιο έντονες με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά την παστερίωση, μειώνοντας τη συνολική ποσότητα του προϊόντος κατά τη συντήρηση. Η αλληλεπίδραση του οξυγόνου με τα συστατικά του προϊόντος έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό συνεχόμενων και ταυτόχρονων αντιδράσεων.

Τα παραπάνω στάθηκαν αφορμή για τη διεξαγωγή πολλών ερευνών σχετικά με τον τρόπο που το οξυγόνο επηρεάζει τα διάφορα ποιοτικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά του χυμού ροδιού. Βρέθηκε ότι το οξυγόνο επηρεάζει το ασκορβικό οξύ, το χρώμα (αντιδράσεις αμαύρωσης), το άρωμα και την ανάπτυξη των αερόβιων βακτηρίων (Zerdin *et al.*, 2005). Συνεπώς, η συσκευασία ως ένας προτελευταίος προορισμός πριν τα καταναλωτικά χέρια, θα πρέπει να διατηρεί την ποιότητα και την ασφάλεια του χυμού, να το προστατεύει από περιβαλλοντικές επιδράσεις, να διατηρεί αναλλοίωτη τη φρεσκάδα του, να διαφημίζει το προϊόν, να παρέχει πληροφορίες για τις ιδιότητές του και το σημαντικότερο να συμβάλλει στην επέκταση της διάρκειας ζωής και της διατηρησιμότητας του. Πληρώνοντας τις παραπάνω προδιαγραφές και άλλες πολλές ακόμη, ο χυμός ροδιού θα καθίσταται ένα προϊόν συμβατό με τις επιταγές που προστάζει η σημερινή εποχή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή της υπερυψηλής υδροστατικής πίεσης συγκαταλέγεται στην κατηγορία των μη θερμικών μεθόδων. Αποτελεί μια εναλλακτική μέθοδο ψυχρής παστερίωσης τροφίμων και προϊόντων με υψηλή διατροφική αξία όπως είναι και ο χυμός ροδιού. Έχει αποδειχθεί πως η ανθοκυανίνες, οι πολυφαινόλες και οι ταννίνες που περιέχει, προάγουν την υγεία και λειτουργούν ευεργετικά και ανασταλτικά για διάφορες σημαντικές ασθένειες. Μέσα από την υπάρχουσα βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε, φάνηκε πως η διεργασία της υπερυψηλής πίεσης παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της κλασσικής επεξεργασίας με θέρμανση, καθώς με την πρώτη ο χυμός διατηρεί αναλλοίωτα τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά ενώ με την κλασσική μέθοδο παστερίωσης συμβαίνουν μεταβολές στ χαρακτηριστικά του χυμού. Οι δείκτες ποιότητας που μελετήθηκαν ήταν η αντιοξειδωτική δράση, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του χυμού όπως χρώμα, η γεύση, το άρωμα και η περεκτικότητα του σε ασκορβικό οξύ καθώς και η διατηρησιμότητά του μετά την επίδραση των μεθόδων παστερίωσης.

Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε ότι η αντιοξειδωτική δράση-ικανότητα του χυμού ροδιού, έδειξε να επηρεάζεται αρνητικά όταν επεξεργάζεται με θέρμανση σε αντίθεση με τη μέθοδο της υπερυψηλής πίεσης όπου φάνηκε να μη μειώνεται σημαντικά και να μένει ανεπηρέαστη από την πίεση. Φάνηκε πως οι παράγοντες που παίζουν σημαντικό ρόλο σε αυτήν την παράμετρο είναι ο χρόνος και η θερμοκρασία και στην μη θερμική μέθοδο οι πιέσεις που ασκούνται. Τα σημαντικά αντιοξειδωτικά συστατικά του χυμού ταννίνες και ανθοκυανίνες έδειξαν να είναι ευάλλωτα στις υψηλές θερμοκρασίες της παστερίωσης με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η αντιοξειδωτική ικανότητα του χυμου. Διαπιστώθηκε πως ακόμα και σε υψηλές πιέσεις σε θερμοκρασία γύρω στους 45 °C η αντιοξειδωτική δράση του χυμού διατηρείται και φαίνεται να αλλάζει σε περίπτωση που η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος, χωρίς βέβαια σημαντικές αλλαγές.

