

ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΖΩΗ: ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΠΟΤΑ

Η πράσινη προσέγγιση

A.I. Μαρούλης*, K. Χατζηαντωνίου
A. Βαλαβάνη, M. Φλώρου, M. Χατζημιχαηλίδου
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκη
Τμήμα Χημείας

Η Χημεία ως κεντρική και δημιουργική επιστήμη που συνδέεται με την ζωή του ανθρώπου και τον πλανήτη Γη έχει προσφέρει άμεσα ή έμμεσα στα περισσότερα τεχνολογικά επιτεύγματα, που έχουν διαμορφώσει την σημερινή ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Η αλόγιστη όμως ανάπτυξη, οι διεργασίες που χρησιμοποιήθηκαν, η χρήση των αγαθών και η διάθεση ορισμένων χημικών ουσιών, όπως έγιναν, είχαν σαν αποτέλεσμα σε πολλές περιπτώσεις αρνητική επίδραση στην υγεία του ανθρώπου και στο περιβάλλον. Από τα τέλη της δεκαετίας του 1960 άρχισε μια στροφή της επιστημονικής κοινότητας στην προστασία του περιβάλλοντος και «γεννήθηκε» η έννοια της Πράσινης Χημείας, μιας νέας φιλοσοφίας που καλύπτει όλους τους τομείς της επιστήμης της Χημείας.

Στόχοι της Πράσινης Χημείας είναι η μείωση των επικινδύνων ουσιών που σχετίζονται με προϊόντα και διεργασίες που είναι απαραίτητα όχι μόνο για την διατήρηση της ποιότητας ζωής που έχει πετύχει η κοινωνία μέσω της χημείας, αλλά η περαιτέρω προώθηση των τεχνολογικών επιτευγμάτων της χημείας κατά τρόπο βιώσιμο.

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό να περιγράψει τις σημαντικότερες αλλαγές που έχουν γίνει στην βιομηχανία των τροφίμων, τόσο στην παραγωγή και χρήση των πρώτων υλών όσο και στην τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Οι αλλαγές αυτές είναι σύμφωνες με τις αρχές της Πράσινης Χημείας και μπορούν να συμβάλλουν στην επίτευξη των στόχων της.

Όσμωση. Αντίστροφη όσμωση και ημιπερατές μεμβράνες στην αειφορική επεξεργασία των τροφίμων. Εφαρμογές.

Ως **όσμωση (osmosis)** χαρακτηρίζεται το φαινόμενο μεταφοράς ενός διαλύτη από αραιότερο, προς ένα πυκνότερο διάλυμα, μέσω μιας ημιπερατής μεμβράνης που διαχωρίζει τα δύο διαλύματα.

Η **οσμωτική πίεση (osmotic pressure)** εκφράζει την πίεση που πρέπει να ασκηθεί στο πυκνότερο διάλυμα ώστε να εμποδιστεί η διέλευση του νερού μέσα από την ημιπερατή μεμβράνη, να εμποδιστεί δηλαδή το φαινόμενο της όσμωσης.

Στην **αντίστροφη όσμωση (reverse osmosis)** εφαρμόζεται στο πυκνότερο διάλυμα εξωτερική πίεση μεγαλύτερη της οσμωτικής πίεσης ($P > \Pi$). Κάτω από τις συνθήκες αυτές νερό από το πυκνότερο διάλυμα διέρχεται μέσω της ημιπερατής μεμβράνης στο αραιότερο διάλυμα, δηλαδή προς κατεύθυνση αντίθετη με εκείνη της όσμωσης. Η απομάκρυνση νερού από το πυκνότερο διάλυμα προς το αραιότερο έχει ως αποτέλεσμα την περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης του πυκνού διαλύματος σε διαλυμένη ουσία. Κατά συνέπεια η αντίστροφη όσμωση αποτελεί μια διεργασία συμπύκνωσης. Είναι μια διεργασία που σε συνδυασμό με την κατάψυξη του ημιαφυδατωμένου προϊόντος αναφέρεται σαν **οσμωκατάψυξη (osmofreezing)** και αποτελεί

εξαιρετικό παράδειγμα ήπιας και αειφόρου επεξεργασίας τροφίμων ,ζωικών και φυτικών , που μπορεί να οδηγήσει σε διάφορα προϊόντα. Πώς όμως εφαρμόζεται η οσμωτική αφυδάτωση και τι δυνατότητες μας προσφέρει η μέθοδος αυτή;

Με τον όρο οσμωτική επεξεργασία, οσμωτική αφυδάτωση εννοούμε την εμβάπτιση ενός νωπού προϊόντος (φρούτο , λαχανικό, κρέας, ψάρι) μέσα σε ένα πυκνό διάλυμα σακχάρων (για φρούτα- λαχανικά) ή άλατος (για κρέας-ψάρια) για ένα χρονικό διάστημα μερικών ωρών , ανάλογα με τον επιθυμητό βαθμό αφυδάτωσης.

Η αυξημένη οσμωτική πίεση του διαλύματος σε σχέση με την οσμωτική πίεση των φυτικών ή ζωικών ιστών, συνιστά την κινητήρια δύναμη για μεταφορά υγρασίας από τους ιστούς προς το διάλυμα προκειμένου να επέλθει ισορροπία οσμωτικών πιέσεων. Η κίνηση του νερού γίνεται μέσω των ημιπερατών μεμβρανών των ιστών, που εφ' όσον δεν έχουν αλλοιωθεί (θερμικά, μηχανικά ή χημικά) επιτρέπουν τη διέλευση νερού, δεν επιτρέπουν όμως την μαζική διέλευση μεγαλύτερων μορίων.

Ανάλογα με τη φύση (δομή, πορώδες) και το μέγεθος του (συνήθως τεμαχισμένου) προϊόντος, τη συγκέντρωση και τη θερμοκρασία του διαλύματος, καθώς και τη χρονική διάρκεια της οσμωτικής επεξεργασίας, ελέγχουμε την έκταση της αφυδάτωσης του προϊόντος. Μέσα σε τρεις περίπου ώρες μπορούμε να αφαιρέσουμε μέχρι και 50% της αρχικής υγρασίας, ενώ με εκτενέστερη επεξεργασία είναι δυνατή η αφαίρεση του 70-80% της αρχικής υγρασίας.

