



Α.Τ.Ε.Ι ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗ
ΑΛΟΥΜΙΝΕΝΙΩΝ ΠΕΡΙΕΚΤΩΝ ΓΙΑ ΑΝΑΨΥΚΤΙΚΑ

ΚΑΤΣΑΡΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΧΟΥΣΙΑΔΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :

ΡΑΦΑΗΛΙΔΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2009

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΛΟΥΜΙΝΕΝΙΩΝ ΠΕΡΙΕΚΤΩΝ ΓΙΑ ΑΝΑΨΥΚΤΙΚΑ

**ΚΑΤΣΑΡΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ
ΧΟΥΣΙΑΔΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ**

Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Θεσσαλονίκης (ΑΤΕΙ), Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, 57400
Θεσσαλονίκη ΤΘ 141,

Υποβολή Πτυχιακής διατριβής που αποτελεί μέρος των
απαιτήσεων για την απονομή του Πτυχίου του Τμήματος
Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

Ημερομηνία Παρουσίασης : 23/9/09

Εισηγητής : Ραφαηλίδης Στυλιανός

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στους καθηγητές μας κύριο Ραφαηλίδη Στυλιανό και κύριο Παπαστεργιάδη Ευθύμιο για την πολύτιμη συνεργασία τους και την υπομονή που έδειξαν κατά την διάρκεια της εργασίας μας. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους καθηγητές μας κύριο Πετρίδη Δημήτριο και κύριο Φίτσιο Νικόλαο για την βοήθεια που μας προσέφεραν.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΛΟΥΜΙΝΕΝΙΩΝ ΠΕΡΙΕΚΤΩΝ ΓΙΑ ΑΝΑΨΥΚΤΙΚΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο στόχος της εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης των νιτρικών ιόντων στην διάβρωση αλουμινένιων περιεκτών για αναψυκτικά σε διαβρωτικό περιβάλλον που αντιστοιχεί σε διάβρωση των αναψυκτικών ποτών γι' αυτό και άλλωστε επιλέχθηκε σακχαροδιάλυμα 9 brix ως διαβρωτικό περιβάλλον. Ρυθμίστηκε η περιεκτικότητα των νιτρικών ιόντων στο διαβρωτικό περιβάλλον. Χρησιμοποιήθηκαν 4 αρχικές συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων (0-10-50 και 100 ppm NO_3^-). Χρησιμοποιήθηκε αλουμινένιος περιέκτης τύπου Al 1100 (99,9% αλουμίνιο). Επέδρασε το διαβρωτικό περιβάλλον στον αλουμινένιο περιέκτη για διάστημα 24 ωρών κάτω από την επίδραση ρεύματος. Η απώλεια βάρους των δοκιμών ήταν περίπου ίδια στις 3 συγκεντρώσεις των νιτρικών, ενώ στο επίπεδο των 100 ppm η απώλεια βάρους ήταν μεγαλύτερη. Η τιμή του pH του διαβρωτικού περιβάλλοντος αυξήθηκε σε όλες τις συγκεντρώσεις. Η αύξηση της τιμής του pH είναι πιο μεγάλη όταν η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων είναι μεγαλύτερη.

Μελετήθηκε η επιφάνεια των διαβρωμένων περιεκτών με μάρτυρα μη διαβρωμένο περιέκτη.

Με την τεχνική της περίθλασης ακτίνων X δεν οδηγηθήκαμε σε συμπεράσματα για την ένταση και έκταση της διάβρωσης σε σχέση με την συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων και γενικά δεν παρατηρούνται προϊόντα νιτρικών ενώσεων.

Με το οπτικό μικροσκόπιο φάνηκε ότι το είδος της διάβρωσης που υφίσταται ο περιέκτης είναι τοπική διάβρωση με εσοχές. Ο αριθμός και το μέγεθος των εσοχών φαίνεται ότι αυξάνει με την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων.

Με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης επιβεβαιώθηκαν τα παραπάνω και επίσης βρέθηκαν, στην επιφάνεια των περιεκτών που διαβρώνονται παρουσία νιτρικών ιόντων 50 και 100 ppm, αποθέσεις που αποδίδονται στο $\text{Al}(\text{OH})_3$ που δημιουργείται. Από τη μελέτη του εσωτερικού των εσοχών διαπιστώθηκε περικρυσταλλική διάβρωση του αλουμινίου.

