

Φυσικοχημικές και διαιτολογικές ιδιότητες της λυκοπέννης κατά την επεξεργασία της ντομάτας

Εισηγητής: Ιγνατιάδης Παναγιώτης
Επιμέλεια: Σφήκα Ευθυμία

2007

*Φυσικοχημικές και διαιτολογικές ιδιότητες
της λυκοπένης κατά την επεξεργασία της
ντομάτας*

*Physiochemical and dietetics lycopene's
attributes at the elaboration of tomato*

Εισηγητής: Ιγνατιάδης Παναγιώτης
Επιμέλεια: Σφήκα Ευθυμία

2007

Lycopene is the pigment principally responsible for the characteristic deep-red color of ripe tomato fruits and tomato products. It has attracted attention due to its biological and physicochemical properties, especially related to its effects as a natural antioxidant. Although it has no provitamin A activity, lycopene does exhibit a physical quenching rate constant with singlet oxygen almost twice as high as that of β -carotene. This makes its presence in the diet of considerable interest. Increasing clinical evidence supports the role of lycopene as a micronutrient with important health benefits, because it appears to provide protection against a broad range of epithelial cancers. Tomatoes and related tomato products are the major source of lycopene compounds, and are also considered an important source of carotenoids in the human diet. Undesirable degradation of lycopene not only affects the sensory quality of the final products, but also the health benefit of tomato-based foods for the human body. Lycopene in fresh tomato fruits occurs essentially in the all-*trans* configuration. The main causes of tomato lycopene degradation during processing are isomerization and oxidation.

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΡΘΡΟ

Το τελευταίο διάστημα οι ερευνητές εστιάζουν την προσοχή τους στην ταπεινή τομάτα. Η επιστήμη έχει αποκαλύψει ότι η εφαρμογή μιας δίαιτας πλούσιας σε τομάτες μπορεί να βοηθήσει στη μείωση ασθενειών του προστάτη καθώς και του καρκίνου του πνεύμονα. Συγκεκριμένα, ερευνούνται οι ιδιότητες μιας ουσίας με το όνομα λυκοπένη που, όπως πιστεύεται, είναι το κύριο συστατικό της τομάτας το οποίο συμβάλει στην καλή υγεία. Από τις σχετικές έρευνες προκύπτουν όλο και περισσότερα στοιχεία που δείχνουν ότι η λυκοπένη μπορεί να είναι ένα χρήσιμο εργαλείο στην καταπολέμηση ενός ευρέως φάσματος ασθενειών. Η λυκοπένη είναι μέρος μιας ομάδας θρεπτικών στοιχείων γνωστών ως καροτινοειδή. Είναι συγγενής της πιο γνωστής β -καροτίνης και επιτρέπει στο σώμα να αναπτύξει "αντιοξειδωτική" δραστηριότητα. Αυτή η ιδιότητα δίνει στη λυκοπένη τη δυνατότητα να συμβάλει στη μείωση του κινδύνου καρδιακών ασθενειών και καρκίνου που προκαλούνται, τουλάχιστον εν μέρει, από καταστρεπτικά μόρια που ονομάζονται "ελεύθερες ρίζες". Ιδιαίτερο ενδιαφέρον προκαλεί το γεγονός ότι η λυκοπένη, όπως έχει διαπιστωθεί, είναι ισχυρότερο αντιοξειδωτικό από πολλά άλλα θετικά στοιχεία — συμπεριλαμβανομένης και της β -καροτίνης — οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι η προστασία κατά των ασθενειών μπορεί να είναι μεγαλύτερη.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΔΙΑΝΟΜΗ ΛΥΚΟΠΕΝΗΣ ΣΤΑ ΦΡΟΥΤΑ ΝΤΟΜΑΤΩΝ.....	7
Α. Λυκοπένη στα φρούτα ντοματών	7
Β. Βιοσύνθεση λυκοπένης στα κύτταρα φυτού	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΛΥΚΟΠΕΝΗΣ	10
Α. Σωματικές ιδιότητες	10
Β. Χημική δομή.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΛΥΚΟΠΕΝΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ	12
Α. Έρευνες που έγιναν μέχρι σήμερα	12
Β. Όφελος για την ανθρώπινη υγεία -κλινικές περιπτώσιολογικές μελέτες	13
Γ. Διαβήτης και αντιοξειδωτικά ντοματών λυκοπένη.....	16
Δ. Λυκοπένη και υγεία γυναικών.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ (ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ) ΤΗΣ ΛΥΚΟΠΕΝΗΣ ΑΠΟ ΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ.....	22
Α. Επίδραση cis και trans ισομερών	22
Β. Επίδραση της μήτρας τροφίμων.....	23
Γ. Επίδραση του μέσου ελαίου	24
Δ. Επίδραση των τροφικών ινών.....	24
Ε. Αλληλεπίδραση καροτινοειδούς.....	25
ΣΤ. Αύξηση της βιολογικής διαθεσιμότητας της λυκοπένης	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΥΚΟΠΕΝΗΣ ΑΠΟ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΝΤΟΜΑΤΩΝ.....	27
Α. Εξαγωγή λυκοπένης για χημική ανάλυση.....	27
Β. Φασματοφωτομετρική μέθοδος	28
Γ. Μέθοδος HPLC	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΛΥΚΟΠΕΝΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΤΟΜΑΤΩΝ.....	29
Α. Επίδραση της θερμοκρασίας στην υποβάθμιση της λυκοπένης	32
Β. Επίδραση του οξυγόνου στην υποβάθμιση της λυκοπένης.....	33
Γ. Επίδραση της ελαφριάς πυκνότητας στην υποβάθμιση της λυκοπένης.....	33
Δ. Επίδραση των τεχνικών αφυδάτωσης στην υποβάθμιση της λυκοπένης.....	33
Ε. Απώλεια λυκοπένης κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας αποφλοιώσης των ντοματών	34
ΣΤ. Ισομερισμός λυκοπένης στην επεξεργασία τροφίμων.....	35
Ι. Επίδραση της θερμικής επεξεργασίας της λυκοπένης στον ισομερισμό.....	35
ΙΙ. Επίδραση της τεχνολογίας αφυδάτωσης της λυκοπένης στον ισομερισμό.....	37
Ζ. Υποβάθμιση και αλλαγές χρώματος των ντομάτα και τροφίμων που βασίζονται στη ντομάτα.....	38
Η. Σταθερότητα της λυκοπένης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης των τροφίμων που βασίζονται στη ντομάτα	39
Θ. Αντιοξειδωτική εφαρμογή.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ	41
ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ	42
ΠΡΟΦΥΛΑΞΕΙΣ	42
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ.....	43
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	45

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το κόκκινο χρώμα πολλών ειδών φρούτων οφείλεται στην παρουσία λυκοπένης και άλλων καροτινοειδών. Η λυκοπένη είναι μια φυσική χρωστική ουσία που συντίθεται αποκλειστικά από τα φυτά και τους μικροοργανισμούς. Μια από τις λειτουργίες της και το σχετικό είδος καροτινοειδούς είναι ότι πρόκειται να απορροφήσει το φως κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης, προστατεύοντας με αυτόν τον τρόπο τα φυτά από κάθε φωτοευαισθησία. Είναι μεταξύ των πιο διαδεδομένων και σημαντικών φυσικών χρωστικών ουσιών. Δεδομένου ότι η λυκοπένη και άλλα καροτινοειδή είναι η φωτοσύνθεση από τα φυτά και τους μικροοργανισμούς, αποτελούν και την κύρια πηγή όλων των ζωικών καροτινοειδών. Μερικές φορές τα λαμπρά χρώματα της λυκοπένης καλύπτονται από τις πράσινες χρωστικές ουσίες της χλωροφύλλης (όπως τα πράσινα οπωροκηπευτικά και τα φύλλα). Σε κάποιες περιπτώσεις, η περιεκτικότητα χλωροφύλλης μειώνεται όταν τα φυτά ωριμάσουν, αφήνοντας τη λυκοπένη και άλλα καροτινοειδή αρμόδια για τα φωτεινά χρώματα των περισσότερων φρούτων (ανανάς, πορτοκάλι, λεμόνι, γκρέιπφρουτ, φράουλα, ντομάτα, πάπρικα κ.α.) και πολλών λουλουδιών (Eschscholtzia, νάρκισσος). Τα καροτινοειδή συμβάλλουν επίσης στο χρώμα μερικών πουλιών (φλαμίγκο, καναρίνι), καθώς και κάποιων θαλασσιών ζώων (γαρίδες, αστακός, και σολωμός).

Οι ντομάτες είναι σημαντικά γεωργικά προϊόντα παγκοσμίως. Τα φρούτα ντοματών αποτελούνται από το δέρμα, το περικάρπιο και τις μικρές κοιλότητες εσωτερικά. Οι μικρές αυτές κοιλότητες γεμίζουν με «ζελέ» κάποια κύτταρα που περιβάλλουν τους σπόρους. Οι ντομάτες περιέχουν κανονικά «ξερή» ουσία 5 έως 10%, της οποίας περίπου το 75% είναι διαλυτό, και περίπου το 1-3% αυτών αποτελούνται από το δέρμα και το σπόρο. Σχεδόν η μισή από τη συνολική «ξερή» ουσία είναι σαν ζάχαρη, και περίπου το 10% είναι οργανικό οξύ, κυρίως κιτρικά και μηλικά οξέα. Περισσότερο από το 80% των επεξεργασμένων ντοματών υπάρχει υπό μορφή χυμού, πάστας, πουρέ, κέτσαπ και σάλτσας ντοματών. Τα τρόφιμα που προέρχονται από την ντομάτα θεωρούνται υγιή τρόφιμα για διάφορους λόγους. Είναι χαμηλά σε λίπος και σε θερμίδες, σε ελεύθερη χοληστερόλη, και είναι μια καλή πηγή φυτικών ινών και πρωτεΐνης. Επιπλέον, οι ντομάτες είναι πλούσιες σε βιταμίνες Α και C, β-καροτίνη, κάλιο, και φυσικά λυκοπένη. Το χαρακτηριστικό βαθύ κόκκινο χρώμα των ώριμων φρούτων της ντομάτας, το οποίο χρησιμεύει ως ένα μέτρο της συνολικής ποιότητας, οφείλεται κυρίως στη λυκοπένη. Οι ντομάτες και τα τρόφιμα ντοματών είναι οι σημαντικότερες πηγές λυκοπένης και θεωρούνται σημαντικοί συνεισφέροντες παράγοντες καροτινοειδών στην ανθρώπινη διατροφή. Άλλες πηγές λυκοπένης είναι το καρπούζι, η γκουάβα, η παπάγια, και το γκρέιπφρουτ. Η

λυκοπένη είναι ένα σημαντικό συστατικό που δίνει το φυσικό χρώμα στη δόμηση των τροφίμων. Γενικά η χρήση του τοματοπολτού κάνει τη λυκοπένη μια εμπορικά σημαντική φυσική χρωστική ουσία. Εντούτοις, υποβαθμίζεται μέσω του ισομερισμού και της οξείδωσης κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των ντοματών, η οποία έχει έναν άμεσο αντίκτυπο στο αισθητήριο όφελος ποιότητας και υγείας τροφίμων. Η υποβάθμιση της λυκοπένης όχι μόνο έχει επιπτώσεις στην αισθητήρια ποιότητα όπως το χρώμα των τελικών προϊόντων, αλλά και οφέλη υγείας του στους καταναλωτές. Επομένως, είναι βαρυσήμαντο να μελετηθούν τα αποτελέσματα των τροφίμων ντοματών όσον αφορά την επεξεργασία της λυκοπένης, τη σταθερότητα στην παραγόμενη ντομάτα και τη βιολογική διαθεσιμότητα (απορρόφηση) της λυκοπένης από τον ανθρώπινο οργανισμό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Περιεκτικότητα σε λυκοπένη ορισμένων φρούτων και λαχανικών

Υλικό	Περιεκτικότητα σε λυκοπένη (υγρό βάρος mg/100gr)
Φρέσκα φρούτα ντοματών	0,72-20
Καρπούζι	2.3-7,2
Γκοϋάβα (ροζ)	5.23-5,50
Γκρέιπφρουτ (ροζ)	0,35-3,36
Παπάγια	0,11-5,3
Πουρές	0,68-0,71
Καρότο	0,65-0,78
Κολοκύθα	0,38-0,46
Γλυκιά πατάτα	0,02-0,11
Πολτός μήλων	0,11-0,18
Βερίκοκο	0,01-0,05

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΔΙΑΝΟΜΗ ΛΥΚΟΠΕΝΗΣ ΣΤΑ ΦΡΟΥΤΑ ΝΤΟΜΑΤΩΝ

Α. Λυκοπένη στα φρούτα ντοματών

Η λυκοπένη είναι το αφθονότερο καροτινοειδές στις ώριμες ντομάτες και περιλαμβάνει περίπου το 80-90% εκείνων των παρουσών χρωστικών ουσιών. Άλλα καροτινοειδή (α-καροτίνη, β-καροτίνη, λουτεΐνη, και β-κρυπτοξανθίνη) είναι αμελητέα. Το ποσό λυκοπενίου στα φρέσκα φρούτα ντοματών εξαρτάται από την ποικιλία, την ωριμότητα, και τις περιβαλλοντικές συνθήκες κάτω από τις οποίες τα φρούτα ωριμάζουν. Κανονικά, οι ντομάτες περιέχουν περίπου 3 έως 5 mg λυκοπένης ανά 100gr πρώτης ύλης. Τα υψηλότερα ποσά λυκοπένης βρίσκονται σε μερικές ποικιλίες ντοματών. Το 1995 αναφέρθηκε ότι η περιεκτικότητα σε λυκοπένη σε ολόκληρα τα φρούτα ντοματών ήταν περισσότερο από 9.27 mg/100 gr. Μερικές βαθυκόκκινες ποικιλίες περιέχουν περισσότερο από 15 mg ανά 100 gr, ενώ οι κίτρινες ποικιλίες περιέχουν μόνο περίπου 0,5 mg ανά 100 gr. Κάποιοι επιστήμονες το 1977 ανέφεραν ότι η ωριμότητα των συγκομιδών είχε επιπτώσεις στα καροτινοειδή κυρίως στον τοματοπολτό. Επίσης το 1943 κάποιιο διαπίστωσαν ότι υπήρξε μια μεγαλύτερη συγκέντρωση λυκοπένης και άλλων καροτινοειδών στο μίσχο απ' ότι στα άνθη των φρούτων. Το 1961 εξετάστηκε το περιεχόμενο σε λυκοπένη 11 εμπορικών ποικιλιών ντοματών που διαφέρουν αρκετά στους παράγοντες ποικιλίας και ωριμότητας. Σε κάποιο πείραμα βρέθηκε ότι η συγκέντρωση λυκοπενίου στις ντομάτες ήταν υψηλότερη το καλοκαίρι (από τον Ιούνιο μέχρι τον Αύγουστο) και χαμηλότερη το χειμώνα (από τον Οκτώβριο μέχρι τον Μάρτιο). Τα φρούτα ντοματών που ωριμάζουν στο θερμοκήπιο, είτε το καλοκαίρι είτε το χειμώνα, είναι χαμηλότερα σε περιεκτικότητα σε λυκοπένη από τα υπαίθρια φρούτα, και τα πράσινα φρούτα που ωρίμασαν κατά την αποθήκευση τους είναι σημαντικά χαμηλότερα σε λυκοπένη από τα φρούτα της αμπέλου. Από την άλλη, το 1996 αναφέρθηκε ότι οι σχετικά υψηλές θερμοκρασίες (38°C) εμπόδισαν τη φωτοσύνθεση της λυκοπένης ενώ οι χαμηλές θερμοκρασίες εμπόδισαν και την ωρίμανση φρούτων καθώς και την παραγωγή λυκοπενίου. Ο σχηματισμός λυκοπένης εμφανίζεται περίπου 2 ημέρες νωρίτερα εάν τα φρούτα ντοματών αντιμετωπιστούν με αιθυλένιο. Αναφέρεται ότι η σύνθεση λυκοπένης στη μετάλλαξη ενισχύεται από το υψηλό O₂ παρουσία 10 PPM αιθυλενίου. Αφ' ετέρου, η αιθανόλη εμποδίζει την ωρίμανση και τη σύνθεση λυκοπένης στις ντομάτες. Το 1988 διαπιστώθηκε ότι μια μείωση γαλακτάσης είχε σαν αποτέλεσμα να μην συντίθεται λυκοπένη. Κάποιοι άλλοι το 1971 και το 1979 έδειξαν ότι η περιεκτικότητα σε λυκοπένη στα φρούτα ντοματών μπορεί να ενισχυθεί από τις βελτιωμένες τεχνικές με λίπασμα, το χρόνο συγκομιδής και την επιλογή ποικιλίας.