Προκειμένου να προστατεύσουμε την (επιθυμητή) ημι-περατότητα των κυτταρικών μεμβρανών, στην περίπτωση επεξεργασίας φυτικών ιστών η θερμοκρασία του διαλύματος δεν πρέπει να ξεπερνά τους 45 °C. Αλλιώς έχουμε καταστροφή των μεμβρανών, γεγονός που βοηθά την πρόσληψη διαλυτών στερεών (σακχάρων ή αλάτων). Η εκτεταμένη πρόσληψη σακχάρων (ή άλατος) αλλοιώνει τα οργανοληπτικά και διατροφικά χαρακτηριστικά (γεύση, διατροφική αξία) του προϊόντος και δυσκολεύει την έξοδο του νερού (κατά τη διάρκεια της οσμωτικής αφυδάτωσης), λόγω αύξησης της υγροσκοπικότητας (υδατοσυγκράτησης) των ιστών. Παρόμοιες επιπτώσεις έχουμε και μετά από καταστροφή των μεμβρανών από άλλες επεμβάσεις (π.χ. ζεμάτισμα, κατάψυξη-απόψυξη, κτλ .). Ποια όμως είναι τα πλεονεκτήματα της οσμωτικής αφυδάτωσης σε σύγκριση με την συμβατική(με ρεύμα θερμού αέρα);

1.Μειωμένη χρήση ενέργειας.

2.Καλύτερη ποιότητα

3.Δυνατότητα μορφοποίησης (formulation)

Οι οσμωτικές τεχνικές αφυδάτωσης όχι μόνο επιτρέπουν την αποθήκευση των φρούτων και των λαχανικών για μια αρκετά μεγάλη περίοδο, αλλά και συντηρούν τη γεύση, τα θρεπτικά χαρακτηριστικά και αποτρέπουν τη μικροβιακή επιδείνωση τους. Εκτός από αυτό, τα προβλήματα της μεταφοράς γίνονται πολύ απλούστερα και όλοι οι τύποι φρούτων και λαχανικών θα μπορούσαν να τεθούν στην διάθεση του καταναλωτή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η οσμωτική αφυδάτωση μπορεί να αφαιρέσει το 50% του νερού από τις φρέσκιες ώριμες μπανάνες και άλλα φρούτα π.χ., τα μάγκο, τα sapotas, papayas, τα μήλα και τα oth, τα καρότα τον αρακά και πλήθος άλλων λαχανικών.

Μία, ως επί το πλείστον αειφορική τεχνολογία για την επίτευξη διαχωρισμών, θεωρείται η **τεχνολογία των μεμβρανών**. Η τεχνολογία των μεμβρανών περιλαμβάνει διεργασίες ισόθερμες, οι οποίες κυρίως συντελούνται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος αποφεύγοντας έτσι τις μετατροπές φάσεως ή τη χρήση χημικών ουσιών, όπως συμβαίνει με άλλες ανταγωνιστικές μεθόδους. Παραδείγματα διαχωρισμών που χρησιμοποιούν μεμβράνες είναι η διάλυση, η μικροδιήθηση, η αντίστροφη όσμωση, η ηλεκτροδιάλυση, η νανοδιήθηση, η διεξάτμιση και η υπερδιήθηση. Η τελευταία χρησιμοποιείται με μεγάλη επιτυχία στην αξιοποίηση του ορού του γάλακτος με την παραγωγή συμπυκνωμάτων πολύτιμων πρωτεϊνών.

Η **μεμβράνη (membrane)** είναι μια επιφάνεια (υμένας), πάχους 0,01 έως 0,2mm, η οποία όταν παρεμβληθεί μεταξύ δύο ρευστών με διαφορετική σύσταση επιτρέπει την επιλεκτική μεταφορά ορισμένων μορίων από το ένα ρευστό στο άλλο.

Με βάση τη χημική τους σύσταση οι μεμβράνες διακρίνονται σε μεμβράνες οξικής κυτταρίνης, σε μεμβράνες πολυμερών και σε σύνθετες ή κεραμικές μεμβράνες ενώ όσον αφορά την διάταξη τους έχουμε α) την ελικοειδή, β) την δέσμη κοίλων ινών, και γ) τη πτυχωτή

Η συμπύκνωση με ημιπερατές μεμβράνες παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την εξάτμιση. Το σπουδαιότερο πλεονέκτημα είναι η καλύτερη ποιότητα του συμπυκνωμένου προϊόντος επειδή α) οι θερμοκρασίες που εφαρμόζονται είναι πολύ χαμηλές, β) δεν συμβαίνει απώλεια πτητικών αρωματικών ουσιών, και γ) δεν παρατηρούνται μεταβολές στα θρεπτικά στοιχεία του προϊόντος. Επί πλέον με την εφαρμογή των ημιπερατών μεμβρανών οι απαιτήσεις σε ενέργεια είναι μειωμένες, το κόστος εργασίας χαμηλότερο και οι απαιτήσεις σε ωφέλιμο χώρο δαπέδου μικρότερες.

Βιομηχανικές εφαρμογές της τεχνολογίας των μεμβρανών

Η βιομηχανία τροφίμων με την κατ' εξοχή επιτυχημένη χρήση μεμβρανών είναι η **γαλακτοκομία**, σε βαθμό που να δικαιολογείται μία υποδιαίρεση των βιομηχανικών εφαρμογών των μεμβρανών στα τρόφιμα, σε γαλακτοκομικές και μη γαλακτοκομικές εφαρμογές.

Ένα σπουδαίο υποπροϊόν της γαλακτοκομικής βιομηχανίας είναι το τυρόγαλο, το οποίο πριν μερικά χρόνια αποτελούσε σοβαρότατο πρόβλημα μόλυνσης για το περιβάλλον λόγω του υψηλού δείκτη BOD (Biological Oxygen Demand). Σήμερα γίνεται εκμετάλλευση του και αναμένονται και πολλές άλλες εφαρμογές του, στην παρασκευή παιδικών τροφών, διαιτητικών προϊόντων, κρεμών, γιαούρτης κ.τ.λ.

Όπως είναι γνωστό ο ορός του γάλακτος, περιέχει πρωτεΐνες, όπως την α-λακταλμπουμίνη, τη β-λακτογλομπουλίνη τις γ-ιμμουνογλομπουλίνες, σάκχαρα (λακτόζη), λίπη και διάφορα άλατα. Η δανέζικη εταιρία DANSK PROTEIN A/S παράγει με τη βοήθεια μεμβρανών προϊόντα συμπύκνωσης των πρωτεϊνών που περιέχονται στον ορό σε διαφορετικές συγκεντρώσεις και φέρουν την ονομασία WPC (Whey Protein Concentrates).