Επιπλέον παρατηρήθηκε πως η υποβάθμιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και κυρίως του χρώματος φάνηκε με τη θερμική επεξεργασία να ήταν πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με την υποβάθμιση λόγω της υπερυψηλής πίεσης. Πιο συγκεκριμένα η έρευνα απέδειξε πως η πίεση δεν ασκεί αρνητική

επίδραση στο χρώμα του χυμού, παρά μόνο στην περίπτωση που αυτή συνδυάζεται με θερμοκρασίες πολύ μεγαλύτερες του περιβάλλοντος. Το χρώμα στην περίπτωση του ροδιού οφείλεται στην παρουσία σνθοκθανίνων, ενός ακόμη συστατικού με ευεργετική δράση. Με τη μέθοδο της υπερυψηλής πίεσης, το χρώμα διατηρείται σχεδόν αναλλοίωτο. Έτσι, ο χυμός διατηρεί τα θρεπτικά του συστατικά ενώ παράλληλα έχει ένα οργανοληπτικά ελκυστικό χρώμα. Αντίθετα στη θερμική επεξεργασία τα φαινολικά συστατικά που είναι υπεύθυνα για το χρώμα σχηματίζουν σύμπλοκα με πρωτείνες με αποτέλεσμα να προκαλούν θολότητα στο χυμό καθώς και να αυξάνουν τη σιπτικότητα της γεύσης του. Σε ότι αφορά στο άρωμα σε χυμού ροδιού βρέθηκε πως οι κύριοι παράγοντες που το επηρεάζουν είναι η θερμοκρασία και ο χρόνος παραμονής. Η πίεση για μικρούς χρόνους παραμονής και η θερμοκρασία δε φαίνεται να επηρεάζει το άρωμα. Αντίθετα με αύξηση αυτών των δυο παραγόντων η πίεση μπορεί να υποβαθμίσει τα αρωματικά συστατικά του χυμού.

Επίσης, μελετήθηκε η επίδραση της υπερυψηλής πίεσης αλλά και της θερμικής επεξεργασίας στην περιεχόμενη βιταμίνη C του χυμού. Η βιταμίνη C είναι σημαντικό θρεπτικό συστατικό και καθότι παρουσιάζει σημαντική αντιοξειδωτική δράση, αποτελεί και έναν από τους πιο σημαντικούς δείκτες ποιότητας σε τρόφιμα, όπως είναι τα φρούτα (π.χ εσπεριδοειδή, ρόδι). Όπως και στις άλλες δυο προηγούμενες περιπτώσεις, αποδείχτηκε ότι και η συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος επηρεάζεται ελάχιστα από της εφαρμογή των πιέσεων, ακόμη και πολύ μεγάλων. Αναλυτικότερα, κατά τη διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας η συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος μειώνεται σχεδόν κατά το ήμισυ της αρχικής, ενώ αντίθετα η επίδραση της πίεσης ήταν πολύ μικρή. Και για τη βιταμίνη C ο χρόνος επεξεργασίας φαίνεται να παίζει μεγαλύτερο ρόλο στις διεργασίες όπου συνδυάστηκε πίεση με θερμοκρασία. Από τα δεδομένα αυτά φάνηκε πως η μείωση της συγκέντρωσης του ασκορβικού οξέος σε σχέση με τις διάφορες συνθήκες επεξεργασίας έδειξε ότι η υποβάθμιση της συγκέντρωσης της βιταμίνης C κατά την επεξεργασία με υπερυψηλή πίεση έχει μειωμένες απώλειες.

Τέλος, μελετήθηκε και η επίδραση των μεθόδων στην ποιότητα και διάρκεια ζωής του χυμού. Έγινε αναφορά στις ενζυμικές και μη ενζυμικές αντιδράσεις που οδηγούν σε απώλειες χρώματος, οξειδωση του ασκορβικού οξέος, μείωση της

διαθεσιμότητας της βιταμίνης C, στη μείωση των ζώντων μικροοργανισμών που παρόλες τις συνθήκες που επικρατούν στην επεξεργασία εντούτοις δεν θανατώνονται όλοι με αποτέλεσμα να επηρεάζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Επιπροσθέτως, φάνηκε πως και η συσκευασία σαν τελευταίος προορισμός παίζει σημαντικό ρόλο στη διατηρησιμότητα του χυμού και λειτουργεί αλληλένδετα με την παστερίωση με κοινό αποτέλεσμα την επέκταση διάρκειας ζωής.