Ο McCallum το 1955 μελέτησε την κατανομή της λυκοπένης και άλλων καροτινοειδών στην

ντομάτα και διαπίστωσε ότι στο εξωτερικό του περικάρπιου υπήρχε το υψηλότερο ποσοστό λυκοπένης και κάποιων καροτινοειδών, ενώ στην κοιλότητα υπήρχε το υψηλότερο ποσοστό καροτίνης. Σύμφωνα με ειδικούς, το δέρμα ντοματών περιέχει 12 mg λυκοπένη ανά 100gr (υγρό βάρος), ενώ ολόκληρη η ώριμη ντομάτα περιέχει μόνο 3,4 mg λυκοπένης/100gr (υγρό βάρος). Επομένως, η συγκέντρωση λυκοπένης στο δέρμα ντοματών είναι περίπου τρεις φορές υψηλότερη απ' ότι σε ολόκληρες τις ντομάτες. Το 1992, επίσης, διαπιστώθηκε ότι το δέρμα και το περικάρπιο των φρούτων ήταν πλούσια σε λυκοπένιο. Το δέρμα ήταν μια πλούσια πηγή λυκοπένης, δεδομένου ότι περιείχε περίπου πέντε φορές περισσότερη λυκοπένη (53,9 mg / 100 gr) από ολόκληρο τον πολτό ντοματών (11 mg / 100 gr). Αυτό δείχνει ότι το μεγαλύτερο μέρος λυκοπενίου βρίσκεται συνδεδεμένο με το αδιάλυτο τμήμα ινών των ντοματών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Μια έρευνα για την περιεκτικότητα της λυκοπένης σε μερικές ποικιλίες ντοματών

Υλικό	Λυκοπένη (υγρό βάρος mg/100gr)	Πηγές
Χυμός από τις ώριμες ντομάτες	3.71	Beerh και Siddappa, 1959
Χυμός από τις πράσινες ντομάτες	0,171	
Χυμός από τις μερικώς ώριμες, κιτρινωπός-κόκκινες ντομάτες (στην Ινδία)	0,240	
Φρέσκια ντομάτα (Ιούνιος- Αύγουστος)	3.8-6,6	Heinonen et Al, 1989
Φρέσκια ντομάτα (Οκτώβριος- Μάρτιος)(στη Φινλανδία)	2.6-3,1	
Φρέσκια ντομάτα (στη Μαλαισία)	0,723	Γράμμα T και Lim, 1991
Φρέσκια ντομάτα (<i>solanum</i> <i>Lycopersicum</i> , μύλος)		Granado et Al, 1992
Κοινός τύπος	1.54-2,69	
Τύπος Κανάριων νήσων	1.32-1,88	
Τύπος αχλαδιών (στην Ισπανία)	54.33-70,21	
Χυμός ντοματών (στο Καμπίνας, της Βραζιλία)	1.09-5,13	Tavares και Rodriguez Amaya, 1994
Φρέσκια ντομάτα (στις Η.Π.Α.)	8.25-10.29	Tonucci et al., 1995

B. Βιοσύνθεση λυκοπένης στα κύτταρα φυτού

Στο κυψελοειδές επίπεδο, η λυκοπένη είναι τοπικά στους χλωροπλάστες των φρούτων ντοματών, και μπορεί να βρεθεί μεταξύ των θυλακοειδών μεμβρανών στο φωτοσυνθετικό σύνθετο σαν ουσία πρωτεΐνης (1999). Στα αρχικά στάδια της ωρίμανσης των φρούτων ντοματών, η κυρίαρχη χρωστική ουσία στους χλωροπλάστες είναι η πράσινη χλωροφύλλη, δεδομένου ότι η χλωροφύλλη υποβιβάζει την αλλαγή χρώματος από πράσινο σε λευκό. Όταν η χλωροφύλλη στους χλωροπλάστες μειώνεται, η λυκοπένη είναι βιοσυνθεμένη με τις συνακόλουθες αλλαγές υπερδομής πρωτοπλάσματος των φρούτων, η οποία οδηγεί στην αλλαγή χρώματος από άσπρο σε κόκκινο. Το τελικό στάδιο του όσον αφορά το χρώμα είναι ο σχηματισμός κρυστάλλων λυκοπένης που καταλαμβάνουν μια μεγάλη μερίδα χρωματοφόρου και εμφανίζονται ως ογκώδη κόκκινα φύλλα στα χρωμοπλάσματα. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις λυκοπένης βρίσκονται στο περικάρπιο. Η βιοσύνθεση λυκοπένης και άλλων καροτινοειδών στις ντομάτες έχει μελετηθεί εκτενώς με τη χρήση ^{14}C ανιχνευτών. Το οξύ Mevalonic, που θεωρείται ένας πρόδρομος μετατροπέας, μετατρέπεται βαθμιαία από μια απώλεια υδρογόνου σε κάθε βήμα, για να παραγάγει λυκοπένη. Αφυδατωμένη γενιά περιλαμβάνεται πιθανότατα σε κάθε βήμα. Κατά συνέπεια, η λυκοπένη υπάρχει ως μικρά σφαιρίδια, στα χρωμόπλάσματα, τα οποία αναστέλλονται στον πολτό ντοματών και στα περισσότερα φρούτα ή ως στερεοί μικροκρυστάλλοι και έτσι ξαναδίνει στην ντομάτα το τυπικό του φωτεινού κόκκινου χρώματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΛΥΚΟΠΕΝΗΣ

Τα καροτινοειδή διανέμονται ευρέως στα φρούτα και τα λαχανικά, και περισσότερα από 600, κυρίως *cis* και *trans* ισομερή, έχουν χαρακτηριστεί σαν φυτικά προϊόντα που οι άνθρωποι καταναλώνουν. Χημικά, τα καροτινοειδή μπορούν να διαιρεθούν σε δύο σημαντικές κατηγορίες. Τα καροτινοειδή, στην πρώτη κατηγορία, που είναι τα ιδιαίτερα ακόρεστα καροτινοειδή υδρογονανθράκων όπως η λυκοπένη, η α-καροτίνη, η β-καροτίνη, η γ-καροτίνη και η ξ-καροτίνη. Αυτά δεν περιέχουν κανένα οξυγονικό παράγοντα και συνήθως είναι πορτοκαλί και κόκκινα στο χρώμα. Τα είδη καροτινοειδούς στη δεύτερη κατηγορία είναι τα λεγόμενα ξανθόφυλλα (π.χ. β-κρυπτοξανθίνη και λουτεΐνη), που είναι οξυγονικά παράγωγα και περιέχουν ένα ή περισσότερα οξυγονωμένα άτομα επί κάποιων ιδιαίτερων τόπων στα τελικά δαχτυλίδια. Οι δύο κατηγορίες καροτινοειδών μοιράζονται κοινά δομικά γνωρίσματα, όπως η δομή του ισοπρενίου και μια σειρά τοποθετημένων κεντρικά κλιμένων διπλών δεσμών. Στα φρούτα ντοματών, υπάρχουν περισσότερες από 21 χρωστικές στην κατηγορία καροτινοειδούς. Η λυκοπένη είναι το κυρίαρχο καροτινοειδές υδρογονανθράκων στις ντομάτες με τα μικρότερα ποσά α-καροτίνης, β-καροτίνης, γ-καροτίνης, ξ-καροτίνης, φυτίνης, φυτοφλαβίνης και λουτεΐνης.

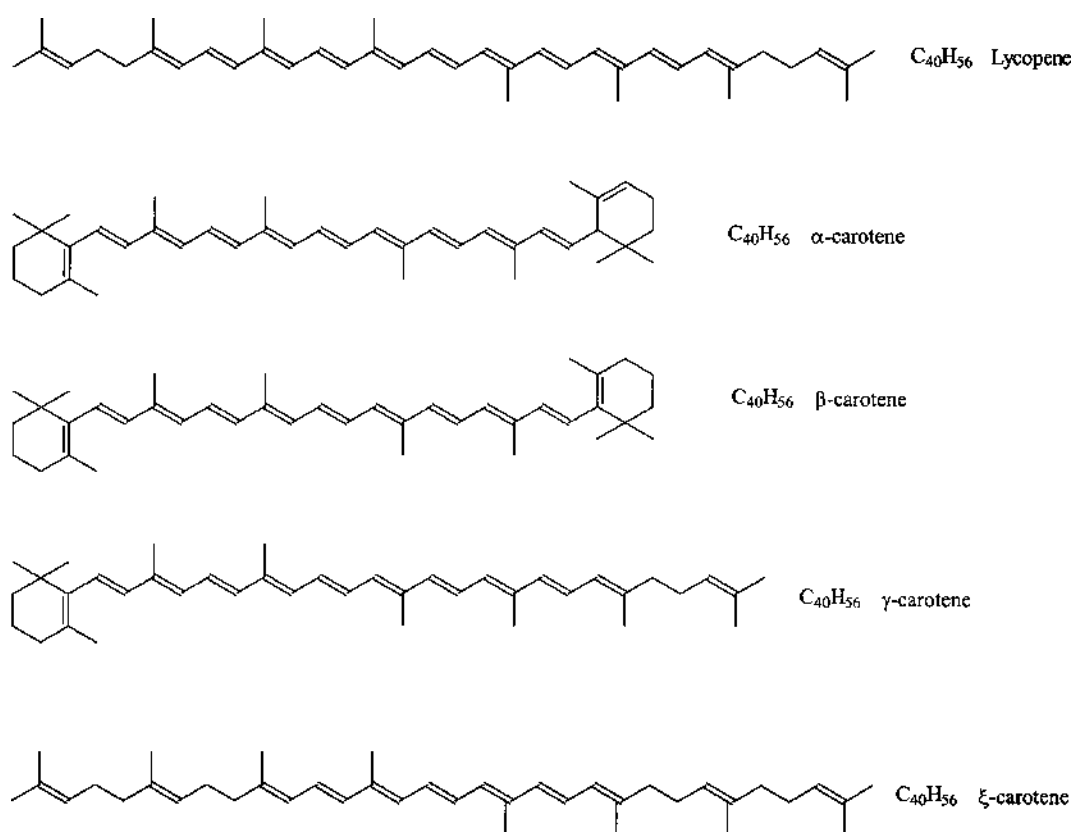
A. Σωματικές ιδιότητες

Στα ώριμα φρούτα ντοματών, η λυκοπένη λαμβάνεται με μορφή επιμήκυνσης, παρακινώντας τους κρυστάλλους που είναι αρμόδιοι για το φωτεινό κόκκινο χρώμα των ώριμων φρούτων ντοματών. Η λυκοπένη είναι πιο ευδιάλυτη στο χλωροφόρμιο, το βενζόλιο, και άλλους οργανικούς διαλύτες απ' ό,τι στο νερό.

B. Χημική δομή

Η λυκοπένη έχει μοριακό τύπο $C_{40}H_{56}$. Είναι ένας φυτικός υδρογονάνθρακας, ένα ακυκλικό ακόρεστο ανοικτών αλυσίδων καροτινοειδών που έχει 13 διπλούς δεσμούς, των οποίων οι 11 είναι κλιμένοι διπλοί δεσμοί που τακτοποιούνται σε μια γραμμική σειρά. Δύο κεντρικές μεθυλικές ομάδες είναι στη θέση 1.6, ενώ οι υπόλοιπες μεθυλικές ομάδες είναι στη θέση 1.5 ή μια σχετικά με την άλλη. Μια σειρά κλιμένων διπλών δεσμών του μεταβλητού μήκους αποτελεί μέρος του χρώματος. Το χρώμα και οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες της λυκοπένης είναι μια συνέπεια της μοναδικής δομής του, ένα εκτεταμένο σύστημα κλιμένων διπλών δεσμών. Η λυκοπένη οφείλει το ροδοκόκκινο χρώμα της στην εκτενώς φυτική διάρθρωση της. Στη φύση, η λυκοπένη υπάρχει σε όλη την *trans* μορφή και

επτά από αυτούς τους δεσμούς μπορεί να ισομεριωθεί από *trans* μορφή σε μονο- ή πολύ- *cis* μορφή κάτω από την επιρροή της θερμότητας, του φωτός ή ορισμένων χημικών αντιδράσεων. Η λυκοπένη δεν αναπτύσσει καμία δραστηριότητα στην προβιταμίνη Α λόγω της έλλειψης μιας δομής δαχτυλιδιών β-ιόντος. Η μετατροπή του λυκοπένιου σε β-καροτίνη από τους χλωροπλάστες έγινε από τους Hill και Rogers το 1969. Στερεοϊσομερή μορφές λυκοπένης περιγράφηκαν ειδικότερα όσον αφορά τις ιδιότητες της ελαφριάς απορρόφησης σε σχέση με τη μοριακή τους διάθροση. Η λυκοπένη είναι επίσης πολύ ευαίσθητη στο φως, τη θερμότητα, στην υποβάθμιση του οξυγόνου και των οξέων και σε μερικά μεταλλικά ιόντα όπως το Cu^{2+} και τον Fe^{3+} που καταλύουν την οξείδωσή του.



ΣΧΗΜΑ 1. Μοριακές δομές κάποιων ειδών καροτινοειδούς στα φρούτα ντοματών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΛΥΚΟΠΕΝΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ

A. Έρευνες που έγιναν μέχρι σήμερα

Οι έρευνες που έγιναν μέχρι σήμερα και που αφορούν τη λυκοπένη και τις ντομάτες έδειξαν τα ακόλουθα:

- Η λυκοπένη είναι μία πολύ ισχυρή αντιοξειδωτική ουσία με αντικαρκινική δράση. Είναι δύο φορές ισχυρότερη από τη β-καροτίνη (προβιταμίνη Α). Με την αντιοξειδωτική της δράση, εξουδετερώνει τις ελεύθερες ρίζες του οξυγόνου που παράγονται από το φυσιολογικό μεταβολισμό των κυττάρων. Οι ελεύθερες ρίζες του οξυγόνου μπορούν , να οδηγήσουν σε αλλοιώσεις του DNA που με τη σειρά τους οδηγούν στον καρκίνο.
- Το 1995 ερευνητές από το πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ, βρήκαν σε 48.000 άνδρες που παρακολούθησαν για 6 χρόνια, ότι αυτοί που έτρωγαν μέχρι 10 μερίδες την εβδομάδα φαγητών που περιείχαν ντομάτα ή σάλτσα ντομάτας , είχαν 45% λιγότερες πιθανότητες να παρουσιάσουν καρκίνο του προστάτη.
- Τα πιο αδιάσειστα στοιχεία είναι ότι η κατανάλωση ντομάτας μειώνει τον κίνδυνο για καρκίνο των πνευμόνων, του προστάτη και του στομάχου, ενώ μπορεί επίσης να μειώσει τον κίνδυνο για καρκίνο του μαστού, του τραχήλου, του εντέρου και του ορθού, του οισοφάγου, της στοματικής κοιλότητας και του παγκρέατος.
- Στη μελέτη που έγινε στις Η.Π.Α. και ονομάστηκε «pizza study» διαπιστώθηκε ότι οι άνδρες που καταλάωναν δύο μερίδες σάλτσας ντομάτας την εβδομάδα είχαν μειωμένο κίνδυνο καρκίνου του προστάτη.
- Η λυκοπένη εάν δοθεί από μόνη της σαν φάρμακο δεν έχει τις ιδιότητες αυτές. Για να έχει αντικαρκινική δράση πρέπει να καταναλωθεί με φυσικό τρόπο. Αυτό δείχνει ότι η λυκοπένη αποτελεί το μέρος μιας ευρύτερης οικογένειας φυτικών θρεπτικών ουσιών που δρουν μαζί για να δώσουν τα ευεγερτικά αντικαρκινικά αποτελέσματα.
- Άλλες έρευνες έδειξαν ότι η λυκοπένη είναι καλή για την καρδιά διότι μειώνει την ποσότητα της οξειδωμένης LDL-χοληστερόλης, αυτής που αποκαλείται συνήθως σαν η κακή χοληστερόλη.
- Από μελέτη στην Φιλανδία η κατανάλωση ντομάτας βοηθά στην καλύτερη υγεία του καρδιαγγειακού συστήματος, βελτιώνει την κατάσταση των αρτηριών, μειώνει το πάχος των αρτηριών και προλαμβάνει την αθηροσκλήρωση.

- Η συγκέντρωση και η βιοδιαθεσιμότητα της λυκοπένης είναι υψηλότερη όταν η ντομάτα είναι ψημένη. Για το λόγο αυτό οι σάλτσες ντομάτας και το κέτσαπ περιέχουν υψηλές ποσότητες της ουσίας αυτής.
- Οι μεταλλαγμένες ντομάτες περιέχουν 3,5 φορές περισσότερη λυκοπένη από τις φυσιολογικές ντομάτες. Είναι από τις πρώτες και λίγες περιπτώσεις στις οποίες η έρευνα και παραγωγή μεταλλαγμένων τροφίμων οδηγεί στη δημιουργία ποικιλίας που έχει αυξημένες ιδιότητες εναντίον του καρκίνου. Χωρίς να αμφισβητούμε τη χρησιμότητα της νέας αυτής τεχνολογίας, εντούτοις πιστεύουμε ότι πρέπει να υπάρχουν δικλείδες ασφαλείας και παρακολούθησης των αποτελεσμάτων και επιπτώσεων, εάν υπάρχουν, των μεταλλαγμένων τροφίμων.
- Οι τελευταίες έρευνες για το λυκοπένιο δείχνουν ότι ασκεί θετική επίδραση και στο ανοσοποιητικό σύστημα. Σε μια μελέτη, όσες γυναίκες έτρωγαν τοματοπολτό καθημερινά, για είκοσι μία ημέρες, είχαν υψηλότερα επίπεδα λυκοπένης στο αίμα, από αυτές που ακολουθούσαν δίαιτα χωρίς ντομάτες. Τα λευκά αιμοσφαίρια αυτών που έτρωγαν ντομάτες ήταν πολύ ανθεκτικότερα στις οξειδωτικές βλάβες κατά 33 έως 42%.
- Πρόσφατα έγινε λόγος για την προστατευτική επίδραση του λυκοπενίου στην οξεία γαστρίτιδα, σε πειραματόζωα, όταν χορηγείται σε ημερήσια δόση 0.2 mg/kg βάρους. Ωστόσο, σημειώνεται ότι σε υψηλότερες ή χαμηλότερες δόσεις μειώνονται σημαντικά οι γαστροπροστατευτικές ιδιότητες του λυκοπενίου.