Για την παραγωγή του WPC 35, δηλαδή του προϊόντος με συγκέντρωση 35%, ο ορός του γάλακτος υποβάλλεται αρχικά σε αντίστροφη όσμωση, έτσι ώστε ο όγκος του να μειωθεί στο μισό και επομένως η συγκέντρωση των πρωτεϊνών που περιέχει να διπλασιαστεί. Στο υπόλειμμα της αντίστροφης όσμωσης περιέχονται όμως η λακτόζη και το μεγαλύτερο μέρος των αλάτων, τα οποία σε επόμενο στάδιο, με υπερδιήθηση,

διαχωρίζονται από τις πρωτεΐνες, οι οποίες παραμένουν κύρια στο υπόλειμμα. Ακολουθεί παραπέρα συμπύκνωση του τελευταίου με εξάτμιση και τελικά παραλαμβάνεται το πρωτεϊνικό προϊόν με μορφή σκόνης με ξήρανση.

Οι πρωτεϊνικές συμπυκνώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές στα τρόφιμα, μιας και μπορούν να λειτουργήσουν σαν γαλακτωματοποιητές, σαν πηκνοματοποιητές, να λειτουργήσουν σαν θρεπτικά συμπληρώματα, ή να βελτιώσουν το ιξώδες του τροφίμου.

Έχει υπολογισθεί ότι εάν 1% των μη αλκοολούχων ποτών που πωλούνται στις Ηνωμένες Πολιτείες ενισχυθεί στο 3% σε πρωτεϊνικό επίπεδο με την πρωτεϊνική συμπύκνωση ορού γάλακτος 35%, θα υπήρχε μια απαίτηση για 45 εκατομμύρια κιλά πρωτεϊνικής συμπύκνωσης ορού γάλακτος ετησίως.

Εφαρμογές βρίσκουν επίσης οι πρωτεΐνες που παράγονται από το τυρόγαλο στη παραγωγή βρεφικών τροφών καθώς και η λακτόζη που προκύπτει μετά την αφαίρεση, με υπερδιήθηση, των πρωτεϊνών και του λίπους. Η λακτόζη υδρολύεται περαιτέρω ενζυμικώς προς μίγμα γλυκόζης-γαλακτόζης και χρησιμοποιείται για βελτίωση της γλυκαντικής ικανότητας ποτών (χρήση σε πορτοκαλάδες κ.λ.π.)

Μη γαλακτοκομικές εφαρμογές της τεχνολογίας των μεμβρανών θα μπορούσαμε να αναφέρουμε την χρήση των μεμβρανών στην επεξεργασία του χυμού της τομάτας πριν την παραγωγή του τοματοπολτού. Χρησιμοποιούνται μεμβράνες κυλινδρικής διαμόρφωσης και αυξάνουν την αρχική περιεκτικότητα στερεών του τοματοχυμού από 5% στο 8%. Ακολουθεί περαιτέρω επεξεργασία με εξάτμιση.

Άλλη εμπορική επιτυχία της τεχνολογίας των μεμβρανών έχουμε στην διαύγαση της δεξτρόζης με μικροδιήθηση και στην προσυμπύκνωση της φρουκτόζης για την παραγωγή γλυκού σιροπιού με βάση το καλαμπόκι.

Εναλλακτικές μέθοδοι εκχύλισης

Πολλές από τις χημικές διαδικασίες που γίνονται στην βιομηχανία των τροφίμων πραγματοποιούνται σε διαλύματα όπου οι διαλύτες που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι οργανικής φύσης. Όμως η χρήση αυτών των διαλυτών δημιουργεί σοβαρότατα προβλήματα καθώς οι περισσότεροι από αυτούς είναι τοξικοί, ρυπαίνουν το περιβάλλον και είναι εύφλεκτοι. Γι' αυτόν το λόγο η αντικατάστασή τους από άλλους διαλύτες, πιο φιλικούς προς το περιβάλλον, είναι ένα σημαντικό ζήτημα και μια μεγάλη πρόκληση για μια χημεία που ενδιαφέρεται για την περιβαλλοντική προστασία και για την διασφάλιση της υγείας των πολιτών. Οι προσπάθειες προς αυτήν την κατεύθυνση έχουν τελεσφορήσει τα τελευταία χρόνια και έχουν οδηγήσει σε εναλλακτικές μεθόδους εκχύλισης, στην εκχύλιση με υπερκρίσιμα ρευστά και στην εκχύλιση με υπέρθερμο νερό.

Εκχύλιση με υπερκρίσιμα ρευστά

Τα **υπερκρίσιμα ρευστά** διαθέτουν μια σειρά από ιδιότητες που τα καθιστούν ιδιαίτερα ελκυστικά εκχυλιστικά μέσα.

- Δεν είναι τοξικά.
- Η πυκνότητά τους και κατά συνέπεια και η διαλυτική τους ικανότητα μεταβάλλονται με την θερμοκρασία και την πίεση. Έτσι με τη

μεταβολή της πίεσης και της θερμοκρασίας ένα υπερκρίσιμο ρευστό μπορεί να παρουσιάσει διαλυτικές ικανότητες παρόμοιες με αυτές ενός μεγάλου πλήθους συμβατικών διαλυτών π.χ. βενζόλιο, τουλουόλιο κ.α. τους οποίους και μπορεί να αντικαταστήσει.

- Με την μεταβολή της πίεσης και της θερμοκρασίας είναι δυνατή η επίτευξη εκλεκτικού διαχωρισμού.
- Η ικανότητα διάχυσης τους είναι μεγαλύτερη από αυτή των υγρών ενώ η πυκνότητά τους είναι μικρότερη. Έτσι μπορούν να εκχυλίζουν γρηγορότερα και σε μεγαλύτερο βαθμό.
- Είναι πηητικά και έτσι ανακτώνται εύκολα από το εκχύλισμα ενώ οδηγούν και σε προϊόντα απαλλαγμένα από ίχνη διαλύτη.
- Δεν απαιτούν υψηλές θερμοκρασίες για την εκχύλιση και έτσι αποφεύγεται η θερμική καταπόνηση ενώ δίνεται και η δυνατότητα εκχύλισης θερμικά ασταθών ενώσεων
- Δεν απαιτούν μεγάλα ποσά ενέργειας κατά την χρήση τους ως εκχυλιστικά.

Παρά τα παραπάνω πλεονεκτήματα η βιομηχανική εφαρμογή της εκχύλισης με υπερκρίσιμα ρευστά καθυστέρησε γιατί απαιτεί υψηλές πιέσεις και επένδυση μεγάλου κεφαλαίου για την αγορά του κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού.

Εφαρμογές της εκχύλισης με υπερκρίσιμα ρευστά στην βιομηχανία των τροφίμων.