Τα δεδομένα της παρούσας εργασίας οδηγούν στο συμπέρασμα πως η τεχνολογία της υπερυψηλής πίεσης υπερτερεί σημαντικά έναντι της συμβατικής θερμικής επεξεργασίας αφού διαπιστώθηκε πως η εφαρμογή της ως μιας εναλλακτικής μεθόδου επεξεργασίας τροφίμων είναι ικανή να υποβαθμίσει σε πολύ μικρό βαθμό τα ποιοτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και να αφήσει σχεδόν αναλλοίωτους τους δείκτες ποιότητας των παραγόμενων και εμπορικά διαθέσιμων προϊόντων, όπως είναι και οι χυμός ροδιού.

Η τεχνολογία της υπερυψηλής πίεσης πλέον εφαρμόζεται όλο και πιο συχνά σε προϊόντα με λειτουργικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες όπως το ρόδι. Καθώς οι βιομηχανίες ακολουθούν τις επιταγές της εποχής και βρίσκονται σε μια συνεχή προσπάθεια βελτιστοποίησης των ποιοτικών παραμέτρων των προϊόντων, κάτι το οποίο η εφαρμογή της υπερυψηλής υδροστατικής πίεσης βρέθηκε ότι μπορεί να επιτύχει, στο μέλλον λοιπόν αναμένουμε πως η χρήση αυτής της τεχνολογίας θα μπορεί να προσφέρει στους καταναλωτές προϊόντα υψηλής ποιότητας που θα διατηρούν τα χαρακτηριστικά ενός φρέσκου τροφίμου με όλα τα πολύτιμα για την υγεία θρεπτικά συστατικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική:

Αδαμόπουλος Κ. (2012). *Χυμοποίηση ροδιού (Punica granatum L.) και παραπροϊόντα βιομηχανίας*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Εργαστήριο Τεχνολογίας, Βιομηχανίας Τροφίμων και Αγροτικών Βιομηχανιών.

Αρβανιτογιάννης Ι. και Μποσνέα Λ. (2001). *Στοιχεία Τεχνολογίας, Μεταποίησης και Συσκευασίας* (Αλληλεπιδράσεις συσκευασίας με τρόφιμα και περιβάλλον). Εκδόσεις: Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών (University Studio Press), Αθήνα.

Βαρζάκας Χ.Θ., Αρβανιτογιάννης Σ.Ι., Τζίφα Ν.Κ. (2008). Έλεγχος Ποιότητας Τροφίμων (Εργαστηριακός Οδηγός). Εκδόσεις: Σταμούλης, Αθήνα.

Βασιλακάκης Μ. (2012). *Η καλλιέργεια της ροδιάς (Punica granatum L.) στην Ελλάδα*. 4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Agrotica, Θεσσαλονίκη.

Βαχαμίδης Π. και Βέμμος Σ. (1999). *Η ροδιά και η καλλιέργεια της*. Γεωργία-Κτηνοτροφία 2, 30-39.

Γάτσιος Κ. (2010). *Η Ροδιά* (Καλλιέργεια-Χρήσεις- Φαρμακευτικές Ιδιότητες) Εκδόσεις: Αγρότυπος, Αθήνα.

Δρογούδη Π. (2009). *Ροδιά (Punica granatum L.)* : Ο «κόκκινος χρυσός» της διατροφικής αξίας, μια εναλλακτική καλλιέργεια για την ελληνική ύπαιθρο. Ινστιτούτο Γεωργοοικονομικών και Κοινωνιολογικών Ερευνών. Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας, ΕΘΙΑΓΕ, 38, 4-6.

Κοντόζογλου Χ. (2011). *Μελέτη της επίδρασης της θερμικής επεξεργασίας και της επεξεργασίας με Υπερυψηλή Πίεση στην αντιοξειδωτική δράση του χυμού από ρόδι*. Διπλωματική εργασία Εθνικού Μετσόβειου Πολυτεχνείου.