B. Όφελος για την ανθρώπινη υγεία -κλινικές περιπτώσιολογικές μελέτες

Έχει υπάρξει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για την έρευνα της δυνατότητας της λυκοπένης να ενεργήσει όπως ένας προληπτικός πράκτορας για τους καρκίνους. Έχουν προκύψει τρεις κατευθύνσεις της έρευνας: (1) επιδημιολογικές μελέτες με ασθενείς με διάφορες μοχθηρίες, (2) πειραμάματα ξεψαχνίζοντας την άμεση επίδραση της λυκοπένης στον πολλαπλασιασμό όγκων στις γραμμές κυττάρων και σε ζωικά μοντέλα, (3) μελέτες για τους υποθετικούς βιοχημικούς ή ανοσολογικούς μηχανισμούς της δράσης της λυκοπένης. Το πρόσφατο ενδιαφέρον για την κατανάλωση πλούσιων τροφίμων σε λυκοπένη ως μέσο μείωσης του κινδύνου καρκίνου έχει προτρέψει τους ερευνητές ώστε να ερευνηθούν το επίπεδο της λυκοπένης στα τρόφιμα που καταναλώνονται συχνά από τους ανθρώπους. Αν και δεν έχει αναπτύξει καμία δραστηριότητα στην προβιταμίνη Α, η λυκοπένη είναι σε θέση να λειτουργήσει ως αντιοξειδωτικό και εκθέτει ένα φυσικό ποσοστό απόσβεσης σταθερό με το οξυγόνο φανελών *in vitro*. Η σταθερά απόσβεσης της λυκοπένης βρέθηκε να είναι διπλάσια από αυτή της β-καροτίνης και 10 φορές μεγαλύτερη από αυτή της α-τοκοφερόλης, η οποία κάνει την παρουσία της στη διατροφή ιδιαίτερου ενδιαφέροντος.

Η δυνατότητα της λυκοπένης είναι να εργάζεται ως αντιοξειδωτικό ώστε να μπορεί να συμβάλει σε μια μείωση του κινδύνου ασθενειών. Τα αυξανόμενα κλινικά στοιχεία υποστηρίζουν το ρόλο της λυκοπένης ως σημαντικό μικροτροφικό, επειδή εμφανίζεται να παρέχει την προστασία ενάντια στον προστατικό καρκίνο, τον καρκίνο των πνευμόνων καθώς και μια ευρεία σειρά επιθήλιων καρκίνων. Τα επίπεδα ορών λυκοπένης στη «δίαιτα των ντοματών» έχει συσχετιστεί αντιστρόφως με την εμφάνιση του καρκίνου. Μια μελέτη στην Ιταλία με 2.706 περιπτώσεις καρκίνου της στοματικής κοιλότητας και του φάρυγγα που αντιστοιχίστηκε με 2.879 ελέγχους με καρκίνο του οισοφάγου, του στομαχιού, του κόλου, και του ορθού εντέρου έδειξε ότι η προστασία όλων των χωνευτικών περιοχών από τον καρκίνο συνδέθηκε με μια αυξανόμενη εισαγωγή τροφίμων που βασίζονται στη ντομάτα. Ο συσχετισμός μεταξύ των μειονεκτημάτων κατανάλωσης της ντομάτας και του μειωμένου κινδύνου καρκίνου σχετίζεται με αυξημένη χορήγηση λυκοπένης.

Η εισαγωγή της λυκοπένης στη διατροφή έχει βρεθεί να συνδέεται και με έναν μειωμένο κίνδυνο καρκίνων άλλων περιοχών, όπως η πεπτική οδός, το πάγκρεας, και η κύστη. Μια μελέτη που δημοσιεύθηκε από το πανεπιστήμιο του Μιλάνου έδειξε ότι οι άνθρωποι που έφαγαν τουλάχιστον ένα προϊόν ντομάτας την ημέρα είχαν 50% λιγότερη πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου των πεπτικών οδών από εκείνους που δεν έφαγαν τις ντομάτες. Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ διαπίστωσε ότι οι παλαιότεροι Αμερικανοί που τρώνε τακτικά τις ντομάτες ήταν λιγότερο πιθανό να πεθάνουν από όλες τις μορφές καρκίνου. Μια επιστημονική έκθεση από το σχολείο του Χάρβαρντ της δημόσιας υγείας ανέφερε ότι τα άτομα που έφαγαν 10 ή περισσότερα γεύματα των προϊόντων ντοματών την εβδομάδα, συμπεριλαμβανομένων πολλών ντομάτας, σάλτσα ντοματών ή σάλτσα πιτσών, είχαν μέχρι 34% λιγότερη πιθανότητα να αναπτύξουν προστατικό καρκίνο. Μελέτη που έγινε για τις διαιτητικές συνήθειες και το ποσοστό επίπτωσης προστατικού καρκίνου σε 48.000 άτομα για 4 έτη αξιολόγησε πάνω από 46 διαφορετικά φρούτα και λαχανικά σχετικά με την συχνότητα κατανάλωσής τους. Η σάλτσα ντοματών συνδέθηκε εντονότερα με έναν χαμηλότερο κίνδυνο του προστατικού καρκίνου. Τα προστατευτικά αποτελέσματα ήταν ακόμα ισχυρότερα όταν εστίασε η ανάλυση στον κίνδυνο πιο προηγμένου ή επιθετικού προστατικού καρκίνου.

Σε πείραμα που έγινε έχει αναφερθεί ότι η λυκοπένη αυξάνει το ποσοστό επιβίωσης ποντικών που εκτίθενται στην ακτινοβολία των ακτινών X. Το 1995 παρατηρήθηκε ότι τα αποτελέσματα προστασίας της λυκοπένης σε σχέση την οξειδωτική πίεση προκαλεί ζημία του ανθρώπινου δέρματος μετά από ακτινοβολία σε UV φως. Το 1998 εξέτασαν τα επίπεδα ενός διαφορετικού καροτινοειδούς στο πλάσμα και τον αυχενικό ιστό συμπεριλαμβανομένου της λυκοπένης και των βιταμινών A και E σε 87 γυναίκες (27 καρκινογόνων, 33 προκαρκινογόνων και 27 μη καρκινογόνων). Οι γυναίκες με τον καρκίνο είχαν χαμηλότερα επίπεδα λυκοπένης και άλλων καροτινοειδών,

βιταμίνης Α και Ε στο πλάσμα τους έναντι των προ - και μη καρκινογόνων γυναικών. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι γυναίκες που έχουν υψηλά επίπεδα λυκοπένης ήταν λιγότερο πιθανό να πάσχουν από τον αυχενικό καρκίνο από εκείνες κατοχή των χαμηλότερων επιπέδων λυκοπένης στο σώμα τους. Σε μελέτη, επίσης, το 1998 περιλαμβανομένου 147 ασθενών όπου επιβεβαίωσαν τον αυχενικό καρκίνο και 191 μη καρκινοπαθών, μόνο η λυκοπένη βρέθηκε να είναι σημαντικά ελαττωμένη στους καρκινοπαθής ασθενείς, μελέτησαν 32 γυναίκες με τον αυχενικό καρκίνο και 113 χωρίς καρκίνο γυναίκες και μέτρησαν τα επίπεδα ιχνοστοιχείων στο αίμα. Διαπιστώθηκε ότι οι γυναίκες με τα πιο υψηλά επίπεδα λυκοπένης στο αίμα λόγω του ότι είχαν καταναλώσει υψηλά επίπεδα λυκοπένης και βιταμίνης Α είχαν το ένα τρίτο λιγότερη πιθανότητα εμφάνισης αυχενικού καρκίνου.

Το 1997 κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η κατανάλωση ντομάτας και τροφίμων που προέρχονται από τη ντομάτα μπορούν να μειώσουν την ευαισθησία των DNA λεμφοκυττάρων στην οξειδωτική ζημία. Η λυκοπένη επιδρά προληπτικά στην αθηροσκλήρυνση ώστε να προστατεύσει τα πλασματικά λιπίδια από την οξείδωση. Τα χαμηλότερα επίπεδα λυκοπένης στο αίμα συνδέθηκαν επίσης με τον αυξανόμενο κίνδυνο στεφανιαίων καρδιακών παθήσεων σύμφωνα με μελέτες σε λιθουανικούς και σουηδικούς λαούς. Το 1997, επίσης, μέτρησαν τη σχέση μεταξύ των αντιοξειδωτικών επιπέδων και των οξείων καρδιακών παθήσεων σε μια περιπτωσιολογική μελέτη ανθρώπων από 10 διαφορετικές ευρωπαϊκές χώρες. Διαπιστώθηκε ότι η κατανάλωση λυκοπένης από τα φρούτα και τα λαχανικά μπορεί να μειώσει την πιθανότητα ανάπτυξης των καρδιακών παθήσεων. Η λυκοπένη αποτρέπει την οξείδωση της LDL χοληστερόλης και μειώνει τον κίνδυνο αθηροσκλήρυνσης και στεφανιαίας καρδιοπάθειας. Το 1998 παρατήρησαν ότι καταναλώνοντας καθημερινά προϊόντα ντοματών που παρέχουν τουλάχιστον 40 mg λυκοπένης ήταν αρκετό να μειώσουν ουσιαστικά την οξείδωση LDL. Αυτό το επίπεδο μπορεί να επιτευχθεί με την κατανάλωση ακριβώς δύο ποτηριών χυμού ντομάτας ημερησίως.

Η παρεμπόδιση της αύξησης καρκινικών κυττάρων από το λυκοπένιο έχει καταδειχθεί εκτενώς στα πειράματα καλλιέργειών ιστού. Κάποια στιγμή μελέτησαν ένα *in vivo* πρότυπο των κυττάρων glioma που μεταμοσχεύθηκαν στους αρουραίους και έδειξαν ότι το λυκοπένιο ήταν τόσο αποτελεσματικό όσο η β-καροτίνη η οποία αναστέλλει την αύξηση των κυττάρων glioma. Κάποια δείγματα ιστών που λήφθηκαν από την τράπεζα ορού καρκίνου του μαστού στην Κολούμπια, Μισσούρι, ήταν για να αξιολογήσουν τη σχέση μεταξύ του επιπέδου καροτινοειδούς (συμπεριλαμβανομένου και της λυκοπένης), του σεληνίου, της ρετινόλης και του καρκίνου του μαστού. Μόνο η λυκοπένη βρέθηκε να μειώνει τον κίνδυνο για τον καρκίνο του μαστού ενώ τα άλλα καροτινοειδή δεν μείωσαν ιδιαίτερα τον κίνδυνο καρκίνου του μαστού. Στις μελέτες κυτταροκαλλιέργειας με λυκοπένη, οι δραστηριότητες παρεμπόδισης στους όγκους καρκίνου του

μαστού συγκρίθηκαν με εκείνες της α και β-καροτίνης χρησιμοποιώντας διάφορα ανθρώπινα κύτταρα. Διαπιστώθηκε ότι οι κυτταροκαλλιέργειες που ενισχύθηκαν με λυκοπένη εμπόδιζαν την αύξηση των κακοήθων κυττάρων στο στήθος, και ότι η α και η β-καροτίνη ήταν λιγότερο αποτελεσματικοί ανασταλτικοί παράγοντες αύξησης των κυττάρων από τη λυκοπένη.

Από τις μηχανιστικές μελέτες, δύο πιθανές λειτουργίες λυκοπένης έχουν προταθεί. Η λυκοπένη αναγνωρίζεται ώστε να είναι περισσότερο αποδοτικό το οξυγόνο «δροσιστικών» στοιχειωδών σωματίων μεταξύ των καροτινοειδών. Οι αντιοξειδωτικές λειτουργίες συνδέονται με το χαμύλωμα της ζημίας του DNA, τον κακοήθων σχηματισμό *trans* και τη μείωση των βιολογικών οξειδώσεων με αποτέλεσμα τη ζημία των πρωτεϊνών, των λιπιδίων και άλλων τμημάτων κυττάρων *in vitro*. Η λυκοπένη έχει βρεθεί επίσης για να αυξάνει το διασταυρωθέντα κενό επικοινωνίας μεταξύ των κυττάρων και για να προκαλεί τη σύνθεση του connexin-43. Η απώλεια του διασταυρωθέντα κενού επικοινωνίας μπορεί να είναι σημαντική για τον κακοήθων μετασχηματισμό, και η αποκατάστασή της μπορεί να αντιστρέψει την κακοήθων διαδικασία. Οι περαιτέρω μελέτες απαιτούνται για να κερδίσουν την καλύτερη αντίληψη για το ρόλο της λυκοπένης στην επιστήμη της υγείας.

Γ. Διαβήτης και αντιοξειδωτικά ντοματών λυκοπένη

Ο διαβήτης mellitus είναι μια μεταβολική αναταραχή που χαρακτηρίζεται από την ανώμαλη ανοχή γλυκόζης και/ ή μια μειωμένη ευαισθησία ινσουλίνης. Τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα του διαβήτη περιλαμβάνουν τη νεφροπάθεια με την πιθανή απώλεια όρασης, τη νεφροπάθεια που οδηγούν στην αποτυχία νεφρών, κινδύνου ελκών ποδιών, ακρωτηριασμού και γαστροεντερικών, γενετικών, ουροποιητικών και καρδιαγγειακών συμπτωμάτων. Ο διαβήτης είναι η έβδομη κύρια αιτία θανάτου και έχει επιπτώσεις σε 15,7 εκατομμύρια ή 5,9% στον αμερικανικό πληθυσμό.

Υπάρχουν δύο σημαντικοί τύποι διαβήτη. Ο Τύπος I, εξαρτώμενος διαβήτης ινσουλίνης mellitus (IDDM) και ο τύπος II, εξαρτώμενος διαβήτης μη-ινσουλίνης mellitus (NIDDM). Ο τύπου I διαβήτης θεωρείται αυτοάνοση ασθένεια στην οποία τα β-κύτταρα τα οποία παράγουν την ινσουλίνη στο πάγκρεας καταστρέφονται. Το αποτέλεσμα είναι είτε ανεπαρκής είτε καμία παραγωγή ινσουλίνης. Τα άτομα με τον τύπου I διαβήτη απαιτούν καθημερινές εγχύσεις ινσουλίνης για την κανονική λειτουργία του σώματος. Ο απολογισμός για τον τύπου I διαβήτη για περίπου 5 έως 10 τοις εκατό των διαγνωσθεισών περιπτώσεων ενώνει τα κράτη. Αναπτύσσεται συχνότερα στα παιδιά και σε νέους ενήλικες, αλλά η αναταραχή μπορεί να εμφανιστεί σε οποιαδήποτε ηλικία. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν τη συχνή δίψα και τη συχνουρία, τη σταθερή πείνα, την απώλεια βάρους, τη θολωμένη όραση και την ακραία κούραση. Εάν το άτομο δεν εντοπιστεί και θεραπευθεί με την ινσουλίνη, θα μπορούσε να παραγραφεί σε ένα απειλητικό

για τη ζωή κόμα.

Ο τύπου II διαβήτη είναι η πιο κοινή μορφή λογιστικής ασθενειών για 90 με 95% όλων των περιπτώσεων. Αυτή η μορφή διαβήτη αναπτύσσεται συνήθως στην πιο πρόσφατη ζωή και συνδέεται συχνά με την παχυσαρκία και το υπερβολικό βάρος. Στις περισσότερες περιπτώσεις το πάγκρεας παράγει την ινσουλίνη, αλλά για κάποιους λόγους, το σώμα δεν μπορεί να την χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά, με αποτέλεσμα να υπάρχει μια συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα. Τα συμπτώματα του τύπου II διαβήτη αναπτύσσονται βαθμιαία και δεν είναι τόσο προφανή όσο στον τύπου I, τα οποία περιλαμβάνουν την υπέρταση, την κούραση, τη συχνή διούρηση(ιδιαίτερα τη νύχτα), την ασυνήθιστη δίψα, απώλεια βάρους, θολωμένη όραση, συχνές μολύνσεις και επιβραδύνει την θεραπεία των πληγών.

Τα αντιδραστικά είδη οξυγόνου (ROS) έχουν εμπλεχτεί στη διαδραμάτιση ενός σημαντικού ρόλου στην αιτιολογία και την πρόοδο διάφορων χρόνιων παθήσεων συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου και της καρδιαγγειακής πάθησης. Αυτά τα ROS είναι ιδιαίτερα αντιδραστικά μόρια που σε συνδυασμό με ουσίες του σώματος, όπως και τα κύτταρα, μεταμορφώνονται με έναν επιβλαβή τρόπο, ενδυναμώνοντας κατά συνέπεια την ασθένεια. Η κατανάλωση καροτινοειδούς από τα πλούσια αυτά τρόφιμα που τα περιέχουν έχει συνδεθεί με διάφορα οφέλη υγείας, συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητάς τους να προστατεύσουν από την οξειδωτική ζημία. Η λυκοπένη, ένα καροτινοειδές που βρίσκεται στις ντομάτες, έχει παρουσιαστεί για να είναι ένα αποτελεσματικό αντιοξειδωτικό. Αυτό σημαίνει ότι έχει τη δυνατότητα να αποτρέψει τη ζημία ελεύθερων ριζών στα κύτταρα που προκαλείται από ROS.

Οι πρόσφατες μελέτες έχουν βρει ότι οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να προκαλέσουν τη διάσπαση στη δράση ινσουλίνης και να μετριάσουν την αδιάλλακτη θέση της γλυκόζης. Επειδή η λυκοπένη είναι ένα από τα καλύτερα αντιοξειδωτικά μεταξύ των καροτινοειδών, όπως αποδεικνύεται από τη δυνατότητα οξυγόνου-απόσβεσης του στοιχειώδες σωματίου, μπορεί να διαδραματίσει έναν ζωτικής σημασίας ρόλο στη μείωση της αρχής αυτής της ασθένειας. Εντούτοις, πολύ λίγες πληροφορίες είναι γνωστές για την ένωση μεταξύ λυκοπένης και άλλων καροτινοειδών και αδιάλλακτων κρατών γλυκόζης.