Με στοιχειακή μικροανάλυση στην επιφάνεια των διαβρωμένων περιεκτών παρατηρήθηκε απουσία του στοιχείου N.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- 2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ
 - 2.1 ΠΕΡΙΕΚΤΕΣ
 - 2.2 ΑΛΟΥΜΙΝΕΝΙΟΙ ΠΕΡΙΕΚΤΕΣ
 - 2.2.1 ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
 - 2.2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ
 - 2.2.1.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ
 - 2.2.1.3 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ
 - 2.2.1.4 ΧΡΗΣΕΙΣ
 - 2.2.1.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΩΣ ΥΛΙΚΟ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ
 - 2.2.1.6 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΩΣ ΥΛΙΚΟ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ
 - 2.2.1.7 ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
 - 2.2.1.8 ΚΟΝΣΕΡΒΕΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ
 - 2.2.1.9 ΦΥΛΛΟ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ
 - 2.3 ΔΙΑΒΡΩΣΗ
 - 2.3.1 ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
 - 2.3.2 ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ
 - 2.3.3 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ
 - 2.3.3.1 ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ
 - 2.3.3.2 ΕΙΔΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ
 - 2.3.3.3 ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ
 - 2.4 ΝΙΤΡΙΚΑ
 - 2.4.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ
 - 2.4.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟΥΣ ΠΕΡΙΕΚΤΕΣ
 - 2.5 ΑΝΑΨΥΚΤΙΚΑ
 3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
 4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ
 - 4.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ
 - 4.2 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ
 - 4.2.1. ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

- 4.3 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΔΙΑΒΡΩΜΕΝΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
- 4.4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ
 - 4.4.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ
 - 4.4.2 ΔΟΚΙΜΙΑ
 - 4.4.3 ΣΤΑΔΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ
- 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ
 - 5.1 ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ pH
 - 5.2 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΒΡΩΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΕΚΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ (XRD)
 - 5.3 ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΒΡΩΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΕΚΤΩΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΟΠΤΙΚΟ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ (SEM)
 - 5.3.1. ΟΠΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ
 - 5.3.2. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ ΣΑΡΩΣΗΣ
 - 5.4 ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΗ ΜΙΚΡΟΑΝΑΛΥΣΗ EDS
- 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
- 7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
- 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ποιότητα των περισσότερων τροφίμων υποβαθμίζεται κατά την αποθήκευση τους σε συνάρτηση με τον χρόνο αποθήκευσης. Ισχύει, πάντοτε, μια πεπερασμένη χρονική διάρκεια αποθήκευσης μετά το πέρας της οποίας η ποιότητα του τροφίμου γίνεται απορριπτέα. Μπορούν να γίνουν υπολογισμοί ώστε να αξιολογηθεί εάν ένας συγκεκριμένος περιέκτης παρέχει την απαραίτητη προστασία που απαιτείται ώστε να διασφαλίσει την επιθυμητή διάρκεια ζωής του περιεχομένου τροφίμου. (Ραφαηλίδης, 2005).

Στην βιομηχανία τροφίμων η συσκευασία είναι αυτή που καθορίζει την πορεία ενός νέου προϊόντος, ανανεώνει το αγοραστικό ενδιαφέρον και αποτελεί ένα από τα βασικότερα σημεία όπου επικεντρώνεται ο διαρκής εντεινόμενος ανταγωνισμός μεταξύ των επιχειρήσεων. Ως μείζων παράγοντας επιτυχούς προβολής του προϊόντος, η συσκευασία με την συνδρομή της τεχνολογίας εξελίσσεται ραγδαία σε επίπεδο υλικών και χρήσεων, αποτελώντας συγχρόνως το πιο πρόσφορο εργαλείο μάρκετινγκ των εταιρειών. (Άντζυ Μαρίνου, Τρόφιμα και Ποτά 2007 Οκτ.).

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το αλουμίνιο ως υλικό συσκευασίας τροφίμων είναι πάρα πολλά. Επιπλέον το αλουμίνιο προβάλλει ικανοποιητική αντίσταση στην ατμοσφαιρική διάβρωση. (Μπλούκας 2004).

Τα είδη της διάβρωσης που παρατηρούνται κυρίως στις κονσέρβες αλουμινίου είναι η διάβρωση με εσοχές και η περικρυσταλλική διάβρωση. (Παπαστεργιάδης, 1996).