Μαλλίδης Κ. (2009). *Εφαρμογή της Υπερυψηλής Υδροστατικής Πίεσης στην Επεξεργασία Τροφίμων*. Ινστιτούτο Γεωργοοικονομικών και

Κοινωνιολογικών Ερευνών. Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας, ΕΘΙΑΓΕ, 26-27.

Μπλούκας Γ.Ι. (2004). *Επεξεργασία και Συντήρηση Τροφίμων*. Εκδόσεις: Σταμούλης, Αθήνα.

Μπόσκου Γ. (2004). *Χημεία Τροφίμων*. Εκδόσεις: Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη.

Στεφανάκη-Νικηφοράκη Μ. (1999). *Συστηματική Βοτανική*. Αγγειόσπερμα. Τόμος Α. Εκδόσεις: Σταμούλη, Αθήνα.

Στυλιανίδης Δ., Σιμώνης Α., Σωτηρόπουλος Θ. και Κουκουρικού- Πετρίδου Μ. (2009). *Το δέντρο της ροδιάς*. Ιστορία, μύθοι, λαϊκή παράδοση. Γεωργία-Κτηνοτροφία 3, 30-34.

Σφακιωτάκης Ε. (2004). *Μετασυλλεκτική Φυσιολογία και τεχνολογία Νωπών Οπωροκηπευτικών Προϊόντων*. Εκδόσεις: tyro MAN , Μ. Μανουσάκης, Θεσσαλονίκη.

Σφλώμος Κ.Σ. (2010). *Χημεία τροφίμων με στοιχεία διατροφής*, Τόμος Ι, Χημεία τροφίμων. Αθήνα.

Τσορώνης Κ. (2006). *Σημειώσεις Εργαστηρίου Συντήρησης Γεωργικών Προϊόντων (Μέρος Α)*. Α.Τ.Ε.Ι Καλαμάτας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας.

Ξενογλώσση:

Afaq F., Sallem M., Krueger C.G., Reed J.D., Mukhtar H. (2005). Anthocyanin and hydrolysable tannin-rich pomegranate fruit extract modulates MARK and NF-kappa B pathways and inhibits skin tumorigenesis in CD-1 mice. *Int. Journal Cancer* 113, 423-433.

- Al-Said F.A., Opara L.U. & Al-Yahyai R.A. (2009). Physico-chemical and textural quality attributes of pomegranate cultivars (*Punica granatum L.*) grown in the Sultanate of Oman. *Journal of Food Engineering* 90, 129-134.
- Aviram M., Dornfeld L., Rosenblat M., Volkova N., Kaplan M., Coleman R., Hayek T., Presser D., Fuhrman B. (2000). Pomegranate juice consumption reduces oxidative stress, atherogenic modifications to LDL, and platelet aggregation : Studies in humans and in atherosclerotic apolipoprotein E-deficient mice. *Am Journal Clint. Nutr.* 71, 1062-1076.
- Asaka M. & Hayashi R. (1991). Activation of polyphenol oxidase in pear fruits by high pressure treatment. *Agric. Biol. Chem.* 55, 2439-2452.
- Ball G.F.M. (2004). *Vitamin C*, In : *Vitamins : their role in the human body* , 393-415. Oxford : Blackwell Publishing.
- Borochoy-Neori H., Sylvie Judeinstein, Effie Tripler, Moti Harari, Amnon Greenberg, Ilan Shomer and Dorrón Holland (2009). Seasonal and cultivar variations in antioxidant and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit. *Journal of Food Composition and Analysis* 22, 189-195.
- Brown A.C. (2007). *Understanding Food: Principles and Preparation Cengage Learning* p.273-286.
- Buglione M., Lozano J. (2002). Non enzymatic browning and chemical changes during grape juice storage. *Journal of Food Science* 67(4), 1538-1543.
- Cadwallader K.R., Tamamoto L.C., Sajuti S.C. (2010). Aroma Components of fresh & Stored Pomegranate (*Punica granatum L.*) Juice. *American Chemical Science* 7, 93-101.
- Cheftel J.C. (1992). Effects of high hydrostatic pressure on food constituents : An overview. In : Balny C, Hayashi R, Heremans K, Masson P, editors. *High Pressure & Biotechnology*, Colloque INSERM 224, 195-209.