Η πρώτη αναφορά στα υπερκρίσιμα ρευστά έγινε το 1822 από τον Baron Gagniard de laTour. Ωστόσο πέρασαν πάνω από 150 χρόνια για να αρχίσουν οι πρώτες βιομηχανικές εφαρμογές. Η πρώτη βιομηχανική εφαρμογή των υπερκρίσιμων ρευστών έγινε το 1978 από την εταιρεία Hag AG Corrogation και αφορούσε την απομάκρυνση της καφεΐνης από τον καφέ. Στην συνέχεια ακολούθησε η εκχύλιση από τον λυκίσκο στο Manchester το 1982 και μετά από λίγα χρόνια η απομάκρυνση της καφεΐνης από το τσάι.

Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται οι εταιρείες τροφίμων που χρησιμοποιούν την εκχύλιση με υπερκρίσιμα ρευστά και τα προϊόντα τα οποία παράγουν με την εφαρμογή της. Σε όλες τις περιπτώσεις ως υπερκρίσιμο ρευστό χρησιμοποιείται το CO₂, εξαιτίας των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει, ενώ συνήθως εφαρμόζεται και κάποια διαδικασία ανάκτησης και ανακύκλωσης του διαλύτη.

ΕΤΑΙΡΕΙΑ	ΠΡΟΙΟΝ
SKW/Trotsberg	Μπύρα
Bath and Co	Μπύρα
Natural Care Byproduct	Μπύρα, Κόκκινο πιπέρι
CEA	Αρώματα, Φαρμακευτικά
CAL-Pfizer	Αρώματα
Jacobs Suchard	Καφές
Raps and Co	Μυρωδικά
Pitt-Des Moines	Μπύρα
Nestle	Καφές

Πέρα από τις παραπάνω βιομηχανικές εφαρμογές που παρουσιάζονται στον πίνακα υπάρχουν και άλλες διαδικασίες οι οποίες φαίνεται ότι είναι εφικτές να γίνουν στην βιομηχανία των τροφίμων καθώς είναι

τεχνολογικά και οικονομικά εφαρμόσιμες. Τέτοιες διαδικασίες είναι: η **ανάκτηση των ελαίων από τα ψάρια, η εκχύλιση της χοληστερόλης από το βούτυρο, από το λαρδί και τα αυγά και η αφαίρεση των λιπών από τα snack foods όπως για παράδειγμα από τα πατατάκια.**

Το βέβαιο είναι πως η εκχύλιση με υπερκρίσιμα ρευστά κερδίζει συνεχώς έδαφος και βρίσκει όλο και περισσότερες εφαρμογές στην βιομηχανία των τροφίμων, παρά το αυξημένο κόστος της. Πολλοί είναι αυτοί που προβλέπουν ένα λαμπρό μέλλον γι' αυτή την, χαρακτηρίζοντας την ως την επιλογή του 21^{ου} αιώνα. Σ' αυτό συμβάλλει τόσο η αυστηρή νομοθεσία για την προστασία του περιβάλλοντος, που προβλέπει περιορισμό των οργανικών διαλυτών, όσο και η απαίτηση της σύγχρονης κοινωνίας για προϊόντα υψηλής ποιότητας.

Εκχύλιση με υπέρθερμο νερό-Εφαρμογή στο δεντρολίβανο

Οι κοινές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα για την απομόνωση των αρωμάτων από τα φυτικά προϊόντα είναι η απόσταξη με υδρατμούς και η εκχύλιση με διαλύτη. Οι απώλειες μερικών πτητικών ενώσεων, η χαμηλή απόδοση εκχύλισης, η διάσπαση των ακόρεστων ενώσεων μέσω θερμικών ή υδρολυτικών επιδράσεων καθώς και το τοξικό διαλυτικό υπόλειμμα στο τελικό απόσταγμα είναι κάποια προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Η αναζήτηση εναλλακτικών διαλυτών οδήγησε στη χρήση υγρού νερού υπό πίεση και σε θερμοκρασία πάνω από τους 100° C, αλλά κάτω από την κρίσιμη, που για το νερό είναι 374° C. Υπό αυτές τις συνθήκες ονομάζεται **υπέρθερμο νερό.**

Οι οργανικές ενώσεις είναι πιο διαλυτές στο νερό υπό αυτές τις συνθήκες απ' ότι στη θερμοκρασία δωματίου, επειδή αυξάνεται η διαλυτότητα των ενώσεων με την αύξηση της θερμοκρασίας, λόγω της αύξησης της εντροπίας.

Ένα πείραμα εκχύλισης δεντρολίβανου με υπέρθερμο νερό στους 125°C απέδειξε ότι κατά προτίμηση εκχυλίστηκαν οι οξυγονωμένες ενώσεις. Αυτή η μελέτη εκχύλισης φυτών με υπέρθερμο νερό αποδεικνύει ότι μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματική, διότι εκχυλίζονται αρωματικές ενώσεις και μένουν σαν υπόλοιπα μονοτερπένια, μεγάλοι υδρογονάνθρακες και λιπίδια.

Πλεονεκτήματα μεθόδου

Η μέθοδος αυτή έχει πλεονεκτήματα σε σχέση με την απόσταξη με υδρατμούς και με την εκχύλιση με διοξείδιο του άνθρακα. Το συνολικό ποσό ολικών οξυγονωμένων ενώσεων που εκχυλίζονται με αυτή τη μέθοδο είναι μεγαλύτερο απ' ότι με την απόσταξη με υδρατμούς, πιθανόν λόγω της καλύτερης εισχώρησης του διαλύτη κάτω από πίεση. Η ενέργεια και η κατανάλωση νερού είναι μεγαλύτερες βέβαια από αυτές που καταναλώνονται στην απόσταξη με υδρατμούς, αλλά στην εκχύλιση με υπέρθερμο νερό το νερό ανακυκλώνεται και μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί, κάτι που σπάνια θα συμβεί στην απόσταξη με υδρατμούς. Στην εκχύλιση με διοξείδιο του άνθρακα απαιτείται ξήρανση των φυτικών ιστών για την αποτελεσματική εκχύλιση των επιθυμητών ενώσεων και αυτό είναι ένα επιπρόσθετο κόστος. Υπάρχει επίσης η πιθανότητα να απομακρυνθούν με αυτόν τον τρόπο και πτητικές ενώσεις που μας ενδιαφέρουν.

Βιοκατάλυση

Η χρήση βιολογικών συστημάτων στις παραγωγικές διαδικασίες εφαρμόζεται εδώ και χιλιάδες χρόνια για την παραγωγή της μπύρας, του κρασιού, του τυριού και άλλων προϊόντων ζύμωσης. Ωστόσο η βιοκατάλυση, η χρήση δηλαδή βιολογικών συστημάτων ως καταλύτες για την μετατροπή ενός απλού υλικού (ουσίας) σε ένα καθορισμένο προϊόν, έχει αναπτυχθεί σχετικά πρόσφατα.