Μια ομάδα επιστημόνων μελέτησαν τη λιποδιαλυτή αντιοξειδωτική θέση στους ασθενείς IDDM. Κάνοντας 450 ελέγχους και χρησιμοποιώντας 123 τύπου I διαβητικούς ασθενείς, η ομάδα εξέτασε και σύγκρινε τις συγκεντρώσεις της ρετινόλης ορού, τοκοφερόλης και των κύριων καροτινοειδών. Η λυκοπένη και η β-καροτίνη ήταν οι μόνες θρεπτικές ουσίες που συνδέθηκαν θετικά με την ασθένεια, ενώ η ρετινόλη ήταν η μόνη θρεπτική ουσία που έδειξε μια σημαντική αρνητική ένωση με το διαβήτη.

Τα συγκρουόμενα αποτελέσματα αναφέρθηκαν από τους μελετητές συγκρίνοντας την

αντιοξειδωτική θέση 54 τύπου I διαβητικών ασθενών, 214 συγγενών πρώτου βαθμού μη-διαβητικών και 236 ανεξάρτητων ελέγχων. Η μελέτη δεν βρήκε καμία σημαντική διαφορά στη βιταμίνη E, τη λουτεΐνη ή τη λυκοπένη μεταξύ των ελέγχων και των ασθενών με IDDM. Στην πραγματικότητα οι ανακριτές παρατήρησαν τα λιποδιαλυτά αντιοξειδωτικά επίπεδα ορών ίσα ή πιο υψηλά από εκείνα στους ελέγχους, και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η συμπλήρωση με τα λιποδιαλυτά αντιοξειδωτικά δεν είναι απαραίτητη για τους ασθενείς με το διαβήτη.

Πρόσφατα ανέλυσαν στοιχεία από τη Φάση I της Τρίτης Εθνικής και Ερευνητικής Εξέτασης Διατροφής (1988-1991) για να εξετάσουν τη συγκέντρωση καροτινοειδών σε ασθενείς ηλικίας από 40 έως 70 ετών με κανονική ανοχή γλυκόζης (1010 ασθενείς), με ασθενημένη ανοχή στη γλυκόζη (277 ασθενείς) και σε διαβητικές περιπτώσεις (148 ασθενείς). Όλα τα καροτινοειδή ορών βρέθηκαν να συνδέονται αντιστρόφως με τα επίπεδα ινσουλίνης ορών σε κατάσταση νηστείας. Επιπλέον, ο ορός λυκοπένης και τα επίπεδα β-καροτίνης στους διαβητικούς ασθενείς ήταν σημαντικά χαμηλότερα και συγκρίθηκαν με τα πρόσωπα με την ασθενημένη ανοχή γλυκόζης και βρέθηκαν επίσης να είναι χαμηλότερα από τα επίπεδα στα πρόσωπα με την κανονική ανοχή γλυκόζης.

Οι διαβητικοί ασιατικοί ινδικοί παθολόγοι που ζουν στις ΗΠΑ βρέθηκαν να έχουν χαμηλότερη λυκοπένη έναντι των μη-διαβητικών αντίστοιχών τους. Τα ομοίως ηλικιωμένα άτομα υπό εξέταση με τον τύπο II διαβήτη αναφέρθηκαν να έχουν σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα αντιοξειδωτικών στο πλάσμα τους συμπεριλαμβανομένου και της λυκοπένης, έναντι των αντίστοιχων ελέγχων. Σε μια κλινική δοκιμή, η συμπλήρωση χυμού ντοματών στους διαβητικούς ασθενείς τύπου II οδήγησε σε αύξηση του επιπέδου πλάσματος και παρείχε σημαντική προστασία από την LDL οξείδωση.

Τα ακατέργαστα και επεξεργασμένα προϊόντα ντοματών είναι άριστες πηγές διαιτητικής λυκοπένης. Η λυκοπένη έχει συνδεθεί με έναν μειωμένο κίνδυνο στον καρκίνο και την καρδιαγγειακή πάθηση. Οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες της λυκοπένης είναι πιθανά πρώτιστα αρμόδιες για αυτά τα ευεργετικά αποτελέσματα. Τα πρόσφατα στοιχεία δείχνουν ότι η αδιάλλακτη θέση της γλυκόζης είναι αποτέλεσμα της αυξανόμενης οξειδωτικής πίεσης, και ότι η λυκοπένη μπορεί να διαδραματίσει έναν σημαντικό ρόλο στη μείωση της παθογένεσης του διαβήτη μέσω της αντιοξειδωτικής ικανότητάς της. Εντούτοις, αυτή η υπόθεση πρέπει να εξεταστεί κλινικά.

Δ. Λυκοπένη και υγεία γυναικών

Υπάρχουν στοιχεία ότι η εισαγωγή λυκοπένης στη διατροφή μπορεί να προσκρούσει θετικά στις χρόνιες ανησυχίες υγείας που είναι σημαντικές στις γυναίκες. Αυτές περιλαμβάνουν τον καρκίνο του μαστού, τον καρκίνο των ωοθηκών, τον αυχενικό καρκίνο, την καρδιαγγειακή πάθηση και την όραση.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, οι γυναίκες που ζουν μέχρι τα 90 έχουν 1 στις 8 πιθανότητες διάγνωσης καρκίνου του μαστού, με 205.000 περιπτώσεις που αναμένονται το 2002. Ενώ μερικές μελέτες δεν έχουν βρει καμία σημαντική ένωση μεταξύ της εισαγωγής λυκοπένης στη δίαιτα και του καρκίνου του μαστού, άλλοι έχουν βρει μια θετική σχέση μεταξύ της λυκοπένης στον ιστό των στήθων και τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του μαστού. Στις κυτταροκαλλιέργειες, έχει βρεθεί ότι η λυκοπένη εμποδίζει τους όγκους καρκίνου του μαστού αποτελεσματικότερα, σε σχέση με την α- και τη β-καροτίνη. Σε μια άλλη μελέτη ελέγχου που πραγματοποιήθηκε μεταξύ 1993 και 1999 που εξέτασε τη σχέση μεταξύ 17 μικροτροφικών προϊόντων και του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου του μαστού, η λυκοπένη συνδέθηκε σημαντικά αντιστρόφως με τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του μαστού. Η μελέτη αναθεώρησε με τις διατροφές 289 γυναικών από την Ελβετία με επιβεβαιωμένο καρκίνο του μαστού και 442 ελέγχους. Η μεσαία εισαγωγή λυκοπένης στην ομάδα "υψηλής εισαγωγής" ήταν 6.229mg /ημέρα. Σε μια μελέτη που δημοσιεύθηκε το 1998, δείγματα παρμένα από την τράπεζα ορών καρκίνου του μαστού στην Κολούμπια, στο Μισσούρι, αναλύθηκαν για να αξιολογηθεί η σχέση των επιπέδων καροτινοειδών (συμπεριλαμβανομένου και της λυκοπένης), σεληνίου και ρετινόλης με τον καρκίνο του μαστού. Μόνο η λυκοπένη βρέθηκε για να συνδέεται με έναν μειωμένο κίνδυνο για τον καρκίνο του μαστού.

Η εισαγωγή λυκοπένης στη δίαιτα μπορεί επίσης να διαδραματίσει έναν ρόλο στην πρόληψη του καρκίνου των ωοθηκών και των αυχενικών καρκίνων. Κατ' εκτίμηση 23.300 περιπτώσεις με καρκίνο των ωοθηκών και 13.000 περιπτώσεις με αυχενικό καρκίνο αναμένονταν στις ΗΠΑ το 2002. Από μια βασισμένη στον πληθυσμό μελέτη 549 περιπτώσεων με καρκίνο των ωοθηκών και 516 ελέγχων, οι ερευνητές υπολόγισαν την κατανάλωση διάφορων αντιοξειδωτικών βιταμινών και καροτινοειδών συμπεριλαμβανομένου και της λυκοπένης. Η εισαγωγή λυκοπένης στη διατροφή συνδέθηκε αντιστρόφως με τον κίνδυνο καρκίνου των ωοθηκών, κυρίως στις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Τα τρόφιμα που συνδέθηκαν εντονότερα με έναν μειωμένο κίνδυνο για τον καρκίνο των ωοθηκών ήταν ακατέργαστα καρότα και σάλτσα ντοματών. Σε μια μελέτη που περιλαμβάνει 147 ασθενείς με επιβεβαιωμένο αυχενικό καρκίνο και 191 μη-καρκινώδη θέματα, μόνο αυτοί που κατανάλωσαν λυκοπένη βρέθηκαν να είναι σημαντικά χαμηλότερα από τους καρκινώδεις ασθενείς. Σε μια άλλη μελέτη μαύρων γυναικών, εκείνες οι γυναίκες με τα πιο

υψηλά επίπεδα λυκοπένης στο αίμα τους βρέθηκαν να έχουν έναν μειωμένο κίνδυνο (κατά 33%) ανάπτυξης αυχενικού καρκίνου.

Η καρδιαγγειακή πάθηση είναι η πρώτη αιτία θανάτου για τις γυναίκες στις Ηνωμένες Πολιτείες. Σύμφωνα με την αμερικανική καρδιολογική εταιρεία, πάνω από 32 εκατομμύρια Αμερικανίδες γυναίκες έχουν έναν ή περισσότερους τύπους καρδιαγγειακών παθήσεων. Οι μελέτες έχουν δείξει ότι καταναλώνοντας ντομάτες και προϊόντα που περιέχουν λυκοπένη μειώνουν τον κίνδυνο για καρδιαγγειακή πάθηση. Η εισαγωγή λυκοπένης στη διατροφή έχει βρεθεί επίσης να συνδέεται με έναν χαμηλότερο κίνδυνο του μυοκαρδιακού εμφράγματος. Σε μια μελέτη με συμμετέχοντες ανθρώπους από 10 ευρωπαϊκές χώρες, διαπιστώθηκε ότι η κατανάλωση λυκοπένης από τα φρούτα και τα λαχανικά μπορεί να μειώσει την πιθανότητα ανάπτυξης των καρδιακών παθήσεων. Σε μια πρόσφατη έκθεση από το αμερικανικό κολλέγιο το 2002 της Ετήσιας Συνεδρίασης Καρδιολογίας, αναλύθηκαν τα δείγματα αίματος από σχεδόν 500 γυναίκες που συμμετείχαν στη μελέτη υγείας των γυναικών. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι οι γυναίκες με τα πιο υψηλά επίπεδα λυκοπένης πλάσματος είχαν 33% χαμηλότερο κίνδυνο για καρδιαγγειακή πάθηση από εκείνες με τα χαμηλότερα επίπεδα λυκοπένης στο αίμα τους.

Η διατήρηση καλής οράσεως καθώς οι άνθρωποι γερνούν είναι ένας σημαντικός παράγοντας στη διατήρηση της ανεξαρτησίας τους. Σύμφωνα με το Εθνικό Ίδρυμα Ματιών, πάνω από τους μισούς από όλους τους Αμερικανούς ηλικίας 65 ετών και πάνω έχει καταρράκτη. Σε μια cross-sectional έρευνα με 372 γυναίκες ηλικίας από 66 έως 75 ετών στο Σέφιλντ, στην Αγγλία, ο κίνδυνος φλοιώδους καταρράκτη ήταν χαμηλότερος στους συμμετέχοντες με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις πλάσματος σε λυκοπένη. Οι ερευνητές σημείωσαν ότι τα συμπεράσματα δείχνουν, ότι μια διατροφή πλούσια σε καροτινοειδή μπορεί να προστατεύσει από την ανάπτυξη καταρρακτών. Αυτό το συμπέρασμα βασίστηκε στα παρατηρητικά στοιχεία. Ο άνθρωπος, που τυχαίοποίησε τις ελεγχόμενες δοκιμές πρέπει να διευθυνθεί για να ελέγξει τα αποτελέσματα.

Τα αντιοξειδωτικά έχουν προταθεί για να διαδραματίσουν έναν ρόλο πρώιμης εκλαμψίας. Σε μια μελέτη, ο πλακούντιος ιστός, ο μητρικός ορός και τα επίπεδα φλεβικού αίματος του ομφαλικού νεύρου και τεσσάρων διαιτητικών καροτινοειδών (συμπεριλαμβανομένου και της λυκοπένης) συγκρίθηκαν σε 22 κανονικές έγκυες γυναίκες και 19 γυναίκες με πρώιμη εκλαμψία. Τα επίπεδα β-καροτίνης και λυκοπένης στους πλακούντες στις γυναίκες με πρώιμη εκλαμψία ήταν χαμηλότερα απ' ό,τι σε εκείνες με μια κανονική εγκυμοσύνη, όπως ήταν τα επίπεδα β-καροτίνης και λυκοπένης στον μητρικό ορό. Αυτά τα συμπεράσματα προτείνουν ότι η οξειδωτική πίεση ή τα διαιτητικά αντιοξειδωτικά μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην πρώιμη εκλαμψία.

Η λυκοπένη μπορεί επίσης να βελτιώσει τη μακροζωία στις γυναίκες. Σε μια μελέτη που εξετάζει τη λυκοπένη πλάσματος και τη μακροζωία σε καλόγριες, η λυκοπένη και άλλα

καροτινοειδή μετρήθηκαν σε 94 συμμετέχοντες, ηλικίες από 77 έως 99 έτη, ζώντας στην ίδια μονή. Μετά από έξι έτη συνέχισης, το 48% με μέτρια περιεκτικότητα λυκοπένης και το 70% με υψηλή περιεκτικότητα ζούσαν, και εκείνες με χαμηλή περιεκτικότητα λυκοπένης στο πλάσμα τους ζούσαν, αλλά μόνο το 13% αυτών. Αυτές οι αναλύσεις ζωής έδειξαν μια διαφορά 11 ετών στην υπολογιζόμενη διάρκεια ζωής μεταξύ εκείνων με χαμηλή και υψηλή περιεκτικότητα λυκοπένης στο πλάσμα τους.

Τελικά, η λυκοπένη, ως αντιοξειδωτικό, μειώνει την οξειδωτική πίεση. Μπορεί να διαδραματίσει έναν σημαντικό ρόλο σε πολλές ανησυχίες υγείας για τις γυναίκες. Αυτοί περιλαμβάνουν τον καρκίνο του μαστού, τον αυχενικό καρκίνο, την καρδιαγγειακή πάθηση, και την πρόωμη εκλαμψία. Επιπλέον, τα επίπεδα ορού λυκοπένης στις γυναίκες εμφανίζονται επίσης να συσχετίζονται θετικά με τη μακροζωία. Είναι επομένως ενδεδειγμένο για τις γυναίκες να περιλάβουν τακτικά μια πηγή τροφίμων με λυκοπένη στις διατροφές τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ (ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ) ΤΗΣ ΛΥΚΟΠΕΝΗΣ ΑΠΟ ΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

Εκτός από τη γνώση του ποσού λυκοπένης που υπάρχει στα τρόφιμα, είναι σημαντικό να είναι γνωστή και η βιολογική διαθεσιμότητα όσον αφορά την απορρόφηση από το ανθρώπινο σώμα. Η βιολογική διαθεσιμότητα ορίζεται ως το μέρος ενός ληφθέντου θρεπτικού που είναι διαθέσιμο στο σώμα μέσω της απορρόφησης για την αξιοποίηση του σε κανονικές φυσιολογικές λειτουργίες και για τη μεταβολική διαδικασία. Ο ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟΣ FDA καθόρισε ότι η βιολογική διαθεσιμότητα ενός φαρμάκου είναι «η αξία και ο βαθμός στα οποία οι ενεργές ουσίες ή η θεραπευτική μερίδα απορροφώνται από ένα προϊόν φαρμάκων και διατίθενται επί του τόπου για την αγωγή». Η έννοια της βιολογικής διαθεσιμότητας μιας θρεπτικής ουσίας έχει μια στενή σχέση με την εκτίμηση της βιολογικής διαθεσιμότητας της ένωσης φαρμάκων. Η απορρόφηση της λυκοπένης στην ανθρώπινη διατροφή αναφέρεται να είναι ιδιαίτερα μεταβλητή και μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους διαιτητικούς παράγοντες και ιδιότητες τροφίμων. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν το μοριακό σύνδεσμο, το ποσό λυκοπένης που καταναλώνεται σε ένα γεύμα, τα τρόφιμα στα οποία η λυκοπένη ενσωματώνεται, την απορρόφηση των υψηλών ποσών διαιτητικών ινών, την απορρόφηση του λίπους ως ενδιάμεση παροχή, τα αποτελέσματα της απορρόφησης και την βιοεκδοχή αλληλεπίδρασης της λυκοπένης με άλλα καροτινοειδή και θρεπτικά συστατικά, τη διαιτητική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, το περιεχόμενο ξανθοφύλλης και χλωροφύλλης, το μέγεθος μορίων του υλικού και άλλους γενετικούς παράγοντες. Άλλα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τη δραστηριότητα απορρόφησης της λυκοπένης είναι η θέση της λυκοπένης στη μήτρα τροφίμων (λυκοπενικές πρωτεΐνες, συγκροτήματα χλωροπλάστων κυττάρων ενάντια της κρυστάλλινης μορφής στα χρωμοπλάσματα) και η παρουσία παραγόντων που παρεμποδίζουν τον κατάλληλο σχηματισμό κολλοειδές σωματίου.