- Damascene L.F., Fernandes F.A.N., Magalhaes M.M.A., Brito E.S. (2008). Non enzymatic browning in clarified cashew apple juice during thermal treatment: *Kinetics and process control. Food Chemistry* 106, 172-179.
- Fadavi A., Barzegar M., Azizi M.H., Bayat M. (2005). Physicochemical composition of ten pomegranate cultivars (*Pomegranate granatum L.*) grown in Iran. *Food Science Technology Int.* 11, 113-119.
- Farkas D.F. and Hoover D.G. (2001). High pressure processing, *Journal of Food Processing : Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies*.
- Farr D. (1990). High pressure technology in the food industry. Trends in *Food Science and Technology* 14-16.
- Ferrari G., Maresca P., Ciccarone R. (2010). The application of high hydrostatic pressure for the stabilization of functional foods: pomegranate juice, Original Research Article *Journal of Food Engineering* 100(2), 245-253.
- Fischer U.A., Carle R., Kammerer D.R. (2011). Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum L.*) peel, mesocarp aril and differently produced juices by HPLC-DAD-ESI/MSN, *Food Chemistry* 127, 807-821.
- Foster T.C., Vasavada P.C. (2003). *Beverage quality and safety* CRC Press LLC (chapter 5,7).
- Galaverna G., Di Silvestro G., Gassano A., Sforza S., Docena A., Dridi E., Marchelli R. (2008). A new integrated membrane process for the production of concentrated blood orange juice : Effect on bioactive compounds and antioxidant activity. *Food Chemistry* 106, 1021-1030.
- Gogus F., Bozkurt H., Eren S. (1998). Kinetics of Maillard Reactions Between the Major Sugars and Amino Acids of Boiled Grape Juice, *Lebensm-Wiss-U. Technologies* 31, 196-200.

- Gultekin B.,N. (2012). Effect of High Hydrostatic Pressure Treatment on some Quality Properties Squeezing Pressure Effect & Shelf life of Pomegranate (*Punica granatum*) Juice Against Thermal Treatment. A Thesis Submitted to the Graduate School of Natural & Applied Sciences of *Middle East Technical University*.
- Halliwell, B. (1991). Reactive oxygen species in living systems. *Journal of Medicine American* 91, 145.
- Harborne J.B. and Williams C.A. (2000). Advances in flavonoid research since 1992, *Phytochemistry* 55, 481-504.
- Hertdog M.G.L., Kromhout D., Aravanis C., Blackburn H., Buzina R., Fidanza F., Giampaoli S., Jansen A., Mentotti A., Nedeljkovic S. (1995). Flavonoid intake and long term risk of coronary heart disease and cancer in the seven countries study. *Arch. Intern. Med.* 155, 381-386.
- Hew-Pierce and Kader (2006). Development and control of scald on wonderful pomegranates during long-term storage, *Postharvest Biology and Technology* 41, 234-243.
- Ho C.T., Lee C.Y., Huang M.T. (1992). Phenolic compounds in food and their effects on health I : Analysis occurrence and chemistry. ACS Symposium Series 506. Washington, DC : *American Chemical Society*.
- Hui Y.H., Barta J. (2006). *Handbook of fruits and fruit processing*. Wiley-Blackwell Publishing, p. 166, 209-210.
- Jongen Wim. (2002). *Fruit and vegetable processing improving quality* p. 31, 346-358. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
- Jurenka J. (2008). Therapeutic application of pomegranate (*Punica granatum L.*) : A review. *Alternative Medicine Review* 13, 128-144.
- Juven B.J., Ggel S., Saguel I., Weisslowicz H. (1984). Microbiology of spoilage of a perishable pomegranate product, *International of Food Microbiology* 1(3), 135-139.