Αλουμινένια κουτιά, κατάλληλα καλυμμένα εσωτερικά για προστασία απέναντι στη διάβρωση, είναι πολύ ικανοποιητικά για τη συσκευασία αναψυκτικών, μπίρας, κρεατοσκευασμάτων και θαλασσινών. (Ν.Γ.Καρακασίδης, Κυτιοποιία).

Τα αναψυκτικά μάλλον εμφανίσθηκαν κατά το 17^ο αιώνα ως μίγμα νερού και χυμού λεμονιών στο οποίο είχε προστεθεί μέλι ως γλυκαντική ουσία. Σήμερα, τα αναψυκτικά καταλαμβάνουν ένα σημαντικό ποσοστό των υγρών που καταναλώνονται από τον άνθρωπο με αυξητικές τάσεις κάθε χρόνο. (Αρβανιτογιάννης, 2007).

Η παρουσία των νιτρικών στα αναψυκτικά είναι αναπόφευκτη. Η παρουσία αυτή οφείλεται στο νερό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή των αναψυκτικών. (Μπλούκας, 2004).

Τα νιτρικά είναι εξαιρετικά αποτελεσματικοί αποπολωτές επειδή είναι σε θέση να αναχθούν μέχρι και σε αμμωνία. Έχουν θεωρηθεί υπεύθυνα για σοβαρά οικονομικά και τοξικολογικά προβλήματα σε κονσερβοποιημένα τρόφιμα. (Ραφαηλίδης, 2005).

Σκοπός της εργασίας ήταν η εκτίμηση της έντασης και της έκτασης της διάβρωσης αλουμινένιου περιέκτη σε διαβρωτικό περιβάλλον σακχαροδιαλύματος 9 brix, παρουσία νιτρικών ιόντων σε διάφορες συγκεντρώσεις.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΠΕΡΙΕΚΤΕΣ

Οι πρώτοι περιέκτες που κατασκεύασε ο άνθρωπος πριν από 8000 χρόνια περίπου, ήταν τα αγγεία. Αργότερα κατασκεύασε μεταλλικούς περιέκτες από μόλυβδο χρυσό και άργυρο. Την ίδια εποχή χρησιμοποίησε το ξύλο και το δέρμα ζώων, ενώ πολύ αργότερα διάφορα υλικά ύφανσης. Το γυαλί άρχισε να χρησιμοποιείται μετά το 4000 π.χ. όπως και το χαρτί. (Μπλούκας, 2004).

Στην αρχή του 19^{ου} αιώνα κατασκευάστηκαν ερμητικά κλειστές κονσέρβες από λευκοσίδηρο για τη συσκευασία τροφίμων ικανών να συντηρηθούν σε συνθήκες περιβάλλοντος. (Μπλούκας, 2004).

Στο Β΄ παγκόσμιο πόλεμο ανακαλύφθηκαν τα πλαστικά και σημειώθηκε αλματώδης αύξηση στη χρησιμοποίησή τους ως υλικά συσκευασίας.

Τελευταία εξέλιξη στη συσκευασία τροφίμων αποτελούν οι πολύφυλλες μεμβράνες (laminates) και οι μεμβράνες συνεξώθησης (co extruded films). Στις πολύφυλλες μεμβράνες εύκαμπτα υλικά συσκευασίας, όπως οι πλαστικές μεμβράνες, το χαρτί και το **φύλλο αλουμινίου**, με διαφορετικές ιδιότητες το καθένα, συνδυάζονται και συγκολλούνται μεταξύ τους, ώστε να σχηματίζουν ένα νέο υλικό που εξασφαλίζει τις πλέον επιθυμητές ιδιότητες για τη συσκευασία ενός συγκεκριμένου προϊόντος με το χαμηλότερο δυνατό κόστος (Μπλούκας, 2004).

Τα υλικά τα οποία κυρίως χρησιμοποιούνται σήμερα στη κατασκευή περιεκτών, είναι τα πλαστικά , τα μέταλλα, το γυαλί και τα κεραμικά, το χαρτί και το χαρτόνι.