Τα βιολογικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στην βιοκατάλυση, κυρίως βακτήρια, μύκητες και ζύμες πετυχαίνουν την γρηγορότερη πραγματοποίηση των αντιδράσεων χάρη στα ένζυμα που παράγουν. Τα ένζυμα μπορούν να ελαττώσουν την ενέργεια ενεργοποίησης των αντιδράσεων και να επιταχύνουν έτσι την ταχύτητα τους μέχρι και 100 εκατομμύρια φορές.

Η βιοκατάλυση είναι ένα πολυτιμότερο εργαλείο για την πραγματοποίηση πολλών αντιδράσεων με έναν πιο φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Αυτό οφείλεται στην ικανότητα των ενζύμων να δρουν σε μέτριες τιμές pH (4-9), σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (συνήθως 10-50° C) και χωρίς να απαιτούνται υψηλές πιέσεις ή μεταλλικοί καταλύτες. Έτσι είναι δυνατή η διεξαγωγή αντιδράσεων που, απουσία των ενζύμων, θα απαιτούσαν για την πραγματοποίηση τους είτε ιδιαίτερα όξινα ή αλκαλικά περιβάλλοντα, είτε υψηλή κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση είτε την παρουσία τοξικών μεταλλικών καταλυτών.

Επιπλέον καθώς τα ένζυμα χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα μεγάλη εξειδίκευση η βιοκατάλυση οδηγεί συνήθως στην παραγωγή ενός συγκεκριμένου προϊόντος απλουστεύοντας έτσι τις διαδικασίες παραλαβής του τελικού προϊόντος.

Ιδιαίτερα στην βιομηχανία των τροφίμων η βιοκατάλυση κερδίζει συνεχώς έδαφος και βρίσκει νέες εφαρμογές για δυο λόγους: Πρώτον γιατί μόνο έτσι καλύπτεται η απαίτηση για τον απόλυτο στερεοχημικό έλεγχο του προϊόντος και δεύτερον γιατί τα προϊόντα που παράγονται μπορούν να χαρακτηριστούν ως «φυσικά» και να αποσπάσουν καλύτερες εμπορικές τιμές.

Οι βιοκαταλυτικές αντιδράσεις που έχουν την μεγαλύτερη εφαρμογή στις βιομηχανίες τροφίμων είναι η ισομερείωση της γλυκόζης σε φρουκτόζη καθώς και η μετατροπή της λακτόζης σε γλυκόζη και γαλακτόζη.

Η ισομερείωση της γλυκόζης σε φρουκτόζη χρησιμοποιείται από το 1960 ενώ σήμερα παράγονται μ' αυτήν περίπου 10 εκατομμύρια τόνοι σιροπιών γλυκόζης-φρουκτόζης. Επίσης είναι αξιοσημείωτο το γεγονός πως η ισομερείωση της γλυκόζης είναι αδύνατο να πραγματοποιηθεί χωρίς την χρήση ενζύμων.

Η υδρόλυση της λακτόζης σε γλυκόζη και γαλακτόζη επιτρέπει την αξιοποίηση της λακτόζης ως τροφή και από τα άτομα που πάσχουν από τη δυσανεξία του γάλακτος. Ενώ η παλιά μέθοδος απαιτούσε ιδιαίτερα όξινο περιβάλλον pH 1-2 και υψηλή θερμοκρασία (100-150° C) σήμερα, με την βοήθεια του ενζύμου β γαλακτοσιδάση, η υδρόλυση της λακτόζης γίνεται σε πολύ πιο ήπιες συνθήκες : pH 4-8 και θερμοκρασία 50-60° C.

Αν και η βιοκατάλυση προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα δεν βρίσκει ιδιαίτερα μεγάλο αριθμό βιομηχανικών εφαρμογών λόγω του υψηλού κόστους της. Ο εξοπλισμός που απαιτείται είναι ακριβός ενώ ο χρόνος ζωής των βιοκαταλυτών είναι μικρός. Για να αυξηθεί ο χρόνος ζωής των

βιοκαταλυτών εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές καθήλωσης τους δηλαδή τεχνικές εγκλωβισμού τους σε συγκεκριμένο υλικό, συνήθως πολυμερικής φύσης, ώστε να καθίστανται περισσότερο σταθεροί. Έτσι το κόστος της υδρόλυσης της λακτόζης μειώνεται σημαντικά με τη χρησιμοποίηση καθηλωμένων ενζύμων. Με την παραπάνω μέθοδο παράγονται καθημερινά πάνω από 250000 λίτρα γάλακτος με χαμηλή ποσότητα λακτόζης. Η υδρόλυση της λακτόζης χρησιμοποιείται και για την εκμετάλλευση του τυρόγαλου, στο οποίο η λακτόζη αποτελεί το 70-80% του συνολικού βάρους του.

Πάντως σημαντική αύξηση των εφαρμογών της βιοκατάλυσης αναμένεται στο μέλλον καθώς από το τεράστιο πλήθος μικροοργανισμών μόνο ένα μικρό μέρος έχει μελετηθεί συστηματικά ενώ η αλματώδης ανάπτυξη της γενετικής μηχανικής δίνει νέες σημαντικές δυνατότητες.

Θέρμανση με μικροκύματα

Ο παλιότερος αλλά ταυτόχρονα και ο πιο συνηθισμένος τρόπος με τον οποίο επιταχύνονται οι χημικές αντιδράσεις είναι η προσφορά θερμότητας στο σύστημα των αντιδρώντων σωμάτων. Τα τελευταία χρόνια άρχισε να χρησιμοποιείται η θέρμανση με μικροκύματα (microwave heating).

Στη θέρμανση με μικροκύματα χρησιμοποιείται ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με συχνότητα συνήθως 2450 MHz. Η θέρμανση των τροφίμων με μικροκύματα στηρίζεται:

- στην παλινδρομική αναστροφή των μορίων του νερού και
- στην ηλεκτροφόρηση των ιόντων που υπάρχουν στο τρόφιμο.

Πλεονεκτήματα μεθόδου

Η θέρμανση με μικροκύματα παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους θέρμανσης, όπως:

- Συντομεύει τον χρόνο αντίδρασης με συνέπεια την οικονομία χρόνου και ενέργειας.
- Δεν απαιτεί διαλύτες ή απαιτεί μικρές ποσότητες με αποτέλεσμα μικρότερο κόστος και προστασία του περιβάλλοντος.
- Δίνει καθαρά προϊόντα, κυρίως λόγω της μειωμένης θερμικής διάσπασης, χωρίς περίπλοκες διαδικασίες απομόνωσης.
- Προσφέρει σε ορισμένες περιπτώσεις μεγαλύτερη εκλεκτικότητα.