- Knorr D. (1993). Effects of high hydrostatic pressure process on food safety and quality, *Food Technology* 47, 156-161.
- Knorr D. (1996). Hydrostatic pressure treatment of food: microbiology. In "new methods of food preservation". G.W.Gould (Ed). *Blackie Academic and Professional*, New York, 159-172.
- Kobuchi H., Roy S., Sen C.K., Nguyen H.G., Packer L. (1999). Quercetin inhibits inducible ICAM-1 expression in human endothelial cells through the JNK pathway, *Am J Physiol* 227, 403-411.
- Lansky E. P., Newman R. A. (2007). *Punica granatum L.* (pomegranate) and its potential for preservation and treatment of inflammation and cancer. *Journal Ethnopharmacology* 109, 177-206.
- Miguel G., Dandlen S., Antunes D., Neves A. & Martins D. (2010). The effect of two methods of pomegranate juice (*Punica granatum L.*) extraction on quality during storage at 4 °C. *J. Biomed. Biotechnology* 5, 332-337.
- Mohamed E.A. (2007). Influences of Pomegranate (*Punica granatum L.*) peel extract on the stability of sunflower oil during deep-fat frying process. *Electronic Journal of Foods & Plants Chemistry* 2, 14-19.
- Moshonas M.G., Shaw P.E. (1989). Flavor Evaluation and Volatile Flavor Constituents of Stored Aseptically Packaged Orange Juice. *Journal Food Of Science* 54(1), 82-85.
- Munoz J.A. (2000). Harvest manipulation and commercialization system of pomegranate (*Punica granatum L.*) *Ciheam, Symposium on Production processing and marketing of pomegranate in the Mediterranean region*, p. 37-39.
- Nagy S., Chen C.S., Shaw P.E. (1993). *Fruit Juice Processing Technology*, *Agscience* 116-123, 485-502.

- Nanda S., Sudhakar Rao D.V., Krishnamurthy S. (2001). Effects of shrink film wrapping and storage temperature on the self-life and quality of pomegranate fruits cv, Ganesh, *Postharvest Biology and Technology* 22(1), 61-69.
- Neslihan A., Bahceci K.S., Acar J. (2005). Influence of Processing and Pasteurization on Color Values and Total Phenolic Compounds of Pomegranate Juice. *Ankara Provincial Control Laboratory, Food Engineering Department Hacettepe University, Turkey.*
- Ozgen M. Purgac C. Serce S. & Kaya C. (2008). Chemical and antioxidant properties of pomegranate cultivars grown in the Mediterranean region of Turkey. *Food Chemistry* 111, 703-706.
- Ozgul-Yucel S. (2005). Determination of conjugated linolenic acid content of selected oil seeds grown in Turkey. *Journal Am. Oil Chemistry Soc.* 82(12), 893-897.
- Pala U.C. & Toklucu K.A. (2010). Effect of UV-C light on antocyanin content and other quality parameter of pomegranate juice. *Department of Food Engineering and Architecture, Turkey.*
- Palou E., Lopez-Malo A., Barbosa-Canovas G.V. and Swanson B.G. (1999). High pressure treatment in food preservation. In *"Handbook of Food preservation"*. M.S. Rahman (Ed). Marcel Dekker, Inc, New York, 533-576.
- Panichayupakaranant P., Tewtrakul S., Yuenyongsawad S. (2010). Antibacterial, anti-inflammatory and anti-allergic activities of standardized pomegranate rind extract, *Food Chemistry* 123, 400-403.
- Patras A., Brutton N.P., Da Pieve S., Butler F. (2009). Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and color of strawberry and blackberry purees, *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 10(3), 308-313.
- Poyrazoglu E., Goekmen V., Artik N. (2002). Organic acids and phenolic compounds in pomegranates (*Punica granatum L.*) grown in Turkey. *Journal Food Composition and Analysis* 15, 567-575.