Η ποιότητα των περισσότερων τροφίμων υποβαθμίζεται κατά την αποθήκευση τους σε συνάρτηση με τον χρόνο αποθήκευσης. Ισχύει, πάντοτε, μια πεπερασμένη χρονική διάρκεια αποθήκευσης μετά το πέρας της οποίας η ποιότητα του τροφίμου γίνεται απορριπτέα. Μπορούν να γίνουν υπολογισμοί ώστε να αξιολογηθεί εάν ένας συγκεκριμένος περιέκτης παρέχει την απαραίτητη προστασία που απαιτείται ώστε να διασφαλίσει την επιθυμητή διάρκεια ζωής του περιεχομένου τροφίμου.(Ραφαηλίδης, 2005).

Μοντέρνα ή παραδοσιακή, καινοτόμα ή λειτουργική η συσκευασία στη βιομηχανία τροφίμων είναι εκείνη που <<καθορίζει>> την πορεία ενός νέου προϊόντος, ανανεώνει το αγοραστικό ενδιαφέρον και αποτελεί ένα από τα βασικότερα σημεία όπου επικεντρώνονται ο διαρκής εντεινόμενος ανταγωνισμός μεταξύ των επιχειρήσεων. Ως μείζων παράγοντας επιτυχούς προβολής του προϊόντος, η συσκευασία με την συνδρομή της τεχνολογίας εξελίσσεται ραγδαία σε επίπεδο υλικών και χρήσεων, αποτελώντας συγχρόνως το πιο πρόσφορο εργαλείο μάρκετινγκ των εταιρειών. (Άντζυ Μαρίνου, Τρόφιμα και Ποτά 2007 Οκτ.).

2.2.1 Αλουμίνιο

Στους αλουμινένιους περιέκτες ανήκουν, οι κονσέρβες αλουμινίου , οι φόρμες ζαχαροπλαστικής , τα σωληνάκια αλουμινίου, το οικιακό αλουμινόχαρτο κλπ.

2.2.1.1 Γενικά

Το αργίλιο που είναι περισσότερο γνωστό με το κοινό του όνομα αλουμίνιο, θεωρείται το μέταλλο του αιώνα μας ενώ παράλληλα είναι το δεύτερο πιο αγωγίμο υλικό μετά το χαλκό. Το αργίλιο είναι ένα μέταλλο με ατομικό αριθμό 13 και ατομικό βάρος 26,98154. Το σύμβολό του είναι **Al**. Είναι ένα υλικό μεγάλης σημασίας για την παγκόσμια οικονομία, καθώς χρησιμοποιείται ευρύτατα στην βιομηχανία και στην οικοδομή.

Το αλουμίνιο είναι ένα από τα σημαντικότερα προϊόντα για τον κλάδο της συσκευασίας λόγω της ευκολίας μορφοποίησης και εκτύπωσής του, του μικρού βάρους του, της αντοχής του στην ατμοσφαιρική διάβρωση, αλλά και του χαμηλού κόστους του και της δυνατότητας ανακύκλωσής του. Δεν είναι τοξικό, είναι αδιαπέραστο από υγρά και αέρια και εξασφαλίζει την υγιεινή των τροφίμων. Είναι ελαφρύ υλικό, ιδιότητα σημαντική για τη μεταφορά και χρησιμοποιείται στην αγορά αναψυκτικών και μπίρας (Άντζυ Μαρίνου, Τρόφιμα και Ποτά 2007 Οκτ.).

Το αλουμίνιο χρησιμοποιείται στην κατασκευή μεταλλικών κουτιών υπό μορφή δύο βασικών τύπων κραμάτων:

Το κράμα 3004, το οποίο χρησιμοποιείται για τα σώματα των κουτιών και περιέχει μαγγάνιο και σε σχετικά χαμηλή ποσότητα μαγνήσιο.

Το κράμα 5182, το οποίο είναι μαλακότερο και περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα μαγνησίου από το 3004.

Στο πίνακα που ακολουθεί, φαίνονται οι κυριότεροι τύποι κραμάτων Al, η σύστασή τους και η συνήθης χρήση τους.