:

Παστερίωση του γάλακτος με μικροκυματική θέρμανση:

Ενώ ο αντικειμενικός σκοπός της παστερίωσης του γάλακτος είναι η θανάτωση παθογόνων μικροοργανισμών, τελικώς επιζούν ορισμένοι βλαστικοί μικροοργανισμοί που προκαλούν αλλοιώσεις και για την θανάτωση αυτών απαιτούνται πιο εντατικές μέθοδοι συντήρησης.

Έγινε το εξής πείραμα: Ακατέργαστο γάλα υποβλήθηκε σε μία επεξεργασία παστερίωσης με μικροκυματική θέρμανση συνεχόμενης ροής στους 80° C και 92° C για 15sec, και ένα άλλο δείγμα του ίδιου γάλακτος υποβλήθηκε σε μία επεξεργασία παστερίωσης σε έναν συμβατικό ανταλλάκτη θερμότητας κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Μετά την παστερίωση τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε αποστειρωμένες κατασκευές και αποθηκεύτηκαν στους 4,5⁺- 0,5° C για 15 μέρες. Κάθε δύο μέρες λαμβάνονταν δείγματα για μέτρηση του pH, των οργανοληπτικών ιδιοτήτων τους, για έλεγχο των πτητικών ουσιών και των μονοσακχαριτών.

Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην τιμή του pH σε όλα τα δείγματα που θερμάνθηκαν στους 80° και 92° C είτε με μικροκύματα, είτε με συμβατικό τρόπο θέρμανσης, που μετρήθηκαν μέσα στις 15 μέρες αποθήκευσης. Μετά την 15^η μέρα άρχισε να ελαττώνεται το pH. Όσον αφορά τις οργανοληπτικές ιδιότητες του γάλακτος μέσα στο διάστημα των 15 ημερών δεν υπήρχε καμία αλλαγή. Μετά την 15^η μέρα όλα τα δείγματα παρουσίασαν μία έντονη άσχημη γεύση και άρωμα, εκτός από το δείγμα του γάλακτος που υποβλήθηκε σε μικροκυματική θέρμανση στους 92° C, το οποίο δεν έδειξε και καμία αλλαγή του pH του μέχρι την 17^η μέρα. Επίσης οι πτητικές ουσίες, όπως αλδεΐδες, κετόνες, εστέρες και αρωματικοί υδρογονάνθρακες σε όλα τα δείγματα ήταν παρόμοιες με αυτές στο αρχικό ακατέργαστο γάλα.

Παρατηρήθηκε ότι η γεύση και το άρωμα του μικροκυματικά παστεριωμένου γάλακτος παραμένουν ανεπηρέαστες κατά τη διάρκεια της παστερίωσης και της ακόλουθης αποθήκευσης. Και εφόσον οι αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν είναι οι ίδιες με αυτές που παρατηρούνται σε επεξεργασμένα γάλατα με τον συμβατικό τρόπο θέρμανσης μπορεί η θέρμανση με μικροκύματα να αποτελέσει έναν εναλλακτικό τρόπο παστερίωσης του γάλακτος, που θα είναι πιο φιλικός στο περιβάλλον. Επίσης είναι και ένας νέος τρόπος συντήρησης και διατήρησης των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του γάλακτος για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα όπως παρατηρήθηκε σε ένα από τα δείγματα που μετρήθηκαν.

Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται κάποιες εταιρείες τροφίμων που χρησιμοποιούν τη μικροκυματική θέρμανση ως μέσο συντήρησης των προϊόντων τους, το είδος της συντήρησης και τα προϊόντα που παράγουν με την μέθοδο αυτή.

Όνομα εταιρείας	Είδος συντήρησης	Προϊόν
P&T FOODS (BELGIUM)	Αποστείρωση	Ζυμαρικά
BRASFOUCARD INDUSTRIE (FRANCE)	Παστερίωση	Μίγμα φρούτων και ζάχαρης
ITO-EN SHIZUKOIA (JAPAN)	Ξήρανση - Ψήσιμο	Πράσινο Τσάι

Καλλιέργειες εκκίνησης-Περιορισμός νιτρικών στα κρεατοσκευάσματα

Η μοντέρνα βιομηχανία κρέατος θέλει να εξασφαλίσει υψηλή ποιότητα, μειωμένη ποικιλομορφία και να αυξήσει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στην παραγωγή αλλαντικών, στην οποία δεν είναι εφικτό να χρησιμοποιήσει αυθόρμητες μεθόδους ζύμωσης. Γι' αυτό τον λόγο αναπτύσσονται τα τελευταία 40 χρόνια οι καλλιέργειες εκκίνησης (starter cultures), οπότε ελαττώνεται ο χρόνος ζύμωσης, εξασφαλίζονται χαμηλά κατάλοιπα νιτρικών και νιτρωδών αλάτων στο τελικό προϊόν και σταθεροποιούνται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Χρώμα των προϊόντων κρέατος

Το χρώμα αποτελεί τη σημαντικότερη παράμετρο με την οποία ο καταναλωτής αξιολογεί την ποιότητα του νωπού κρέατος τη στιγμή της αγοράς του. Το χρώμα οφείλεται στην παρουσία μέσα στο κρέας χρωστικών ουσιών. Η κύρια χρωστική ουσία είναι η μυοσφαιρίνη.

Η κύρια αλλοίωση της μυοσφαιρίνης επέρχεται κατόπιν απορρόφησης ατμοσφαιρικού οξυγόνου. Όταν το απορροφούμενο ποσό οξυγόνου είναι σχετικά μικρό τότε η μυοσφαιρίνη οξυγονώνεται προς οξυμυοσφαιρίνη που έχει ζωηρό κόκκινο χρώμα. Όταν όμως το διατιθέμενο ποσό οξυγόνου είναι μεγάλο τότε η μυοσφαιρίνη οξειδώνεται προς μεταμυοσφαιρίνη που έχει καφέ

χρώμα. Η ανεπιθύμητη αυτή μεταβολή στο χρώμα του κρέατος συμβαίνει κάθε φορά που το προϊόν αυτό θερμαίνεται παρουσία οξυγόνου.

Επίδραση των νιτρωδών και νιτρικών αλάτων

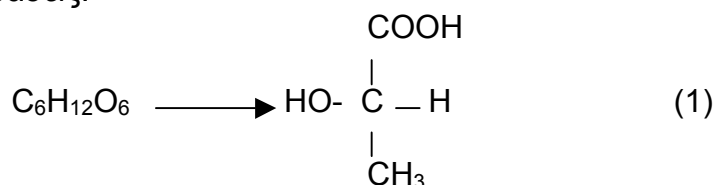
Στα κατεργασμένα προϊόντα κρέατος (αλλαντικά, ζαμπόν κ.α.) η αλλοίωση του χρώματος της μουςφαιρίνης αποφεύγεται με την προσθήκη νιτρωδών αλάτων NaNO_2 και KNO_2 , τα οποία ανάγονται σε NO , οπότε η μουςφαιρίνη μετατρέπεται στην νιτροζομουςφαιρίνη που έχει το χαρακτηριστικό ρόδινο-ερυθρό χρώμα.