A. Επίδραση *cis* και *trans* ισομερών

Η λυκοπένη είναι το πιο κυρίαρχο καροτινοειδές στο ανθρώπινο πλάσμα και έχει μια ημιζωή περίπου 2-3 ημερών στο ανθρώπινο σώμα. Στο ανθρώπινο πλάσμα, η λυκοπένη είναι ένα ισομερές μίγμα που περιέχει 50% λυκοπένη ως *cis*- ισομερή μορφή. Υπάρχουν μερικές ενδείξεις *in vivo* στις αντιδράσεις της *cis* και *trans* ισομερίωσης. Πολύ λίγα είναι γνωστά για τον *in vivo* μεταβολισμό της λυκοπένης. Το 1999 έδειξαν ότι η *cis*- ισομερή μορφή της λυκοπένης είναι πιο βιοδιαθέσιμη από την *trans* μορφή πιθανώς επειδή η *cis*- ισομερή μορφή αφορά πιο διαλυτά όξινα κολλοειδές σωματίδια χολών και μπορούν να ενσωματωθούν κατά προτίμηση στα

χυλομικρά. Προτάθηκε ότι η *cis*-ισομερή μορφή της λυκοπένης μπορεί να απορροφηθεί καλύτερα απ' όλη τη δομή γονέων των *trans*. Αυτό μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της μεγαλύτερης διαλυτότητας των *cis*-ισομερή μικτών κολλοειδών σωματίων, ενδεχομένως για να αθροίσει τη προνομιακή ενσωμάτωση της στα χυλομικρά, και να έχει μια χαμηλότερη τάση της *cis*-ισομερή μορφής. Η λυκοπένη έπειτα από θερμική επεξεργασία προς χυμό ντομάτας (*cis*-ισομερή μορφή) απορροφάτε ευκολότερα από τη λυκοπένη μη επεξεργασμένου χυμού (*trans*-ισομερή μορφή). Με τα διαφορετικά ισομερή της λυκοπένης, η *cis*-ισομερή μορφή (*5-cis*, *9-cis*, *13-cis*, *15-cis*) απορροφάτε καλύτερα σε σχέση με όλα τα *trans* από το ανθρώπινο σώμα. Τα *cis*-ισομερή είναι λιγότερο πιθανό να κρυσταλλώσουν, είναι αποτελεσματικότερα διαλυτοποιημένα στις λιπόφιλες λύσεις και μεταφέρονται ευκολότερα μέσα στα κύτταρα ή στη μήτρα ιστού. Αν και τα επεξεργασμένα προϊόντα ντοματών (χυμός, πάστα, σούπα, κέτσαπ ή αφυδατωμένες φέτες ντοματών) αρχικά περιείχαν ένα χαμηλό ποσοστό *cis*, η συγκέντρωση της μπορεί να αυξηθεί από την επεξεργασία. Λυκοπένη υπάρχει και στους ανθρώπινους και στους ζωικούς ιστούς ως 50% σε *cis*-ισομερή μορφή επειδή αυτό το μίγμα είναι το σταθερότερο και αντιπροσωπεύει μια ισορροπία μεταξύ *trans* και *cis*. Η θερμική επεξεργασία προωθεί τον ισομερισμό της λυκοπένης στα τρόφιμα από *trans* στις ισομερείς μορφές της *cis*. Ο βαθμός ισομερισμού είναι που συσχετίζεται απευθείας με την ένταση και τη διάρκεια της επεξεργασίας θερμότητας.

B. Επίδραση της μήτρας τροφίμων

Η σύνθεση και η δομή των τροφίμων ασκούν επίδραση στη βιολογική διαθεσιμότητα (απορρόφηση) της λυκοπένης, η οποία μπορεί να έχει επιπτώσεις απελευθέρωσης λυκοπένης από τη μήτρα ιστού των ντοματών. Το μαγείρεμα ή η λεπτή λείανση των τροφίμων θα μπορούσε να αυξήσει τη βιοδιαθεσιμότητα του λυκοπενίου διασπώντας ή μαλακώνοντας τα κυτταρικά τοιχώματα των φυτών καθώς και τα λυκοπενο-πρωτεϊνικά πλέγματα. Το 1995 συγκρίνανε τις διαφορές λυκοπένης στη βιολογική διαθεσιμότητα των φρέσκων ντοματών με τα επεξεργασμένα προϊόντα ντοματών, και βρήκαν ότι η συγκέντρωση ορού στο λυκοπένιο ήταν μεγαλύτερη κατά την διαδικασία της θερμότητας στα τρόφιμα ντομάτας απ' όση στις επεξεργασμένες ντομάτες. Επίσης διαπιστώθηκε ότι το 20 με 30% του συνολικού ποσού της λυκοπένης αποτελείται από *cis*-ισομερή όταν θερμαίνονται οι ντομάτες στους 100°C για 1 ώρα. Το 1997 διαπίστωσαν ότι η βιολογική διαθεσιμότητα της λυκοπένης από την πάστα και τον επεξεργασμένο χυμό ντοματών ήταν σημαντικά υψηλότερη απ' όση από τις μη επεξεργασμένες φρέσκες ντομάτες. Αυτό το γεγονός θα μπορούσε να αποδοθεί σε μια χαμηλότερη διαθεσιμότητα της λυκοπένης από την πρώτη ύλη όπου είναι πιθανώς συνδεδεμένη στη μήτρα. Η θερμική επεξεργασία όπως το μαγείρεμα και η μηχανική διάσπαση σύστασης όπως ο τεμαχισμός, είναι κατάλληλοι τρόποι για να ενισχυθεί η βιολογική διαθεσιμότητα με

το χωρισμό των εύρωστων κυττάρων και των δομικών τοίχων, για τη διάσπαση χρωματοφόρων μεμβρανών και για τη μείωση της κυψελοειδούς ακεραιότητας, καθιστώντας τη κατά συνέπεια πιο προσιτή. Η μήτρα τροφίμων (δηλ. το λιπίδιο και άλλα συστατικά των χρωμοπλαστών, καθώς επίσης και η συγκρατημένη ίνα στα φρούτα ντοματών) μπορεί να συμβάλλει πολύ στη σταθερότητα της λυκοπένης με τη μορφή των *trans* στα φρούτα. Αυτό είναι, ακολούθως, από την παρατήρηση ότι όταν ολόκληρες οι ντομάτες είναι θερμικά επεξεργασμένες σημειώνεται ισομερίωση. Παραδείγματος χάριν, η σάλτσα ντοματών και ο τοματοπολτός περιέχουν περίπου 90% *cis*-ισομερή. Η μήτρα τροφίμων στρογγυλεύει όταν είναι παρόν η λυκοπένη μέσα στην ντομάτα και φαίνεται να αποτρέπει αυτήν την ισομερή ισορροπία από την εμφάνιση της.

Γ. Επίδραση του μέσου ελαίου

Η βιολογική διαθεσιμότητα της λυκοπένης των τροφίμων που έχουν ως βάση τους την ντομάτα είναι σημαντικά υψηλότερη απ' ό,τι στις φρέσκες ντομάτες όταν λαμβάνονται μαζί με λάδι. Η κατάποση του χυμού ντοματών που μαγειρεύτηκε σε ένα μέσο λάδι οδήγησε σε διπλάσια με τριπλάσια αύξηση λυκοπένης στις συγκεντρώσεις ορών μία ημέρα μετά από την κατάποση, αλλά ένα ισοδύναμο κατανάλωσης χυμού μη επεξεργασμένης ντομάτας δεν προκάλεσε καμία άνοδο στη συγκέντρωση πλάσματος. Αυτό έδειξε ότι απαιτούνται η θερμική κατεργασία και ένα μέσο έλαιο για παραγωγή λυκοπένης στη λιπόφιλη φάση. Υποτίθεται ότι ο θερμαντικός χυμός ντοματών παρουσία ελαίου καλαμποκιού για 1 ώρα μετατρέπει τη μορφή του λυκοπενίου από *cis* σε *trans* και με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η απορρόφησή του από το σώμα.

Δ. Επίδραση των τροφικών ινών

Διάφοροι τύποι τροφικών ινών βρέθηκαν να μειώνουν τη βιολογική διαθεσιμότητα των καροτινοειδών στα τρόφιμα. Η μήτρα αυτή προτάθηκε δεδομένου να εξηγήσει την έλλειψη βελτίωσης της βιταμίνης Α στις ινδονησιακές γυναίκες όταν τρέφονται με τα πράσινα φύλλα των οπωροκηπευτικών έναντι ενός κατασκευασμένου δισκίου το οποίο περιέχει ένα παρόμοιο ποσό καροτίνης στο διάλυμα ελαίου. Το 1992 δύο επιστήμονες εξέτασαν την ανασταλτική επίδραση της πηκτίνης, μια χαρακτηριστική τροφική ίνα, και τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι αυτός ο τύπος τροφικής ίνας είχε επιπτώσεις στην απορρόφηση του διαιτητικού καροτινοειδούς στους ανθρώπους. Η high- Methoxyl πηκτίνη συνδέεται ειδικά με το διάλυμα χοληστεριλαιμίας στην επίδραση των τροφικών ινών και με τη χαμηλή απορρόφηση λυκοπένης λόγω του υψηλού δείκτη ορού.

Ε. Αλληλεπίδραση καροτινοειδούς

Σε γενικές γραμμές, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των καροτινοειδών εμφανίζονται σε διάφορα στάδια της διαδικασίας απορρόφησης, ειδικά σε κατάσταση υψηλών δόσεων. Η απορρόφηση λυκοπένης είναι αποδοτικότερη στις χαμηλότερες δόσεις, καθώς και η απορρόφηση της λυκοπένης, που λήφθηκε με β-καροτίνη, είναι υψηλότερη απ' όταν λαμβάνεται μόνη της. Η λυκοπένη μπορεί να υποβληθεί σε έναν *in vivo* μηχανισμό ισομερισμού. Το 1996 πραγματοποιήθηκε δοκιμή διοξειδίου, με β-καροτίνη ως υπόστρωμα και με τα αυξανόμενα ποσά λουτεΐνης ή λυκοπένης, και μόνα τους και μαζί, και διαπιστώθηκε ότι η λουτεΐνη εξασθένησε λόγω της β-καροτίνης και απέκτησε έναν αμφιβληστροειδή σχηματισμό, ενώ η λυκοπένη δεν είχε καμία επίδραση. Το 1991, ύστερα από πείραμα, βρέθηκε μια ισχυρή μείωση στα λυκοπενικά επίπεδα ορού μετά από την συμπλήρωση υψηλής δόσης β-καροτίνης, ενώ σε μια άλλη μελέτη συμπλήρωσης υψηλής δόσης βρέθηκε μια μείωση της LDL. Τα στοιχεία για τις αλληλεπιδράσεις καροτινοειδούς κατά τη διάρκεια της απορρόφησης έχουν αναφερθεί στα κουνάβια, στα οποία η λυκοπένη στο πλάσμα τους μειώθηκε, από 0 έως 24, παρουσία β-καροτίνης, σε σύγκριση με τη διαχείριση της β-καροτίνης όταν ήταν μόνη της. Η σημασία και ο μηχανισμός των αλληλεπιδράσεων καροτινοειδούς πρέπει να χαρακτηριστούν καλύτερα.

ΣΤ. Αύξηση της βιολογικής διαθεσιμότητας της λυκοπένης

Στον ανθρώπινο ορό τα επίπεδα πλάσματος της λυκοπένης αυξήθηκαν σημαντικά στον ανθρώπινο ορό όταν καταναλώθηκε ο επεξεργασμένος χυμός, έναντι του μη επεξεργασμένου χυμού ντοματών. Ο βρασμός για 1 ώρα παρουσία του ελαίου καλαμποκιού αύξησε σημαντικά κατά 1% τη βιολογική διαθεσιμότητα της λυκοπένης του χυμού ντοματών. Η χημική μορφή λυκοπένης στη ντομάτα μετατρέπεται από τις θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, η οποία την καθιστά ευκολότερα απορροφήσιμη από το σώμα. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η επεξεργασία τροφίμων μπορεί να βελτιώσει τη δυνατότητα διαθεσιμότητας στην απορρόφηση της λυκοπένης της ντομάτας και των προϊόντων ντομάτας. Το 1997 επισήμαναν ότι η θερμική επεξεργασία μπορεί να βελτιώσει τη βιολογική διαθεσιμότητα της λυκοπένης χωρίς να αλλάζει σημαντικά η σύνθεση των υποβαλλόμενων *cis*- ισομερών με τη θερμοθεραπεία τροφίμων. Η βιολογική διαθεσιμότητα της λυκοπένης από τα τρόφιμα ντομάτας μπορεί να ενισχυθεί με δύο τρόπους: με εξαγωγή του λυκοπενίου από τη μήτρα τροφίμων στη λιπόφιλη φάση, και με θερμική επεξεργασία και μηχανική διάσπαση των κυττάρων από τον ιστό ντοματών. Με θερμική κατεργασία μόλυβδου η αυξανόμενη βιολογική διαθεσιμότητα των φυτικών καροτινοειδών συμβαίνει μετά από μαγείρεμα. Το 1992 ανέφεραν ότι με την θερμική επεξεργασία του χυμού ντοματών στους 100°C για 1 ώρα υπήρχε σε ποσοστό 20-

30% σε *cis*-ισομερή μορφή στον ορό του ανθρώπου ο οποίος ήπια το χυμό. Επίσης η *cis*-ισομερή μορφή της λυκοπένης απορροφήθηκε ελαφρώς καλύτερα ή μεταβολίστηκε σε μια μικρότερη έκταση σε σχέση με όλα τα *trans* της λυκοπένης. Τώρα γενικά έχει γίνει αποδεκτό ότι η λυκοπένη είναι καλύτερα βιοδιαθέσιμη σε ένα μέσο λιπίδιο απ' ό,τι στις φρέσκες ντομάτες. Το μαγείρεμα και η μείωση του μεγέθους μορίων από τη λείανση ή την ομογενοποίηση μπορούν επίσης να μειώσουν την επίδραση των μητρών. Εντούτοις, επειδή η λεπτομερής καταστροφή της μήτρας, παραδείγματος χάριν, με το εκτενές μαγείρεμα, μπορεί επίσης να καταστρέψει τη λυκοπένη, γι' αυτό πρέπει να βρεθούν βέλτιστες παράμετροι στην τεχνολογία επεξεργασίας ώστε να μεγιστοποιήσουν την καταστροφή της μήτρας και να ελαττώσουν την καταστροφή της λυκοπένης. Λαμβάνοντας υπόψη την αποσύνθεση του ιστού της ντομάτας και την επαγωγή από *trans* σε *cis*-ισομερή κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, οι πιθανοί μηχανισμοί περιλαμβάνουν την απελευθέρωση λυκοπένης από τη θερμική επεξεργασία που προκαλεί τη διάσπαση των δομών και των κυττάρων του ιστού της ντομάτας, την αλλαγή των συνδεόμενων δυνάμεων μεταξύ της λυκοπένης και της μήτρας ιστού, τον διαχωρισμό ή την αποδυνάμωση των συγκροτημάτων πρωτεΐνης-καροτινοειδούς, τη διάλυση ή την διασπορά της κρυστάλλινης καροτινοειδούς μορφής, και τη θερμικά βελτιωμένη εξαγωγή λυκοπένης στην ελαιούχο φάση του μίγματος, χρησιμοποιώντας λάδι ως διαλύτη.

Τρέχουσες πληροφορίες για τη βιοδιαθεσιμότητα της λυκοπένης είναι περιορισμένες. Οι φαρμακοκινητικές ιδιότητες της λυκοπένης παραμένουν, ανεπαρκώς, ιδιαίτερα κατανοητές. Η έλλειψη της μάθησης για το πώς η λυκοπένη λειτουργεί στο ανθρώπινο σώμα και τους ανεπαρκείς δείκτες έχει καταστήσει δύσκολο το να καθιερωθεί ένα σαφές και υγιές σχέδιο βιοδιαθεσιμότητας της λυκοπένης στα τρόφιμα. Αυτή την περίοδο, από τις πηγές τροφίμων υπάρχουν λίγες επικυρωμένες μέθοδοι για την ποσοτική αξιολόγηση της βιολογικής διαθεσιμότητας της λυκοπένης ή άλλου καροτινοειδούς. Η χρήση των κλασμάτων πυκνότητας πλάσματος που εμπλουτίζονται στα χυλομικρά μπορεί να είναι χρήσιμη στον καθορισμό της σχετικής αποδοτικότητας της απορρόφησης των καροτινοειδών, ιδιαίτερα εάν οι χαμηλές δόσεις μπορούν να είναι διαθέσιμες και ανάλογες μεταξύ της δόσης και της αντίδρασης και αυτό να είναι αποδεδειγμένο. Περαιτέρω έρευνα για τη βιοδιαθεσιμότητα, τη μακροθρεπτική αξία, τη βιοχημεία, και την ανάγκη φυσιολογίας που μπορεί να γίνει για να αποκαλύψει το μηχανισμό της λυκοπένης στην ανθρώπινη διατροφή είναι ο *in vivo* μεταβολισμός λυκοπένης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΥΚΟΠΕΝΗΣ ΑΠΟ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΝΤΟΜΑΤΩΝ

Ο προσδιορισμός της λυκοπένης στα τρόφιμα ντοματών μπορεί να πραγματοποιηθεί ανάλογα με τις φυσικές και τις χημικές μεθόδους. Οι φυσικές μέθοδοι είναι βασισμένες στη σχέση των παραμέτρων χρώματος και τη συγκέντρωση των δειγμάτων της λυκοπένης. Στη χημική ανάλυση, η λυκοπένη εξάγεται από τον ιστό ντομάτας και ποσολογείται.