Πίνακας 1. Κράματα Al

Τύπος κράματος	Συνήθης χρήση	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
1050	Φύλλα και	0,25	0,4	0,05	0,05	-	-	0,03	-
1100	εύκαμπτοι	1,0	0,20	-	-	-	0,10	-	-
3003	σωλήνες	0,6	0,7	0,7	1,5	-	-	0,1	-
3004	Καπάκια και κυτία	0,30	0,7	0,25	1,5	1,3	-	0,25	-
5050	για αναψυκτικά	0,40	0,7	0,2	0,1	1,8	0,10	0,25	-
5182	Αναψυκτικά με	0,20	0,35	0,15	0,5	5,0	0,10	0,25	0,10
8079	εύκολο άνοιγμα	0,30	1,3	0,05	-	-	-	0,10	-

Υπάρχουν δυο βασικοί παράγοντες που περιορίζουν τη χρησιμοποίηση του αλουμινίου στην κατασκευή κουτιών: Το κόστος κατασκευής του, το οποίο οφείλεται στην μεγάλη ενέργεια που απαιτείται για την κατασκευή του και η αδυναμία του να συγκολληθεί με κασσιτεροκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση.

Το τελευταίο μειονέκτημα είναι και ο λόγος για τον οποίο τα αλουμινένια κουτιά είναι δύο-τεμαχίων. Η αρχή της παραγωγής των κουτιών δύο-

τεμαχίων στηρίζεται στο πρεσάρισμα και εξέλαση του κορμού τους από φύλλο κράματος αλουμινίου. (Αρβανιτογιάννης & Μποσνέα, 2001).

Αλουμινένια κουτιά, κατάλληλα καλυμμένα εσωτερικά για προστασία απέναντι στη διάβρωση, είναι πολύ ικανοποιητικά για τη συσκευασία αναψυκτικών, μύρας, κρεατοσκευασμάτων και θαλασσινών. (Ν.Γ.Καρακασίδης, Κυτιοποιία).

Το αλουμίνιο που χρησιμοποιείται για τη κατασκευή περιεκτών είναι κράμα ΑΙ 99 με άλλα στοιχεία όπως Cu, Si, Mn, Mg, Zn κλπ. Τα στοιχεία αυτά επηρεάζουν τις ιδιότητες του καθαρού ΑΙ και προστίθενται για να αυξήσουν τη μηχανική του αντοχή και να βελτιώσουν την ικανότητα μορφοποίησης του.

Αναφορικά με τη επίδραση τους στη συμπεριφορά του ΑΙ στη διάβρωση τα στοιχεία αυτά επηρεάζουν ως εξής:

Ο χαλκός ελαττώνει την αντίσταση στη διάβρωση. Το μαγγάνιο αυξάνει ελαφρά την αντίσταση στη διάβρωση. Το μαγνήσιο βελτιώνει κατά πολύ την αντοχή στη διάβρωση. Ο ψευδάργυρος εμφανίζει μικρή επίδραση. Το πυρίτιο ελαττώνει ελαφρά τη αντοχή στη διάβρωση. Το χρώμιο αυξάνει την αντοχή στη διάβρωση. Ο σίδηρος ελαττώνει κατά πολύ την αντοχή στη διάβρωση.

Το ΑΙ σε σχέση με το λευκοσίδηρο παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα όπως ότι είναι ελαφρύ και εύκαμπτο, είναι ανθεκτικό στην ατμοσφαιρική διάβρωση και η θερμική του αγωγιμότητα είναι μεγαλύτερη εκείνης του λευκοσιδήρου. (Ραφαηλίδης, 2005).

2.2.1.2 Παραγωγή

Το αλουμίνιο, αν και είναι το τρίτο πιο διαδεδομένο στοιχείο στη φύση, βρίσκεται σε εκμεταλλεύσιμες ποσότητες μόνο στο ορυκτό βωξίτης με τη

μορφή $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$, από όπου απομονώνεται με ηλεκτρόλυση τήγματος με αυξημένο κόστος παραγωγής.

Το μέταλλευμα του βωξίτη είναι μίγμα οξειδίων αλουμινίου (60%), σιδήρου (25%), πυριτίου (3%), τιτανίου (3%) και άλλων προσμίξεων.

Κατά την παραγωγή του αλουμινίου ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

Πρώτα ο βωξίτης εξορύσσεται από το κοίτασμα (συνήθως επιφανειακό). Στη συνέχεια πλένεται, θρυμματίζεται αλέθεται σε σκόνη, αναμιγνύεται σε διάλυμα καυστικής σόδας και θερμαίνεται, οπότε τα αδιάλυτα συστατικά (κυρίως οξείδια του σιδήρου και του πυριτίου) διαχωρίζονται με καθίζηση. Το διάλυμα που παραμένει ψύχεται και αραιώνεται σε μεγάλες δεξαμενές. Σε αυτές διαχωρίζεται η αλουμίνα (Al_2O_3) υπό μορφή κρυστάλλων και στη συνέχεια πυρώνεται στους 1100°C έτσι ώστε να απομακρυνθεί το νερό, οπότε μετατρέπεται σε λευκή σκόνη.