Επίσης τα νιτρώδη άλατα εμποδίζουν τα σπόρια του παθογόνου βακτηρίου *Clostridium botulinum* να βλαστήσουν, να πολλαπλασιασθούν και να παράγουν τοξίνη. Έτσι προστατεύουν την υγεία του καταναλωτή από το πλέον επικίνδυνο παθογόνο βακτήριο, το οποίο κατά την ανάπτυξή του στα τρόφιμα προσβάλλει το νευρικό σύστημα και προκαλεί τη θανατηφόρο δηλητηρίαση, γνωστή ως αλλαντίαση. Για να ασκήσουν την ανασταλτική τους δράση έναντι του βακτηρίου τα νιτρώδη άλατα πρέπει να προστίθενται σε ποσότητες μεγαλύτερες από 0,01% (100 ppm), ενώ μικρότερες ποσότητες, 40-80 ppm, μπορεί να είναι επαρκείς μόνο αν τα νιτρώδη ενεργούν συνεργιστικά με τα σορβικά άλατα και με προστατευτικές οξυγαλακτικές καλλιέργειες.

Όμως τα νιτρώδη άλατα είναι δυνατόν, κάτω από ορισμένες συνθήκες να σχηματίσουν καρκινογόνες ενώσεις, γνωστές ως N-Νιτροζαμίνες.

Όσο πιο μικρή η ποσότητα των νιτρωδών αλάτων, τόσο μικρότερος ο κίνδυνος δημιουργίας αυτών των καρκινογόνων ενώσεων. Ιδιαίτερη σημαντική για την αντιμετώπιση του προβλήματος είναι οι καλλιέργειες εκκίνησης, οι οποίες είναι στελέχη επιθυμητών μικροοργανισμών τα οποία έχουν απομονωθεί από εκλεκτής ποιότητας προϊόντα, και έχουν ιδιότητες που διασφαλίζουν την ομαλή πορεία της ζύμωσης και την παραγωγή προϊόντων με τα επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Οι καλλιέργειες εκκίνησης διακρίνονται σε φυσικές και σε καθαρές καλλιέργειες. Οι καθαρές καλλιέργειες αποτελούνται από στελέχη μικροοργανισμών που απομονώθηκαν από εξαιρετικής ποιότητας αλλαντικά αέρος. Πρόκειται κυρίως για βακτήρια τα οποία από την αποικοδόμηση των ζαχάρων παράγουν γαλακτικό οξύ και άλλα προϊόντα σε τέτοιες ποσότητες ώστε να παρεμποδίζεται η ανάπτυξη άλλων μικροοργανισμών. Η γαλακτική ζύμωση έχει γενικά υψηλή απόδοση και κατ' αυτήν παράγεται κυρίως γαλακτικό οξύ, λιγότερο δε αιθανόλη, οξικό οξύ και CO_2 σύμφωνα με τις αντιδράσεις:



Η αντίδραση (1) είναι γνωστή σαν ομοιογαλακτική ζύμωση και πραγματοποιείται από τη δράση των βακτηρίων των γενών *Pediococcus*, *Streptococcus* και ορισμένα είδη του γένους *Lactobacillus*. Η αντίδραση (2) είναι γνωστή σαν ετερογαλακτική ζύμωση και πραγματοποιείται από τα βακτήρια των γενών *Lactobacillus* και *Leuconostoc*.

Μια ιδιότητα που χαρακτηρίζει τους μικρόκοκκους και σταφυλόκοκκους που χρησιμοποιούνται στις καθαρές καλλιέργειες είναι ότι παράγουν το ένζυμο καταλάση. Αυτό διασπά το υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2) που παράγουν ετερογαλακτικά βακτήρια και άλλους ανεπιθύμητους μικροοργανισμούς. Το H_2O_2 διασπά με οξείδωση τις χρωστικές των προϊόντων κρέατος και προκαλεί τον αποχρωματισμό τους. Συνεπώς με την παραγωγή του ενζύμου καταλάση οι μικρόκοκκοι και σταφυλόκοκκοι προστατεύουν και σταθεροποιούν το χρώμα των αλλαντικών αέρος.

Τα αλλαντικά αέρος ταχείας ωρίμανσης παρασκευάζονται με τη χρήση νιτρικών αλάτων και δέχονται ωρίμανση σε υψηλές θερμοκρασίες που αρχίζουν γύρω στους $25^\circ C$. Για τα προϊόντα αυτά ενδείκνυται η χρησιμοποίηση καλλιέργειας λακτοβακίλλων σε συνδυασμό με χρήση γλυκονικής-δ-λακτόνης, ώ στε να επιτευχθεί η γρήγορη πτώση του pH προκειμένου να διασφαλιστεί η μικροβιολογική σταθερότητα των προϊόντων και η κατάλληλη συνοχή τους. Επειδή όμως η πολύ γρήγορη και σε χαμηλές τιμές πτώση του pH με τη γλυκονική-δ-λακτόνη και την καλλιέργεια λακτοβακίλλων είναι πολύ πιθανόν να προκαλέσει γρήγορη τάγγιση και ελαττωματικό χρωματισμό γι' αυτό επιβάλλεται ταυτόχρονα και η χρησιμοποίηση καλλιέργειας μικρόκοκκων.

Υπέρηχοι (sonochemistry)

Οι υπέρηχοι δεν είναι κάτι καινούργιο για την βιομηχανία των τροφίμων. Εδώ και χρόνια χρησιμοποιούνται στην βιολογική απολύμανση των επιφανειών και των αντικειμένων που έρχονται σε επαφή με τα τρόφιμα (π.χ. σε ρωγμές, που δεν μπορούν να καθαριστούν εύκολα με τις συμβατικές μεθόδους). Ωστόσο σήμερα διαφαίνονται και νέες δυνατότητες για την χρήση τους όπως:

- Η χρήση τους στην βιολογική απολύμανση του νερού για τον περιορισμό της ποσότητας του βακτηριοκτόνου που χρησιμοποιείται.
- Η εκχύλιση αρωματικών ουσιών από φυσικά προϊόντα, όπως: λεμονένιο και καρβόνη από σπόρους ανήθου, ανηθόλη από το γλυκάνισο και λιναλοόλη από τον κορίανδρο.