A. Εξαγωγή λυκοπένης για χημική ανάλυση

Επειδή η λυκοπένη είναι λιποδιαλυτή ουσία, εξάγεται συνήθως με οργανικούς διαλύτες όπως το χλωροφόρμιο, το εξάνιο, την ακετόνη, το βενζόλιο, τον αιθέρα πετρελαίου, ή το δισουλφίδιο του άνθρακα, πριν από τη χημική ανάλυση για το ποσοτικό προσδιορισμό. Σε περιπτώσεις όπου η διαλυτική εξαγωγή μπορεί να είναι αργή και ελλιπής, η αποδοτική μηχανική λείανση των ντοματών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διευκολύνει την πλήρη εξαγωγή. Το αφυδατωμένο υλικό μπορεί να εξαχθεί με τους αμιγείς διαλύτες. Η ύγρανση του αφυδατωμένου υλικού πριν από την απόσπαση διαλύτη είναι συχνά απαραίτητη για να πάρει την πλήρη απόσπαση. Εντούτοις, η επεξεργασία εξαγωγής πραγματοποιείται συχνότερα με τα υγρά δείγματα ή το φρέσκο υλικό. Η μέθοδος εξαγωγής για τη λυκοπένη γενικά τείνει να είναι ο χρόνος και η διαδικασία κατανάλωσης, και είναι επιρρεπής σε λάθος λόγω της οξειδωσης και των απωλειών στην εξαγωγή. Οι κλιμένοι διπλοί δεσμοί της λυκοπένης την καθιστά ως ασταθή συστατικό, ειδικά στο ευαίσθητο φως, στη θερμότητα, στο οξυγόνο και στα οξέα. Οι εξαγωγές που γίνονται στο εργαστήριο πρέπει να πραγματοποιούνται σε αμυδρό φωτισμό και σε αδρανή ατμόσφαιρα. Με τη θέρμανση του λυκοπενίου η ανάλυση πρέπει να βρίσκεται στο ελάχιστο όριο.

Για να αποφύγουν την οξειδωση και τον ισομερισμό της λυκοπένης κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εξαγωγής, μπορούν να προστεθούν αντιοξειδωτικά και εξουδετερωθείσας παράγοντες όπως το ανθρακικό άλας ασβεστίου και η διμεθυλανιλίνη. Το εξάγων δείγμα πρέπει να αποθηκευτεί σε σκοτάδι στον ψυκτήρα (-20°C) κάτω από άζωτο.

Μετά από την εξαγωγή, η σαπωνοποίηση είναι η αποτελεσματικότερη μέθοδος για την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων λιπιδίων, τις χλωροφύλλες και άλλων ακαθαρσιών. Αυτή η διαδικασία δεν έχει επιπτώσεις στη λυκοπένη επειδή είναι γενικά «αλκαλικός στάβλος». Ο περαιτέρω καθαρισμός μεταφέρεται έξω, και τελικά το κρυσταλλικό προϊόν λυκοπένης μπορεί να ληφθεί από την κλασματική κρυστάλλωση, από τον αιθέρα πετρελαίου ή την ακετόνη στη χαμηλή θερμοκρασία. Έχουν αναπτυχθεί μερικές ραγδαίες αποτελεσματικές μέθοδοι εξαγωγής για την

ανάλυση και τον προσδιορισμό της λυκοπένης περιλαμβάνοντας τη διαλυτική εξαγωγή μικροκυμάτων και τη διατήρηση σταθερής ατμοσφαιρικής πίεσης που είναι επιταχυνόμενες τεχνολογίες διαλυτικής εξαγωγής στις οποίες η λυκοπένη κυμάνθηκε από 98 ως 99,6% (1999).

B. Φασματοφωτομετρική μέθοδος

Η συγκέντρωση λυκοπένης στις ντομάτες έχει καθοριστεί επακριβώς στο εργαστήριο με τις φασματοφωτομετρικές μετρήσεις. Το 1986 κάποιοι μαθητές χρησιμοποιώντας δύο διαλύτες (ακετόνη και μεθανόλη) καθώς επίσης και διάφορες μεθόδους εξαγωγής απέκτησαν μεγάλες διαφορές στη συγκέντρωση. Τώρα τα περισσότερα πειράματα χρησιμοποιούν το εξάνιο και την ακετόνη για την εξαγωγή λυκοπένης από τον ιστό της ντομάτας από 460 έως 470 nm.

Γ. Μέθοδος HPLC

Ο χρωματογραφικός χωρισμός (HPLC) της λυκοπένης είναι η καλύτερη επιλογή για την ανάλυση και την αναγνώριση της, συμπεριλαμβανομένου των στερεών *trans* και *cis* ισομερών. Αυτές οι μέθοδοι περιλαμβάνουν τη χρωματογραφία στηλών, την χρωματογραφία λεπτής στρώσης, τη χρωματογραφία εγγράφου, τη χρωματογραφία αερίου και την υψηλής απόδοσης υγρή χρωματογραφία (HPLC), χρησιμοποιώντας διάφορους τύπους προσροφητικών και κινητών φάσεων. Η ευρέως χρησιμοποιημένη χρωματογραφική διαδικασία για τη μέτρηση της λυκοπένης και άλλων καροτινοειδών όπως η AOAC μέθοδος (AOAC, 1995) αποτυγχάνει να χωρίσει τα *cis* -ισομερή από τα *all-trans* ισομερή. Η κανονική φάση και οι ανάστροφοι μέθοδοι HPLC φάσης έχουν χρησιμοποιηθεί για να χωρίσουν και να ποσολογήσουν την προβιταμίνη Α καροτινοειδούς στα φρούτα και τα λαχανικά. Πρόσφατα, μερικές γρήγορες και ιδιαίτερα αποδοτικές μέθοδοι HPLC ήταν αναπτυγμένες και μελετήθηκαν εκτενώς για να απομονώσουν τη λυκοπένη και τα ισομερή της από τις ντομάτες με ελάχιστη οξείδωση και ισομερισμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΛΥΚΟΠΕΝΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΤΟΜΑΤΩΝ

Περισσότερο από 80% των παραχθεισών ντοματών καταναλώνονται υπό μορφή επεξεργασμένου προϊόντος όπως ο χυμός, η πάστα, ο πουρές, η κέτσαπ και η σάλτσα ντοματών. Για την επεξεργασία, οι ντομάτες πλένονται, ταξινομούνται και τεμαχίζονται. Οι τεμαχισμένες ντομάτες υποβάλλονται σε μία καυτή ή κρύα μέθοδο διάσπασης για την προετοιμασία χυμού. Ο χυμός από ντομάτες λαμβάνεται συνήθως χρησιμοποιώντας κάποια πίεση ή κάποιο εργαλείο που τις χτυπά. Η παρασκευή άλλων προϊόντων ντοματών όπως ο πολτός, ο πουρές, η πάστα, το κέτσαπ και ο χυμός ντοματών γίνεται με σπείρες ατμού ή με κενό εξάτμισης. Για τις κονσερβοποιημένες ντομάτες, οι τεμαχισμένες ή ολόκληρες ντομάτες ανταπαντιούνται. Για τις ξηρές φέτες και τη σκόνη ντοματών, οι ντομάτες υποβάλλονται σε μια διαδικασία αφυδάτωσης. Είτε θερμικές είτε μηχανικές επεξεργασίες περιλαμβάνονται συχνά σε αυτή τη διαδικασία, η οποία μπορεί να έχει επιπτώσεις στην ποιότητα των προϊόντων ντοματών. Τα βαθυκόκκινα φρούτα ντοματών που περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις λυκοπένης υποβάλλονται σε επεξεργασία ώστε να αποκτήσουν ένα πιο σκούρο κόκκινο χρώμα. Εντούτοις, η περιεκτικότητα σε λυκοπένη στα προϊόντα ντοματών είναι γενικά χαμηλότερη από το αναμενόμενο, λόγω των απωλειών κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας της ντομάτας. Οι κύριες αιτίες της υποβάθμισης της λυκοπένης στην επεξεργασία ντοματών είναι ο ισομερισμός και η οξειδωση. Ευρέως θεωρείται ότι η λυκοπένη γενικά υποβάλλεται σε ισομερισμό με θερμική επεξεργασία. Είναι πιστευτό ότι οι αλλαγές της περιεκτικότητας της λυκοπένης και η διανομή των *trans* και *cis* ισομερών έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή της «βιολογικής ιδιοκτησίας». Ο προσδιορισμός του βαθμού ισομερισμού θα παρείχε τη καλύτερη διορατικότητα στα πιθανά οφέλη υγείας των επεξεργασμένων προϊόντων ντοματών. Η χημική αποικοδόμηση της λυκοπένης και η απώλεια χρώματος των επεξεργασμένων προϊόντων ντοματών επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες. Η απώλεια χρώματος στον χυμό ντοματών επιταχύνεται από την υψηλή θερμοκρασία και τη μακροχρόνια κατεργασία (επεξεργασία και λήξη), λόγω υποβάθμισης της λυκοπένης. Το 1994 κάποιοι ειδικοί εξέθεσαν να διερευνήσουν από πλευράς χρώματος το χυμό ντομάτας μετά από την επεξεργασία και την αποθήκευση της, δείχνοντας έτσι μία απώλεια κόκκινου χρώματος. Η διατήρηση χρώματος στη ντομάτα είναι καλύτερη στις χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Στα επεξεργασμένα προϊόντα ντοματών, η οξειδωση είναι μια σύνθετη διαδικασία και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως τους όρους επεξεργασίας, την υγρασία, τη θερμοκρασία, την παρουσία υπέρ- ή αυτοοξειδωτικών μέσων και τα λιπίδια. Παραδείγματος χάριν, η χρήση των λεπτών φετών για την εξαγωγή χυμού επιτείνει την οξειδωση της λυκοπένης λόγω της μεγάλης επιφάνειας ντομάτας που εκτίθεται στον αέρα και το μέταλλο. Η καλή χρήση προφύλαξης αυξάνει

τη διατήρηση του χρώματος των προϊόντων ντοματών. Το ποσό σακχάρων, οξέων και αμινοξέων έχει επιπτώσεις επίσης στο χρώμα των επεξεργασμένων προϊόντων της ντομάτας με τον σχηματισμό καφετί χρωστικών ουσιών. Η επιδείνωση στο χρώμα, που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των διάφορων προϊόντων ντοματών προκύπτει από έκθεση στον αέρα στις υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας προκαλώντας φυσικά εμφάνιση όλων των *trans* της λυκοπένης τα οποία ισομεριώνονται και οξειδώνονται. Συνδεδεμένες με την έκθεση στο οξυγόνο και το φως, οι θερμικές επεξεργασίες αποσυνθέτουν τον ιστό της ντομάτας και μπορούν να οδηγήσουν στην καταστροφή της λυκοπένης. Αυτές οι αλλαγές οφείλονται κυρίως στην πίεση θερμότητας που επιβάλλεται από τη σχετικά σκληρή θερμική κατεργασία που απαιτείται, για να επιτύχει σταθερότητα στη διάρκεια διατήρησης των επεξεργασμένων προϊόντων ντοματών. Οι μελέτες για την επίδραση των όρων επεξεργασίας στις ποιοτικές και ποσοτικές αλλαγές της υποβάθμισης της λυκοπένης είναι απαραίτητες για να καθορίσουν τις παραμέτρους εφαρμοσμένης μηχανικής κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας ντοματών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Μια έρευνα για την περιεκτικότητα λυκοπένης σε μερικά εμπορικά δείγματα

Βιομηχανικό δείγμα	Λυκοπένη (υγρό βάρος mg/100gr)	Πηγές
Χυμός ντοματών (στο Ισραήλ)	5.8-9,0	Lindner et Al, 1984
Κέτσαπ ντοματών (στη Φινλανδία)	9.9	Heinonen et Al, 1989
Πουρές ντοματών	19.37-8,93	Tavares και Rodriguez- Amaya, 1994
Τοματοπολτός	18.27-6,07	
Κέτσαπ ντοματών	10.29-41,4	
Χυμός ντοματών (στο Καμπίνας, τη Βραζιλία)	61.6	
Σούπα ντοματών	8.0-13,84	Tonucci et Al, 1995
Χυμός ντοματών	9.70-11,84	
Τοματοπολτός	51.12-59,78	
Πουρές ντοματών	16.67	
Σάλτσα ντοματών (στις ΗΠΑ)	6.51-19,45	
Πολτός ντοματών	12.09-12,83	Sharma και LE Maguer, 1996
Παχύ μέρος πολτού	41.91-42,82	
Ο πολτός λεπταίνει το μέρος (στον Καναδά)	3.98-4,08	

A. Επίδραση της θερμοκρασίας στην υποβάθμιση της λυκοπένης

Η θέρμανση του χυμού ντομάτας για 7 λεπτά στους 90 και 100°C οδήγησε σε μείωση 1,1 και 1,7% της περιεκτικότητας σε λυκοπένη, αντίστοιχα. Στις υψηλότερες θερμοκρασίες η περιεκτικότητα σε λυκοπένη μειώθηκε ακόμη περισσότερο, και οι απώλειες παρατηρήθηκαν σε 17,1% στους 130°C. Η θερμοκρασία επηρεάζει τη φύση και την έκταση αποσύνθεσης της λυκοπένης. Σε διάλυμα, χάνεται 26,1% λυκοπένης όταν θερμαίνεται για 3 ώρες στους 65°C, και 35% χάνεται όταν θερμαίνεται για 3 ώρες στους 100°C. Ο χαλκός καταλύει την οξείδωση της λυκοπένης. Στους 65 και 100°C, η απώλεια λυκοπένης αυξήθηκε σε 60 και 90% (σχεδόν πλήρης αποχρωματισμός) αντίστοιχα, παρουσία μικρών ποσών χαλκού. Μελετητές ανέφεραν ότι η οξειδωτική υποβάθμιση της λυκοπένης στους 50°C οδηγεί σε «τεμαχισμό» του μορίου, που δίνει την ακετόνη, το μεθυλένιο, την αλδεΐδη και πιθανώς πολυσακχαρίτες ως προϊόντα. Επίσης έχει αναφερθεί ότι οι σοβαρές απώλειες λυκοπένης μπορούν να εμφανιστούν όταν διατηρούνται σε υψηλή θερμοκρασία και είναι μακροχρόνιοι. Η υψηλή θερμοκρασία και το μεγάλο ποσό αέρα που διαλύεται στο χυμό ντοματών κατά τη διάρκεια των διαδικασιών σπασίματος και πίεσης μπορούν γρήγορα να καταστρέψουν ουσιαστικά ποσά λυκοπένης. Κατά τη διάρκεια της εξάτμισης (ειδικά χρησιμοποίηση υπό κενό), οι μικρότερες απώλειες παρατηρήθηκαν όταν εμφανίστηκε η εξαέρωση μόλις εισήχθη ο χυμός, και έτσι η εξάτμιση του συστήματος εμπόδισε την οξειδωτική καταστροφή της λυκοπένης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το μήκος της θέρμανσης είναι ένας κρίσιμος παράγοντας που ελέγχει την υποβάθμιση της λυκοπένης. Φαίνεται ότι η εξαέρωση και η σχέση μεγάλη θερμοκρασία -μικρή διάρκεια με θερμική επεξεργασία του χυμού ντοματών μπορούν να έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στη διατήρηση της ποιότητας χυμού ντοματών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Ποσοστό απώλειας λυκοπένης στο χυμό ντοματών κατά τη διάρκεια της θέρμανσης

Θερμοκρασία Θέρμανσης (°C)	Απώλεια λυκοπένης (%)		
	Χρόνος θέρμανσης	Χρόνος θέρμανσης	Χρόνος θέρμανσης
	1 min.	3 min	7 min.
90	0,6	0,9	1,1
100	0,9	1.4	1,7
110	2.2	3.2	4.4
115	2.7	4.5	7.0
118	3.7	6.0	9.1
121	4.6	7.3	10.6
124	5.5	8.5	12.5
127	6.5	9.9	14.6
130	7.4	11.5	17.1

Β. Επίδραση του οξυγόνου στην υποβάθμιση της λυκοπένης

Επιστήμονες εξέθεσαν την οξειδωτική καταστροφή της λυκοπένης κατά τη διάρκεια επεξεργασίας του πουρέ ντοματών. Ο σημαντικότερος συμβάλλοντας παράγοντας ήταν η διαθεσιμότητα του οξυγόνου. Περισσότερο από 30% της λυκοπένης υποβιβάζεται όταν θερμαίνεται στους 100°C παρουσία οξυγόνου, ενώ μόνο 5% χάνεται παρουσία CO₂.

Γ. Επίδραση της ελαφριάς πυκνότητας στην υποβάθμιση της λυκοπένης

Ο αυξημένος φωτισμός και η υψηλή θερμοκρασία αυξάνουν την απώλεια της λυκοπένης. Το μέγεθος της καταστροφής της λυκοπένης από τον αυξημένο φωτισμό είναι λιγότερο αυστηρό από αυτόν της αυξανόμενης θερμοκρασίας.

Δ. Επίδραση των τεχνικών αφυδάτωσης στην υποβάθμιση της λυκοπένης

Η απώλεια λυκοπένης κατά τη διάρκεια της αφυδάτωσης των ντοματών είναι μια σημαντική ανησυχία. Η αφυδάτωση των φετών ντοματών πραγματοποιείται τυπικά στις υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια μιας εκτεταμένης περιόδου υπό κενό. Γενικώς η τάση της διατήρησης της λυκοπένης στα δείγματα μειώνεται ελαφρώς κατά τη διάρκεια των διαδικασιών αφυδάτωσης. Κατά

τη διάρκεια της οσμωτικής αφυδάτωσης, η λυκοπένη είναι ουσιαστικά ικανοποιημένη από τη σταθερά των υπολειμμάτων. Μετά από την οσμωτική κενή ξήρανση, η συνολική διατήρηση της λυκοπένης στις ντομάτες ήταν μεγαλύτερη απ' ό,τι σε εκείνες που αφυδατώθηκαν με την κενή ξήρανση. Η πιθανή εξήγηση είναι ότι η λύση ζάχαρης στην οσμωτική αφυδάτωση κρατά εκτός το οξυγόνο από τις ντομάτες και μειώνει την οξείδωση της λυκοπένης στη μήτρα ιστού των ντοματών στις χαμηλές λειτουργούσες θερμοκρασίες. Ο συμβατικός αέρας μειώνει τη διατήρηση λυκοπένης στα δείγματα ντοματών λόγω της επιρροής της θερμότητας και του οξυγόνου. Ο αποσυντεθειμένος ιστός ντομάτας κατά τη θερμική επεξεργασία αύξησε την έκθεση στο οξυγόνο και το φως, τα οποία οδήγησαν στην καταστροφή της λυκοπένης.