Ακολουθεί η ηλεκτρόλυση. Με τη διαδικασία αυτή παραλαμβάνουμε το αλουμίνιο (Al) από την αλουμίνα (Al_2O_3). Το οξείδιο του αργιλίου διαλύεται σε τήγμα κρυσταλλικού (Na₃AlF₆) το οποίο βρίσκεται σε ηλεκτρολυτικό κελί στη θερμοκρασία των 950°C , με άνοδο ένα ηλεκτρόδιο άνθρακα και κάθοδο την επένδυση του κελιού από άνθρακα. Στη συνέχεια διαβιβάζεται μέσα από αυτό συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα χαμηλής τάσης αλλά εξαιρετικά υψηλής έντασης. Με τη διαβίβαση του ισχυρού ρεύματος η αλουμίνα διασπάται σε οξυγόνο, το οποίο σταδιακά καίει τα ηλεκτρόδια του άνθρακα σχηματίζοντας διοξείδιο του άνθρακα που απομακρύνεται και σε αλουμίνιο το οποίο είναι σε ρευστή κατάσταση.

Το καθαρό αλουμίνιο δεν έχει τις απαραίτητες ιδιότητες, προκειμένου να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις για συγκεκριμένες εφαρμογές. Για το λόγο αυτό στο ρευστό αλουμίνιο που το λαμβάνουμε με την ηλεκτρόλυση προσθέτουμε διάφορα μέταλλα, όπως το μαγγάνιο και κυρίως το μαγνήσιο, ώστε να παράγουμε **κράματα αλουμινίου**, κατάλληλα για τις διάφορες εφαρμογές του αλουμινίου. Τέτοια κράματα αλουμινίου χρησιμοποιούμε στην κατασκευή κονσερβών για τρόφιμα και αυτό γιατί διευκολύνουν τη μορφοποίηση της κονσέρβας και βελτιώνουν τη

μηχανική της αντοχή και την αντίστασή της στη διάβρωση. (Μπλούκας, 2004).

Παρά το γεγονός ότι το αλουμίνιο απαντά ευρύτατα στη φύση, λόγω της χημικής σταθερότητας των οξειδίων του, έχει πολύ υψηλές απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια για να παραχθεί, γεγονός που επηρεάζει σημαντικά το κόστος των προϊόντων του.

Ένα τυπικό εργοστάσιο παραγωγής αλουμινίου καταναλώνει ρεύμα όσο μια μικρή πόλη. Ενδεχόμενη διακοπή ρεύματος για παραπάνω από 4 ώρες σημαίνει στερεοποίηση των τηγμάτων στα λουτρά και συνεπώς, καταστροφή τους. Γι' αυτό το λόγο, τα περισσότερα εργοστάσια είτε παράγουν επιτόπου την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν, είτε συνδέονται με παραπάνω από μία πηγές ενέργειας.

2.2.1.3 Ιδιότητες

Οι ιδιότητες που κάνουν το αλουμίνιο τόσο σημαντικό για την βιομηχανία είναι το χαμηλό του βάρος, η υψηλή αντοχή του σε μηχανικές καταπονήσεις και η εξαιρετική αντοχή του στη διάβρωση, η οποία οφείλεται στο φαινόμενο της παθητικοποίησης.

Το αλουμίνιο έχει εξαιρετικές θερμικές ιδιότητες. Η λεία και γυαλιστερή επιφάνειά του αντανακλά περίπου το 90% της θερμότητας που προσπίπτει σε αυτή με ακτινοβολία. Χάριν της ιδιότητας αυτής αποφεύγεται η ανύψωση της θερμοκρασίας του συσκευασμένου τροφίμου που οφείλεται σε σύντομες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Έτσι η συσκευασία του αλουμινίου προστατεύει τα προϊόντα σοκολατοποιίας από μεταβολές της θερμοκρασίας. Επίσης χάριν της καλής θερμικής αγωγιμότητας το αλουμίνιο επιτρέπει την ταχεία μεταφορά της θερμότητας από ή προς το συσκευασμένο προϊόν,

όπως στην περίπτωση της κατάψυξης και της επαναθέρμανσης των τροφίμων. (Μπλούκας, 2004).