Το σίγουρο είναι ότι στο μέλλον οι υπέρηχοι θα αποτελέσουν ένα πολυτιμότερο εργαλείο στα χέρια της πράσινης χημείας.

Γενετικά Τροποποιημένα Προϊόντα

Τα τελευταία 20 χρόνια, αναπτύχθηκε μια νέα μέθοδος βελτίωσης της ποιότητας και αύξησης της ποσότητας των τροφών, με απεριόριστες δυνατότητες και προοπτικές. Πρόκειται για τα γενετικά τροποποιημένα προϊόντα

Τα πλεονεκτήματα της καλλιέργειας GM φυτών είναι η βελτίωση της παραγωγής τροφίμων σε παγκόσμιο επίπεδο με την δημιουργία νέων φυτών πιο ευπροσάρμοστων, πιο ανθεκτικών και με βελτιωμένη ποιότητα και διατροφική αξία. Η διαγονιδιακή τεχνολογία στοχεύει στη δημιουργία φυτών που παράγουν τα δικά τους «βιο-εντομοκτόνα». Έτσι επιτυγχάνεται ελάττωση της χρήσης χημικών εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων, τα οποία έχουν βλαβερές συνέπειες στο οικοσύστημα και στην υγεία των ανθρώπων. Αυξάνεται η αποδοτικότητα και ανθεκτικότητα των καλλιεργειών σε ακραίες

συνθήκες, γεγονός που θα βοηθήσει στη καταπολέμηση της έλλειψης τροφίμων σε χώρες του Τρίτου Κόσμου. Επίσης αυξάνεται η θρεπτική αξία ορισμένων τροφίμων που αποτελούν την βασικότερη τροφή σε ορισμένες χώρες. Τέτοιες εφαρμογές είναι η αύξηση της περιεκτικότητας του σιδήρου στο ρύζι και η βελτίωση της ποιότητας των καρπών (π.χ. περισσότερο άμυλο, λιγότερο λίπος, περισσότερες βιταμίνες και μέταλλα).

Παρόλα αυτά όμως υπάρχουν πολλοί πιθανοί κίνδυνοι από την χρήση των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων, οι οποίοι διακρίνονται σε βιολογικούς, σε περιβαλλοντικούς και σε κινδύνους υγείας. Οι κίνδυνοι αυτοί δεν μπορούν να εκτιμηθούν με ακρίβεια με τα σημερινά μέσα που διαθέτει η επιστήμη, εφόσον οι μακροχρόνιες επιπτώσεις της χρήσης τους στο περιβάλλον είναι απρόβλεπτες.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Holland, H. In *Handbook of Green Chemistry and Technology*; Clark, J. and Macquarrie, D., Eds., Blackwell Science: Oxford, 2002; pp.188-203.
2. Mason, T. and Cintas, P. In *Handbook of Green Chemistry and Technology*; Clark, J. and Macquarrie, D., Eds., Blackwell Science: Oxford, 2002; pp.372-393.
3. Tanchoux, N. and Leitner, W. In *Handbook of Green Chemistry and Technology*; Clark, J. and Macquarrie, D., Eds., Blackwell Science: Oxford, 2002; pp.482-500.
4. Clifford, A. In *Handbook of Green Chemistry and Technology*; Clark, J. and Macquarrie, D., Eds., Blackwell Science: Oxford, 2002; pp.524-531.
5. Μαρούλης Α. και Χατζηαντωνίου-Μαρούλη Κ. Παραδόσεις μεταπτυχιακών μαθημάτων Δι.ΧΗ.Ν.Ε.Τ. διδακτικού έτους 2003-2004.
6. Gould, G. W.. *New Methods of Food Preservation*, Eds.; Blackie Academic & Professional, Chapman & Hall, 1995.
7. Basile, A., Jimenez-Carmona, M. and Clifford, A. *J. Agric. Food Chem.*, **1998**, 46, pp. 5205-5209.
8. Valero, E., Villamiel, M., Sanz, J. and Martinez-Castro, I. *Food Chemistry*, **2000**, 70, pp. 77-81.
9. Μπλούκας, Ι., *Επεξεργασία και συντήρηση τροφίμων*, Θεσσαλονίκη, **2001**.
10. Hugas, M., Monfort, J., *Food Chemistry*, **1997**, 59, pp. 547-554.
11. Δεμερτζής, Π. και Κοντομηνάς, Μ. *Τεχνολογία Τροφίμων*, Ιωάννινα, 1997.
12. Μπόσκου, Δ., *Χημεία Τροφίμων*, Νέα Έκδοση, Θεσσαλονίκη, 1997.
13. Μπλούκας, Ι., *Τεχνολογία Κρέατος*, Θεσσαλονίκη, 1998.
14. Μπλούκας Ι., Μοάτσου, Γ., Ζερφυρίδης, Γ., Γιουτάνης, Ε., *Μεταποίηση Ζωικών Προϊόντων*, Ο.Ε.Δ.Β., 2000.
15. Phelps, C., *Journal of Chemical Education*, **1996**, 73, pp. 1163-1168.
16. Hubert, P. and Vitzhurm, G., *Angew. Chem. Int. Engl.*, **1978**, 17, pp. 710-715.
17. Zosel, K., *Angew. Chem. Int. Engl.*, **1978**, 17, pp. 702-709.
18. Γιαννακουδάκης, Δ., *Φυσική Χημεία Καταστάσεων Της Ύλης Και Θερμοδυναμική*, Ζήτης, Θεσσαλονίκη, 1994
19. Λούλη, Β. κ.α., <http://psxm.chemeng.upatras.gr/uploads/PT/PT/027.pdf>.
20. Szekely, E., <http://sunny.vemt.bme.hu/sfe/angol/>.
21. Atkins, P. and Julio, P., *Atkins Physical Chemistry*, Oxford, 2002.
22. Ρόδης, Π., *Μέθοδοι συντήρησης τροφίμων*, 1995.
23. Λαζαρίδης, Χ., *Στο Τεχνολογία Τροφίμων και Αειφορία*, Α.Π.Θ., 2000.
24. Γκέκας, Β., *Στο Τεχνολογία Τροφίμων και Αειφορία*, Α.Π.Θ., 2000.
25. Μαρκάκης, Π., *Στοιχεία Τεχνολογίας Τροφίμων*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
26. Lazarides, N, *Proceedings of the Second International Seminar on Osmotic dehydration of fruits and vegetables*, Eds; Lenart, A. and P.P. Lewicki Warsaw, April 18-19, **1994**, pp. 88-98.
27. http://www.uq.edu.au/_School_Science_Lessons/10.1.2d.GIF
28. <http://www.upatras.gr/announces/viewforum.php?f=9>
29. http://www.epa.gov/greenchemistry/whats_gc.html