Ε. Απώλεια λυκοπένης κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας αποφλοιώσης των ντοματών

Η αποφλοιώση είναι μια σημαντική διαδικασία στην επεξεργασία της ντομάτας. Προτού να περάσουν οι ντομάτες από τα μηχανήματα για να αφαιρεθεί το δέρμα φλούδας, υποβάλλονται συνήθως σε μια χημική ή φυσική επεξεργασία. Οι χημικές επεξεργασίες περιλαμβάνουν την αποφλοιώση αλισίβας σε καυτό διάλυμα NaOH ή CaCl₂.

Οι φυσικές επεξεργασίες περιλαμβάνουν την αποφλοιώση μέσω ατμού με υψηλή πίεση ή με υπερθερμαντικό ατμό. Έχουν αναπτυχθεί μερικές νέες μέθοδοι αποφλοιώσης, όπως τα κρουγόνα που ζεματίζουν με υγρό άζωτο, τον υγρό αέρα ή φρέον 12, ή υπέρυθρο ξεφλούδισμα με την υπέρυθρη ακτινοβολία ως πηγή θερμότητας. Κατά τη διάρκεια της αποφλοιώσης αλισίβας, το καυτό διάλυμα λιώνει την επιφάνεια, διαπερνά την επιδερμίδα, αφομοιώνει μέσω της παχιάς μεμβράνης τα κύτταρα, και προξενεί χωρισμό του δέρματος. Η συγκέντρωση του διαλύματος αλισίβας και των θερμοκρασιών χρησιμοποιήθηκαν στη σειρά βιομηχανίας τροφίμων από 8 μέχρι 25% και από 60 μέχρι 100°C, αντίστοιχα, ανάλογα με τα προϊόντα, την ποικιλία και την ωριμότητα φρούτων. Με τη διαδικασία ζεματίσματος ατμού, οι ντομάτες εκτίθενται στο ζωντανό ατμό για να «χαλαρώσουν» αρκετό καιρό τη φλούδα αλλά όχι τόσο όσο να προκαλέσουν την εμφάνιση σάρκας ή ψησίματος. Τα τελευταία χρόνια, η εφαρμογή υψηλής πίεσης ατμού και σε σύντομο χρόνο, σε συνδυασμό με τα μηχανήματα αφαίρεσης φλούδας έχει γίνει δεκτή στις περισσότερες διαδικασίες επεξεργασίας ντοματών. Οι διαδικασίες αποφλοιώσης παρουσία χημικών ουσιών και ατμού προκαλούν σχετικά υψηλές απώλειες των εδώδιμων ινών του εξωτερικού περικάρπιου στρώματος των ντοματών. Διαπιστώθηκε, επίσης, ότι οι ντομάτες κατά την αποφλοιώση με την υπέρυθρη μέθοδο παρήγαγαν μια απώλεια φλούδας 5,3%, ενώ η μέθοδος ατμού είχε μια απώλεια φλούδας 7,5%. Κάποιοι άλλοι αναφέρουν ότι το 1/3 του όγκου ντοματών στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας μπορεί να χαθεί ως απόβλητα. Τα απόβλητα κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας ντοματών είναι κυρίως σπόροι,

περικάρπιος ιστός και υπολείμματα δερμάτων. Η επιδερμική περιοχή των ντοματών (δέρμα και εξωτερικός περικάρπιος ιστός) περιέχει συνολικά περισσότερο από 80-90% λυκοπένη. Είναι σαφές ότι μια μεγάλη ποσότητα λυκοπένης απορρίπτεται κανονικά ως απόβλητα επεξεργασίας ντοματών. Αυτά τα απόβλητα επεξεργασίας μπορούν να είναι μια σημαντική πηγή λυκοπένης για τη βιομηχανία τροφίμων.

ΣΤ. Ισομερισμός λυκοπένης στην επεξεργασία τροφίμων

Η μείωση περιεκτικότητας σε λυκοπένη και ο ισομερισμός *trans* και *cis* οδηγούν σε μια μείωση της «βιολογικής ιδιοκτησίας». Εντούτοις, ο πραγματικός προσδιορισμός του βαθμού ισομερισμού ως αποτέλεσμα, έχει περιοριστεί. Οι αλλαγές χρώματος, που χρησιμοποιούνται συνήθως ως ποιοτικός δείκτης, δεν μπορούν να εξηγηθούν από τον ισομερισμό στην *cis*-ισομερή μορφή. Γενικά γίνεται αποδεκτό ότι όλη η *trans* μορφή λυκοπένης έχει την υψηλότερη σταθερότητα και η *cis*-ισομερή μορφή έχει τη χαμηλότερη σταθερότητα. Η δύναμη βιοδραστικότητας εξαρτάται από την έκταση του ισομερισμού και της οξειδωσης καθώς επίσης και της σταθερότητας, όταν η ντομάτα και τα προϊόντα ντομάτας υποβάλλονται σε επεξεργασία και αποθήκευση. Κατά συνέπεια, ο ισομερισμός θα οδηγούσε στην υποβάθμιση της λυκοπένης. Αν και η επεξεργασία των ντοματών με το μαγείρεμα, το πάγωμα, ή την κονσερβοποίηση δεν προκαλεί συνήθως σημαντικές αλλαγές στη συνολική περιεκτικότητα της λυκοπένης, ευρέως υποτίθεται ότι η λυκοπένη υποβάλλεται σε ισομερισμό μετά από την θερμική επεξεργασία. Η θερμότητα, το φως, τα οξέα και άλλοι παράγοντες έχουν αναφερθεί σαν αιτία ισομερίωσης της λυκοπένης. Μια αληθινή αξιολόγηση της θρεπτικής ποιότητας και του υγιούς οφέλους των επεξεργασμένων τροφίμων που έχουν ως βάση τους τη ντομάτα εξαρτάται όχι μόνο από τη συνολική περιεκτικότητα λυκοπένης, αλλά και από τη κατανομή των ισομερών της λυκοπένης. Ο χαρακτηρισμός και ο προσδιορισμός της ποσότητας της ισομερίωσης του λυκοπένιου είναι ότι θα παρείχαν την καλύτερη διορατικότητα στην πιθανή θρεπτική ποιότητα και το υγιές όφελος της επεξεργασμένης ντομάτας, και θα προέβλεπαν ακριβέστερα τη βιοδραστικότητα της λυκοπένης από μια συνολική περιεκτικότητα σε λυκοπένη χωρίς τη γνώση της ισομερούς σύνθεσής του. Ο έλεγχος της συμπεριφοράς ισομερίωσης της λυκοπένης κατά τη διάρκεια της παραγωγής και της λήξης των προϊόντων ντοματών μπορεί να ωφελήσει στη βελτίωση του χρώματος και στην ποιότητα των προϊόντων.

I. Επίδραση της θερμικής επεξεργασίας της λυκοπένης στον ισομερισμό

Ο ισομερισμός και το ποσό των *cis*-ισομερή αυξάνονται με τη λειτουργία του χρόνου επεξεργασίας κατά τη διάρκεια της θέρμανσης των ντοματών. Η θερμική επεξεργασία αύξησε

σαφώς το ποσοστό των *cis*- ισομερή. Είναι προφανές από αυτά τα αποτελέσματα ότι με την επεξεργασία των τροφίμων μπορεί να επιτευχθεί ο *cis*-ισομερισμός στα τρόφιμα ντομάτας. Η θέρμανση των ντοματών και των προϊόντων ντοματών στο λάδι είχε μια μεγαλύτερη επίδραση της λυκοπένης στον ισομερισμό απ' ότι θερμαίνοντας τα στο νερό. Επομένως, σε αυτό απαιτείται, όχι μόνο η διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας, αλλά και τα τμήματα μητρών τροφίμων, όπως το έλαιο ή το λίπος, να επιδρούν στον ισομερισμό της λυκοπένης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Ισομερή λυκοπένης σε διάφορα θερμικά επεξεργασμένα προϊόντα ντομάτας

Δείγμα	Συνολική λυκοπένη (mg/100 gr, ξηρά βάση)	<i>cis</i> - ισομερή (%)
Ξεφλουδισμένη ντομάτα	149.89	5.37
Χυμός ντοματών (καυτός-σπάσιμο)	161.23	5.98
Χυμός ντοματών (που ανταπαντιέται)	180.10	3.56
Ντομάτα (το σύνολο)	183.49	3.67
(Που συγκεντρώνεται τοματοπολτός)	174.79	5.07
(Που ανταπαντιέται τοματοπολτός)	189.26	4.07
Σούπα ντοματών (που ανταπαντιέται)	136.76	4.34
Σάλτσα ντοματών (που ανταπαντιέται)	73.33	5.13

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

Επίδραση της επεξεργασίας θέρμανσης της λυκοπένης στον ισομερισμό στις υδάτινες και ελαιούχες διασπορές του τοματοπολτού (70°C)

Χρόνος θέρμανσης(min)	All trans(%)	5 -cis(%)	9- cis(%)	15-cis(%)	άλλη cis(%)
Στο ύδωρ					
0	92.6	4.5	0,9	1.6	0,5
15	92.3	4.4	0,9	1.6	0,5
30	88.1	5.1	2.1	2.3	2.5
60	87.1	5.2	2.2	2.7	3.0
120	86.2	5.5	2.7	2.6	3.1
180	83.4	6.1	3.6	3.2	3.8
Στο ελαιόλαδο					
0	87.4	4.8	4.4	3.0	0,5
30	85.2	5.8	5.5	2.9	0,5
90	83.5	6.2	5.9	3.3	1.2
120	80.3	7.0	6.9	3.2	2.6
180	76.7	8.1	8.8	3.1	3.3

II. Επίδραση της τεχνολογίας αφυδάτωσης της λυκοπένης στον ισομερισμό

Οι μελέτες για την επίδραση των μεθόδων αφυδάτωσης στην υποβάθμιση της λυκοπένης παρουσιάζουν σημαντική αύξηση στα *cis*- ισομερή και μια ταυτόχρονη μείωση σε όλα τα *trans*-ισομερή. Τα *trans*-ισομερή δεν ανιχνεύθηκαν στα φρέσκα δείγματα ντοματών. Επίσης δεν έχει αναφερθεί κανένα *cis*- ισομερές στα φρέσκα δείγματα ντοματών μετά από την ανάλυση HPLC (χρωματογραφικός χωρισμός). Τα *cis* ισομερή εμφανίστηκαν στα επεξεργασμένα δείγματα ντοματών και όχι στα φρέσκα.

Παρατηρήθηκε ότι λιγότερα *cis* ήταν παρόντα σε οσμωτικά αφυδατωμένες ντομάτες σε σύγκριση με εκείνες στον άμεσα ξηρό και κενό ξηρό αέρα. Το υψηλότερο ποσό *cis* βρέθηκε στα δείγματα ντοματών που υπήρξαν στον ξηρό αέρα. Αναφέρθηκε, επίσης, ότι το ποσό των *cis* ισομερή υπερβαίνει τους παρόντες στο αρχικό υλικό ντοματών και στα οσμωτικά αντιμετωπισμένα δείγματα ντοματών όταν αφυδατώνονται με τις συμβατικές μεθόδους. Τα *cis*-ισομερή διαμορφώθηκαν στα επεξεργασμένα δείγματα ντοματών και αυξήθηκαν με τη

θερμοκρασία και το χρόνο κατά τη διάρκεια της αφυδάτωσης. Κάθε δείγμα που αφυδατώθηκε με διαφορετικές μεθόδους είχε έναν αρνητικό παράγοντα ισομερισμού αποδεκτό ή/και μια οξείδωση λυκοπένης (π.χ. διαπερατότητα οξυγόνου, ελαφριά έκθεση και παρουσία μερικών μετάλλων στο σύστημα επεξεργασίας). Μια μεγάλη απώλεια λυκοπένης κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας θα έδειχνε μια πιο μακροχρόνια και πιο δραστική διαδικασία, ιδίως στα θερμικά βήματα αφυδάτωσης. Η αφυδάτωση των ντοματών σε μία ήπια θερμοκρασία δεν προκαλεί συνήθως σημαντικές απώλειες στη συνολική περιεκτικότητα σε λυκοπένη, αλλά η μετατροπή των *trans* σε *cis* ισομερή εμφανίζεται πάντα στα προϊόντα αφυδάτωσης. Στην οσμωτική επεξεργασία, ο υπερισχύοντας μηχανισμός μπορεί να είναι ο ισομερισμός της λυκοπένης. Επειδή η συνολική περιεκτικότητα σε λυκοπένη παρέμεινε σχεδόν σταθερή, μόνο η κατανομή των *all-trans* και *cis* ισομερών άλλαξαν. Στην ξήρανση αέρα, η ισομερίωση και η οξείδωση ήταν δύο ισχυροί παράγοντες που είχαν επιπτώσεις ταυτόχρονα στη συνολική περιεκτικότητα της λυκοπένης, στην κατανομή των *all-trans* και *cis* ισομερών και στη βιολογική δύναμη. Οι αλλαγές στην περιεκτικότητα της λυκοπένης και η κατανομή του ισομερισμού *trans* και *cis* θα οδηγήσουν σε μια μείωση της βιολογικής δύναμης όταν οι ντομάτες και τα προϊόντα ντοματών υποβάλλονται σε επεξεργασία. Η αφυδάτωση και η αύξηση της περιοχής επιφάνειας, παραδείγματος χάριν, στα κονιοποιημένα ή λυοφιλοποιημένα προϊόντα ντοματών, οδηγούν γενικά στην πολύ φτωχή σταθερότητα. Η οσμωτική εξίσωση (με ζάχαρη) στο στρώμα επιφάνειας του οξυγόνου ντοματών σταματά τη διείσδυση και την οξείδωση της λυκοπένης. Η οσμωτική επεξεργασία θα μπορούσε να μειώσει τις απώλειες της λυκοπένης έναντι άλλων μεθόδων αφυδάτωσης. Αυτά τα αποτελέσματα θα είναι χρήσιμα στην ανάπτυξη των νέων τεχνικών αφυδάτωσης και θα βελτιώσουν την ποιότητα των προϊόντων.

Z. Υποβάθμιση και αλλαγές χρώματος των ντομάτα και τροφίμων που βασίζονται στη ντομάτα

Οι παράμετροι χρώματος μετρούν τη σχέση με την ποιότητα των τροφίμων καθώς έχει μελετηθεί εκτενώς. Σε δημοσίευμα έχει αναφερθεί η τάση της λυκοπένης να αυξάνει την ισομερίωση από μια μορφή σε μια άλλη με τη συνοδεία αλλαγής χρώματος. Φαίνεται πιθανό τα *all-trans* ισομερή του λυκοπενίου να μετατρέπονται σε κόκκινη *cis* ισομερή μορφή με μια αντίστοιχη αλλαγή στα φάσματα απορρόφησης κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας της ντομάτας. Με την οσμωτική επεξεργασία οι ντομάτες είχαν περισσότερο κόκκινο χρώμα από εκείνες που αντιμετώπιζονταν με ξήρανση αέρα και κενή ξήρανση, και εκεί έδειξε ότι ήταν περισσότερη η λυκοπένη στα δείγματα.

Το 1994 οι επιστήμονες, από πλευράς χρώματος του χυμού ντοματών μετά από την

επεξεργασία και την αποθήκευση τους, εντόπισαν μια απώλεια κόκκινου χρώματος στις ντομάτες. Η διατήρηση χρώματος στα προϊόντα ντοματών είναι καλύτερη στις χαμηλότερες θερμοκρασίες. Ένα ελαφρώς καλύτερο χρώμα μπορεί να παρατηρηθεί από δείγματα που αφυδατώνονται στις χαμηλές θερμοκρασίες. Οι διαφορές χρώματος μεταξύ των δειγμάτων δεν ήταν εύκολα ευδιάκριτες από την οπτική αξιολόγηση. Δεν υπήρξε καμία σημαντική διαφορά μεταξύ της αξίας χρώματος κάποιων διαφορετικών αφυδατωμένων ντοματών. Αυτό αποδόθηκε στο σχηματισμό κρυστάλλων λυκοπένης στη μήτρα ιστού των ντοματών μετά από θέρμανση στις διαδικασίες αφυδάτωσης. Εκεί το φάσμα δεν άλλαξε σημαντικά. Η μέτρηση χρώματος δεν παρουσίασε τη σχετική σύνθεση των *all-trans* και *cis* ισομερών. Μια αύξηση των *cis* ισομερή θα έδειχνε μια αλλαγή της δύναμης βιοδραστικότητας της λυκοπένης, αλλά δεν θα παρουσίαζε σημαντική διαφορά στο χρώμα.