- Ranu P. & Uma G. (2011). Effect of thermal treatment on ascorbic acid content of pomegranate juice. Departemt of Food Technology & Biochemical Engineering. *Indian Journal Of Biotechnology* 11, 309-313.
- Reddy L., Odhav B., Bhoola K.D. (2003). Natural products for cancer prevention : a global perspective, *Pharmacology and Therapeutics* 99(1), 1-13.
- Rodrigo D., Van Loey A., Hendrickx M. (2007). Combinet thermal and high pressure color degradation of tomato purre and strawberry juice, *Journal of Food Engineering* 79(2), 553-560.
- Rocha A.M.C.N., Brochado C.M., Kirby R., Morais A.M.M.B. (1995). Shelf life of chilled cut orange determined by sensory quality. *Food Control* 6(6), 317-322.
- Scott, G. (1993). *Autoxidation and antioxidants: Historical Perspectives in Atmospheric Oxidation and Antioxidants Vol 1*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Sebastian J., Arie katz., Yaohui Wang., Peter Erk., Oran Kwon., Je-Hyuk Lee., Shenglin Chen., Christopher Corpe., Anand Dulta ., Sudhir K. Dulta., Mark Levine. (2003). *Vitamin C as an antioxidant : Evaluation of its role in disease prevention*. *Journal of the American College of Nutrition*. Published by the American College of Nutrition 22(1), 18-35.
- Simsek A., Poyrazoglu E.S., Karacan S., Velioglu Y.S. (2007). Response surface methodological study on HMF and fluorescent accumulation in red and white grape juices and concentrates. *Food Chemistry* 101, 987-994.
- Solomon O., Svanberg U., Sahlstrom A. (1995). Effect of oxygen and fluorescent light on the quality of orange juice during storage at 8 °C. *Food Chemistry* 53, 363-368.
- Soobrattee M. A., Neergheen V.S., Luximon-Ramma A., Aruona O.I., Bahorum T. (2005). Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents : mechanism and actions. *Mutation Res.* 579, 200-213.

- Sumner M.D., Phd, Elliot-Eller M., RN, MSN, Weidner G., Phd, Daubenmier J.J., Phd, Chew M.H., MD, Marlin R., MD, Rasin C.J., RN, Ornish D., MD, (2005). Effects of pomegranate juice. Consumption on Myocardial Perfusion in Patients With Coronary Heart Disease, *The American Journal of Cardiology* 96(6), 810-814.
- Stiles M. (2007). *Pomegranates*. The pomegranate is a fruit full of symbolism and has a rich and ancient history. *Natural medicine* 30, 42-44.
- Stoforos N.G. (1995). Thermal process design-review. *Food control* 6, 81-94.
- Stover E.D. & Mercure E.W. (2007). The Pomegranate : A new look at the fruit of paradise. *Hortscience* 42, 1088-1092.
- Traber M.G. (2006). *Vitamin E*. In : Shils M.E., Shike M., Ross A.C., Caballero B., Cousins R.J., (eds.), *Modern Nutrition in Health and Disease*, Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins.
- Tucker G.S. (2003). Food bioteterioration and methods of preservation. In "*Food packaging technology*". Coles R., McDowell D., Kirwan M.J. (Ed.). Backwell Publishing, CRC Press, Oxford, U.K. 32-64.
- Tuttle D. (2007). Pomegranate Reverses Atherosclerosis and Slows the Progression of Prostate Cancer. *Life Extension* 72-78.
- Varzakas T. & Arvanitoyiannis I. (2008). Application of ISO22000 and comparison to HACCP for processing of ready to eat vegetables: Part 1. *Institute of Food Science & Technology* 43(10), 1729-1741.
- Varzakas T., Kiokias S., Oreopoulou v. (2008). In vitro activity of vitamins, flovonoids and natural phenolic antioxidants against the oxidative deterioration of oil based systems. *Laboratory of Food Chemistry and Technology. School of Chemical Engineering, National Technical University of Athens* 48(1), 78-93.
- Vermerris, W. and R. Nicholson (2008). *Phenolic Compound Biochemistry*. Springer.

- Wang R.F., Xiang L., Du L.J., Wang W. (2006b). the constituents of *Punica granatum* L. *Asia Pacific Traditional Medicine* 3, 61-70.
- Wang R.F., Xiang L., Du L.J., Wang W. (2010). Pomegranate : *Constituents, Bioactivities and Pharmacokinetics, Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*.
- Wang H., Li Z.X., Li Y. P. (1999). The composition of the fatty acids in the seed oil of *Punica granatum* and its application. *Chinese Journal of Oil* 23, 54-56.
- Wang H., Gao G., Prior G.L. (1996). Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 44, 701-705.
- Zerdin K., Rooneya M.L., Vermueb J. (2003). The Vitamin C content of orange juice packed in an oxygen scavenger material. *Food Chemistry* 82, 387-395.
- Zhang Y., Wang D., Lee R.P., Henning S.M. and Heber D. (2009). Absence of pomegranate ellagitannins in the majority of commercial pomegranate extracts : implications for standardization and quality control. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57, 7395-7400.
- Zing J.M., Azzi A. (2004). *Non antioxidant activities of Vitamin E. Curr. Med. Chem.* 11(9), 1113-1133.