Το καθαρό αλουμίνιο είναι μαλακό και εύκαμπτο υλικό και χαρακτηρίζεται για την πολύ μικρή του αντοχή στις μηχανικές καταπονήσεις. Η αντοχή του αλουμινίου μπορεί να ενισχυθεί με την προσθήκη μικρών ποσοτήτων μαγνησίου, το οποίο όμως επηρεάζει αρνητικά την αντίσταση στη διάβρωση. Έτσι το κράμα μαγνησίου-αλουμινίου έχει μικρότερη αντοχή στη διάβρωση από το λευκοσίδηρο του ίδιου πάχους. Κράμα αλουμινίου που περιέχει μαγνήσιο σε ποσοστό μέχρι και 5% παρουσιάζει ικανοποιητική αντοχή στη διάβρωση και ακαμψία και χρησιμοποιείται στην κατασκευή καλυμμάτων για κονσέρβες αεριούχων ποτών. (Μπλούκας, 2004).

Το αλουμίνιο έχει χαμηλό σημείο τήξης (685°C), μικρό ειδικό βάρος ($d=2,72\text{ g/cm}^3$), ολοεδρικά κεντρωμένο κυβικό πλέγμα ($\alpha=4.041\text{ \AA}$) και δεν παρουσιάζει αλλοτροπική μορφή. Επίσης πέρα από την καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα καθώς και την ανακλαστική ιδιότητα της θερμότητας και του φωτός, μπορεί να υποστεί εξέλαση και να μορφοποιηθεί σε φύλλο μικρού πάχους. Με την προσθήκη σιδήρου, χαλκού και άλλων κραματικών στοιχείων βελτιώνονται κατά πολύ οι μηχανικές του ιδιότητες. Παρόλο βέβαια που η μηχανική αντοχή του αλουμινίου είναι σχετικά μικρή ($90-135\text{ N/mm}^2$) και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν κατασκευαστικό υλικό, αυτή βελτιώνεται στα κράματά του και με δεδομένη την εύκολη κραματοποίησή του, χρησιμοποιείται με τη μορφή κραμάτων σαν κατασκευαστικό υλικό. Επίσης το αλουμίνιο κατεργάζεται εύκολα με χύτευση και με αφαίρεση υλικού. Στην ηλεκτροχημική σειρά των χημικών στοιχείων το αλουμίνιο βρίσκεται σε υψηλή θέση με ηλεκτροδιακό (πρότυπο) δυναμικό, κατά Nerst $E_0 = (\text{Al}/\text{Al}^{3+}) = 1.69\text{ Volts}$ (ως προς ημιστοιχείο υδρογόνου). (Παπαστεργιάδης, 1996).

2.2.1.4. Χρήσεις

Η μεγάλη και ευρεία χρησιμοποίηση του αλουμινίου που περιλαμβάνει την κατασκευή αεροσκαφών και πλοίων μέχρι τη συσκευασία των τροφίμων οφείλεται, κύρια, στις φυσικοχημικές του ιδιότητες.

Τα κράματα αλουμινίου με 2,5-6,3% κ.β. χαλκό ονομάζονται ντουραλουμίνια. Περιέχουν συνήθως ως πρόσθετα κραματικά στοιχεία, μαγνήσιο και σπανιότερα μαγγάνιο και πυρίτιο. Παρουσιάζουν εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες, οι οποίες οφείλονται στη σκλήρυνσή τους με δημιουργία κατακρημνισμάτων και χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην αεροναυπηγική, λόγω του χαμηλού τους βάρους και της εξαιρετικής τους αντοχής. Τα τελευταία χρόνια, χρησιμοποιούνται, στην αεροναυπηγική και σε άλλες εφαρμογές όπου το χαμηλό βάρος και οι καλές μηχανικές ιδιότητες σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι ζητούμενα, κράματα αλουμινίου-λιθίου. Άλλα κράματα αλουμινίου χρησιμοποιούνται στην αυτοκινητοβιομηχανία, τη βιομηχανία αθλητικών ειδών και στη ναυπηγική.