Η. Σταθερότητα της λυκοπένης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης των τροφίμων ντομάτας

Η μοίρα της λυκοπένης στα επεξεργασμένα προϊόντα ντομάτας επηρεάζεται από τους παράγοντες αποθήκευσης. Η διατήρηση της επί τοις εκατό λυκοπένης ελαττώθηκε στις υψηλές θερμοκρασίες και με την παρουσία του οξυγόνου μετά από μεγάλες περιόδους αποθήκευσης. Μια μελέτη για την κενή ξήρανση σε σκόνη ντοματών έδειξε ότι η συσκευασία αποξήρανσης και η συσκευασία σε μια αδρανή ατμόσφαιρα (π.χ. άζωτο) ευνόησαν τη διατήρηση του χρώματος, ενώ η παρουσία αέρα προκάλεσε μια απώλεια λυκοπένης και χρώματος που εξασθενίζουν από την οξείδωση. Οι αναλύσεις των δειγμάτων ηλικίας-μελέτης για τη λυκοπένη έδειξαν ότι τα συσκευασμένα με αέρα δείγματα διατήρησαν τα χαμηλότερα επίπεδα λυκοπένης, καθώς παρουσίαζαν και μία πειραματική απώλεια λυκοπένης καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου αποθήκευσης. Η σημαντικότερη συνεισφορά στην υποβάθμιση είναι η διαθεσιμότητα του οξυγόνου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η προσεκτική επιλογή των όρων αποθήκευσης μπορεί να προστατεύσει το προϊόν από τέτοια γεγονότα όπως με την αποθήκευση αέρα σε μια αδρανή ατμόσφαιρα ή υπό κενό και είναι δυνατό για να διατηρήσει τα αρχικά επίπεδα χρώματος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Θ. Αντιοξειδωτική εφαρμογή

Ο μηχανισμός της καταστροφής της λυκοπένης εξαρτάται από πολλές παραμέτρους κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και της αποθήκευσης τροφίμων. Η κύρια αιτία της ζημίας της λυκοπένης κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας τροφίμων και της αποθήκευσης είναι η οξείδωση. Η προσεκτική εφαρμογή των κατάλληλων αντιοξειδωτικών (π.χ. ασκορβικό οξύ) σε κατάλληλα επίπεδα θα μπορούσε να έχει ευεργετικά αποτελέσματα. Η χαμηλή θερμοκρασία αποθήκευσης, η χαμηλή περιεκτικότητα οξυγόνου, το χαμηλό φως, η χαμηλή δραστηριότητα ύδατος, και η χαμηλή περιεκτικότητα αποθηκευμένης υγρασίας έχουν επίσης μια περιοριστική επίδραση στην οξείδωση της λυκοπένης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Η λυκοπένη είναι ιδιαίτερα σημαντική επειδή έχει μια διπλή επιρροή στην παραγωγή και την ποιότητα ως φυσικό χρώμα και ως θρεπτική ουσία για τα τρόφιμα καθώς και για τις φαρμακευτικές βιομηχανίες. Το χρώμα έχει μια ισχυρή επιρροή στην αγορά των καταναλωτών. Χρησιμεύει επίσης ως ένα μέτρο της συνολικής ποιότητας για τα προϊόντα ντοματών. Οι καταναλωτές, οι ερευνητές και η βιομηχανία τροφίμων έχουν επίσης επικεντρώσει το ενδιαφέρον τους και τη συνειδητοποίησή τους στα οφέλη της υγείας της λυκοπένης από τις ντομάτες. Μπορεί να θεωρηθεί ως «η βιταμίνη του εικοστού πρώτου αιώνα» λόγω της σημαντικής φυσιολογικής επίδρασής της στην ανθρώπινη διατροφή. Η λυκοπένη μπορεί να διαδραματίσει έναν σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη υγεία και να παρέχει την προστασία ενάντια σε μια ευρεία σειρά επιθήλιων καρκίνων.

Είναι πολύ σημαντικό να γίνει κατανοητή καλύτερα η ανάπτυξη των φρούτων ντοματών στις εγκαταστάσεις, δηλαδή ο αριθμός των φρούτων, το μέγεθος εξέλιξης και η επίδραση στην περιεκτικότητα της λυκοπένης. Με αυτήν την γνώση, θα είμαστε σε θέση να ενισχύσουμε την παραγωγή ντοματών και θα καταλάβουμε καλύτερα τι επιπτώσεις έχει στην ποιότητα των φρούτων. Οι διαδικασίες ανάπτυξης που καταλήγουν στην ωρίμανση φρούτων μπορούν επίσης να έχουν μια επίδραση στα καροτινοειδή όπως τη λυκοπένη. Το 1971 και το 1979 έδειξαν ότι η περιεκτικότητα σε λυκοπένη ήταν υψηλή στα φρούτα ντοματών που έχουν έναν υψηλό δείκτη συγκέντρωσης χρωστικών ουσιών. Αυτή τη στιγμή, η περιεκτικότητα σε λυκοπένη δεν είναι ένας κρίσιμος παράγοντας στην έρευνα παραγωγής ντοματών. Απαιτούνται περισσότερες προσπάθειες για να παραγάγουν τις πλούσιες ποικιλίες ντοματών σε λυκοπένη και να βελτιώσουν την περιεκτικότητα της μέσω της σωστής διαχείρισης και των πολιτιστικών πρακτικών. Η περιεκτικότητα σε λυκοπένη στα φρούτα ντοματών μπορεί να ενισχυθεί από βελτιωμένες τεχνικές λιπάσματος, το χρόνο συγκομιδών και την επιλογή ποικιλίας. Αυτή η εστίαση στη λυκοπένη μπορεί επίσης να οδηγήσει υψηλότερα τις ντομάτες εκείνες που παράγονται στα θερμοκήπια κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Η διαθεσιμότητα της λυκοπένης στα τρόφιμα επηρεάζεται όχι μόνο από την ισομερή μορφή της, αλλά και από τη μήτρα τροφίμων, την παρουσία ικανότητας του μαζικού λιπιδίου για αύξηση διαλυτότητας και απελευθέρωσης λυκοπένης, και την παρουσία παραγόντων στη μονάδα, όπως η πηκτίνη και άλλες τροφικές ίνες. Αυτοί οι παράγοντες πρέπει να αξιολογηθούν σε μία προσπάθεια να μεγιστοποιηθεί η απορρόφηση λυκοπένης από τη διατροφή. Ο υποβιβασμός της λυκοπένης είναι εξαιρετικά σημαντικό στις βιομηχανίες τροφίμων που βασίζονται στη ντομάτα. Η λυκοπένη πρέπει να προστατευθεί από την υπερβολική θερμότητα και τις ακραίες συνθήκες pH, την έκθεση στο φως, το οξυγόνο, και τα υπολιπιδιμικά ένζυμα για να αποτρέψει την οξείδωση και τον ισομερισμό. Η τεχνολογία επεξεργασίας μπορεί να το κάνει αυτό.

Η λυκοπένη και άλλα καροτινοειδή έχουν γίνει αποδεκτά ως φυσικές χρωστικές ουσίες με τη χρήση τροφίμων για μια μακριά χρονική περίοδο χωρίς τοξικολογικά στοιχεία με τον ίδιο τρόπο με τα φυτικά και τα προϊόντα φρούτων. Η έλλειψη υγιών πληροφοριών σχετικά με τα στοιχεία τοξικολογίας και βιοδιαθεσιμότητας θα περιόριζε την εξέλιξη των κανονισμών για την ασφάλεια τροφίμων. Οι περαιτέρω μελέτες θα είναι απαραίτητες για να παρέχουν μια τοξικολογική αξιολόγηση λυκοπένης και πληροφορίες στον τρόπο με τον οποίο η λυκοπένη αλληλεπιδρά με άλλες θρεπτικές ουσίες.

Η καταναλωτική ζήτηση για τα υγιεινά τρόφιμα παρέχει μια ευκαιρία να αναπτυχθεί μια αγορά τροφίμων και φαρμακευτικού βαθμού των προϊόντων λυκοπένης. Η βιομηχανική παραγωγή λυκοπένης από τις ντομάτες έχει υψηλή ζήτηση από τις φαρμακευτικές επιχειρήσεις ακόμη και για την ανάπτυξη τροφίμων. Λίγες πληροφορίες για την εμπορική παραγωγή λυκοπένης είναι διαθέσιμες. Αυτή τη στιγμή, μια μεγάλη ποσότητα δέρματος και ο εξωτερικός περικάρπιος ιστός απορρίπτονται κανονικά ως απόβλητα επεξεργασίας ντοματών στη διαδικασία αποφλοιώσης της επεξεργασίας ντοματών. Μερικές νέες τεχνολογίες όπως η τεχνολογία διαχώρισης μεμβρανών, η εξαιρετικά κρίσιμη ρευστή τεχνολογία έλξης του CO₂, και η τεχνολογία διαλυτικής εξαγωγής εφαρμόζονται στην κλίμακα επάνω στην παραγωγή λυκοπένης. Μια φιλική προς το περιβάλλον διαδικασία εξαγωγής και καθαρισμού σε μια βιομηχανική κλίμακα με την ελάχιστη απώλεια βιοδραστικότητας είναι ιδιαίτερα επιθυμητή για τα τρόφιμα, την τροφή, τα καλλυντικά και τις φαρμακευτικές βιομηχανίες.

Υψηλής ποιότητας προϊόντα που συναντούν τον κανονισμό ασφάλειας τροφίμων θα προσφέρουν πιθανά οφέλη στη βιομηχανία τροφίμων. Μία επιτυχία της εμπορευματοποίησης μεγάλης αξίας παραγωγής λυκοπένης είναι η βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των προϊόντων που βασίζονται στη ντομάτα και των προϊόντων αυτής στην παγκόσμια αγορά λυκοπένης.

ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

Απαγορεύεται σε εκείνους που είναι υπερευαίσθητοι σε οποιοδήποτε συστατικό που περιέχει λυκοπένη.

ΠΡΟΦΥΛΑΞΕΙΣ

Οι έγκυες γυναίκες και οι θηλάζουσες μητέρες πρέπει να λαμβάνουν λυκοπένη από τις πηγές τροφίμων παρά από τα συμπληρώματα.

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

i. Φάρμακα

Cholestyramine: Η συνακόλουθη εισαγωγή χολεσθηραμίνης και λυκοπένης μπορεί να μειώσει την απορρόφηση λυκοπένης στον οργανισμό.

Colestipol: Η συνακόλουθη εισαγωγή του colestipol και λυκοπένης μπορεί να μειώσει την απορρόφηση λυκοπένης.

Ορυκτέλαιο: Η συνακόλουθη εισαγωγή του ορυκτελαίου και λυκοπένης μπορεί να μειώσει την απορρόφηση λυκοπένης.

Orlistat: Το Orlistat μπορεί να μειώσει την απορρόφηση λυκοπένης.

ii. Καλλυντικά

Έρευνα επιστημόνων του τμήματος μοριακής βιολογίας του πανεπιστημίου της Σιένας κατέδειξε ότι προϊόντα με βάση το λυκοπένιο παρουσίαζαν υψηλότερη προστατευτική δράση στην ακτινοβολία UV σε σχέση με άλλα τα οποία περιείχαν συνδυασμό βιταμινών E και C. Σαν συμπέρασμα της έρευνας αναφέρεται ότι το λυκοπένιο έχει όλα τα χαρακτηριστικά να χρησιμοποιηθεί στην προστασία του δέρματος από τις ελεύθερες ρίζες. Οι αντιοξειδωτικές του ιδιότητες οφείλονται στην υψηλή αναγωγική του ισχύ.

Έτσι δημιούργησαν μια σειρά περιποίησης προσώπου με άμεσα αποτελέσματα στη βαθύτατη ενυδάτωση και την αντιοξειδωτική προστασία των ιστών της επιδερμίδας ονομάζοντας τη «Le lycopene».

iii. Θρεπτικά Συμπληρώματα

B-καροτίνη: Η συνακόλουθη εισαγωγή β-καροτίνης και λυκοπένης μπορεί να αυξήσει την απορρόφηση λυκοπένης.

Τριγλυκερίδια μέσης αλύσου : Η συνακόλουθη εισαγωγή τριγλυκεριδίων μέσης αλύσου και λυκοπένης μπορούν να ενισχύσουν την απορρόφηση λυκοπένης.

Πηκτίνη: Η συνακόλουθη εισαγωγή πηκτίνης και λυκοπένης μπορεί να μειώσει την απορρόφηση λυκοπένης.

iv. Τρόφιμα

Έλαια: Τα διατροφικά έλαια, όπως το ελαιόλαδο, μπορούν να ενισχύσουν την απορρόφηση λυκοπένης.

Olestra: Το Olestra μπορεί να μειώσει την απορρόφηση λυκοπένης.

v. Δόση και Διάθεση

Τα συμπληρώματα λυκοπένης είναι διαθέσιμα ως oleoresin προετοιμασίες, προετοιμασίες φωσφολιπιδίων και ελαίων, όπως μέσης αλύσου τριγλυκερίδια. Οι δόσεις κυμαίνονται από 5 έως 15 χιλιοστόγραμμα καθημερινά.

Η βέλτιστη δόση λυκοπένης δεν είναι γνωστή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Michaud DS, Feskanich D, Rimm EB, et al. Intake of specific carotenoids and risk of lung cancer in 2 prospective US cohorts. *Am J Clin Nutr.* 2000;72:990–997.
2. New Research Shows Combination of Tomato Phytonutrients Effectively Combats Breast Cancer (February 2000). Press Release from LycoRed Natural Products Industries Ltd., P.O.B. 320, Beer -Sheva 84102, Israel.
3. Neuman I, Nahum H, Ben-Amotz A. Reduction of exercise-induced asthma oxidative stress by lycopene, a natural antioxidant. *Allergy.* 2000;55:1184–1189.
4. Agarwal S, Rao AV. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *CMAJ.* 2000; 163:739-744.
5. Arab L, Steck S. Lycopene and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr.* 2000;71(suppl); 1691S-1695S.
6. Bramley PM. Is lycopene beneficial to human health? *Phytochem.* 2000; 54:233-236.
7. Johnson EJ. The role of lycopene in health and disease. *Nutr Clin Care.* 2000; 3:35-43.
8. Michaud DS, Feskanich D, Rimm EB, et al. Intake of specific carotenoids and risk of lung cancer in 2 prospective U.S. cohorts. *Am J Clin Nutr.* 2000; 72:990-997.
9. Agarwal et al. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *CMAJ* 163:739-744, 2000
10. Polidori et al. Plasma levels of lipophilic antioxidants in very old patients with type 2 diabetes. *Diabetes Metab Res Rev* 16:15-19, 2000
11. Upritchard et al. Effects of supplementation with tomato juice, vitamin E, and vitamin C on LDL oxidation and products of inflammatory activity in type 2 diabetes. *Diabetes Care* 23:733-738, 2000
12. Kucuk O, Sarkar FH, Sakr W, et al. Phase II randomized clinical trial of lycopene supplementation before radical prostatectomy. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2001;10:861–868.
13. Kumar R, Gupta NP. Lycopene therapy in idiopathic male infertility: results of a clinical trial. Presented at: 34th Annual Conference of the Urological Society of India. January 18–21, 2001; Nagpur, India. Abstr 102.
14. Stahl W, Heinrich U, Wiseman S, et al. Dietary tomato paste protects against ultraviolet light-induced erythema in humans. *Journal of Nutrition.* 2001;131:1449-51.
15. Bowen P, Chen L, Stacewicz-Sapuntzakis M, Duncan C, Sharifi R, Ghosh L, Kim HS, Christov-Tzelkov K, van Breemen R (2002). "[Tomato sauce supplementation and prostate](#)

Experimental Biology and Medicine 227 (10): 886–893.

16. Engineered polyamine accumulation in tomato enhances phytonutrient content, juice quality and vine life, *Nature Biotechnology* 2002;20(6):613-618, Ιούνιος 2002
17. Sharma JB, Kumar A, Kumar A, et al. Effect of lycopene on pre-eclampsia and intra-uterine growth retardation in primigravidas. *Int J Gynaecol Obstet.* 2003;81:257–262.
18. Hoppe PP, Kramer K, Van Den Berg H, et al. Synthetic and tomato-based lycopene have identical bioavailability in humans. *Eur J Nutr.* 2003;42:272-8.
19. Sesso HD, Liu S, Gaziano JM, et al. Dietary lycopene, tomato-based food products and cardiovascular disease in women. *J Nutr.* 2003;133:2336-41.
20. Singh M, Krishanappa R, Bagewadi A, et al. Efficacy of oral lycopene in the treatment of oral leukoplakia. *OralOncol.* 2004;40:591-6.
21. Mohanty NK, Saxena S, Singh UP et al. Lycopene as a chemopreventive agent in the treatment of high-grade prostate intraepithelial neoplasia. *Urol Oncol.* 2005;23:383-5.
22. Sesso HD, Buring JE, Norkus EP et al. Plasma lycopene, other carotenoids, and retinol and the risk of cardiovascular disease in men. *Am J Clin Nutr.* 2005;81:990-7.
23. Engelhard YN, Gazer B, Paran E et al. Natural antioxidants from tomato extract reduce blood pressure in patients with grade-1 hypertension: a double-blind, placebo-controlled pilot study. *Am Heart J.* 2005;151:100.
24. Falk B, Gorev R, Zigel L et al. Effect of lycopene supplementation on lung function after exercise in young athletes who complain of exercise-induced bronchoconstriction symptoms. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2005;94:480-5.
25. Ahuja KD, Pittaway JK, Ball MJ et al. Effects of olive oil and tomato lycopene combination on serum lycopene, lipid profile, and lipid oxidation. *Nutrition.* 2006 Jan 12 [Epub ahead of print].
26. Engelhard YN, Gazer B, Paran E et al. Natural antioxidants from tomato extract reduce blood pressure in patients with grade-1 hypertension: a double-blind, placebo-controlled pilot study. *Am Heart J.* 2006;151:100
27. Wang L, Liu S, Manson JE et al. The consumption of lycopene and tomato-based food products is not associated with the risk of type 2 diabetes in women. *J Nutr.* 2006;136:620-5.
28. Atessahin A, Turk G, Karahan I et al. Lycopene prevents adriamycin-induced testicular toxicity in rats. *Fertil Steril.* 2006;85 Suppl 1:1216-22.
29. Shao A, Hathcock JN. Risk assessment for the carotenoids lutein and lycopene. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2006;45:289-98.

30. Barber NJ, Zhang X, Zhu G et al. Lycopene inhibits DNA synthesis in primary prostate epithelial cells in vitro and its administration is associated with a reduced prostate-specific antigen velocity in a phase II clinical study. *Prostate Cancer Prostatic Dis.* 2006 Sep 19 [Epub ahead of print]