Το αλουμίνιο χρησιμοποιείται επίσης για την κατασκευή των κουτιών για ποτά, του αλουμινόχαρτου και άλλων εργαλείων της κουζίνας.

Το οξείδιο του αργιλίου, ή αλουμίνα, βρίσκεται στη φύση με τη μορφή του ρουμπινιού, του ζαφειριού και του κορούνδιου. Το κορούνδιο έχει σκληρότητα στην κλίμακα Mohs ίση με 9. Αυτό σημαίνει ότι είναι ένα από τα σκληρότερα υλικά στη φύση. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται η συνθετική αλουμίνα ως λειαντικό. Τα οξείδια του αργιλίου χρησιμοποιούνται επίσης στην υαλουργία και την κατασκευή λείζερ. Κρύσταλλοι ρουμπινιού χρησιμοποιούνται επίσης ως αισθητήρες πίεσης για υψηλές πιέσεις. Γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας κατασκευάζονται συχνά από αλουμίνιο, καθώς έχει μικρότερο βάρος και κόστος από το χαλκό (αν και όχι τόσο καλή ηλεκτρική αγωγιμότητα).

Η στυπτηρία, μία κρυσταλλική ένωση του αργιλίου με το χημικό τύπο $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24 H_2O$ χρησιμοποιείται ακόμα ως στυπτικό, καθώς επίσης και στη βαφική.

2.2.1.5. Πλεονεκτήματα του αλουμινίου ως υλικό συσκευασίας

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το αλουμίνιο ως υλικό συσκευασίας τροφίμων είναι πάρα πολλά και συνοψίζονται ως εξής:

- Είναι ελαφρύ υλικό.
- Προβάλλει ικανοποιητική αντίσταση στην ατμοσφαιρική διάβρωση.
- Δεν είναι διαπερατό στην υγρασία, τα αέρια, τις λιπαρές ουσίες και το φως.
- Δεν μεταβάλλει τη γεύση του συσκευασμένου προϊόντος ούτε μεταδίδει σε αυτό ανεπιθύμητες οσμές.
- Είναι μαλακό και εύκαμπτο υλικό και μπορεί εύκολα να επεξεργαστεί και να λάβει το επιθυμητό σχήμα.
- Έχει λεία και ελκυστική επιφάνεια και διακοσμείται εύκολα.
- Έχει πολύ καλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα.
- Ανακυκλώνεται εύκολα. Το ανακυκλωμένο αλουμίνιο εξοικονομεί μέχρι και το 95% σε ενέργεια σε σχέση με την πρωταρχική διαδικασία παραγωγής του. (Μπλούκας, 2004).

2.2.1.6 Μειονεκτήματα του αλουμινίου ως υλικό συσκευασίας

Όπως κάθε υλικό συσκευασίας έτσι και το αλουμίνιο παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα. Τα μειονεκτήματα του αλουμινίου ως υλικό συσκευασίας είναι:

- Έχει υψηλό κόστος.
- Έχει μειωμένη αντοχή και μικρότερη διάρκεια ζωής σε σχέση με το λευκοσίδηρο.
- Δημιουργεί προβλήματα λεύκανσης σε ορισμένα προϊόντα
- Δεν μπορεί να συγκολληθεί ούτε να ηλεκτροσυγκολληθεί και για το λόγο αυτό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή κονσερβών τριών τεμαχίων παρά μόνο στη κατασκευή κονσερβών δύο τεμαχίων.
- Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συσκευασία προϊόντων τα οποία θερμαίνονται σε φούρνους μικροκυμάτων, επειδή αντανακλά τα μικροκύματα και δεν επιτρέπει τη διείσδυσή τους στο συσκευασμένο προϊόν.

2.2.1.7. Προϊόντα συσκευασίας από αλουμίνιο

Τα προϊόντα συσκευασίας από αλουμίνιο διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη ανήκουν τα μέσα συσκευασίας (περιέκτες) που κατασκευάζονται αποκλειστικά από αλουμίνιο ή το αλουμίνιο αποτελεί το κυριότερο υλικό κατασκευής του περιέκτη. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι κονσέρβες αλουμινίου, οι φόρμες ζαχαροπλαστικής, τα σωληνάρια αλουμινίου, το οικιακό αλουμινόχαρτο και άλλα. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν προϊόντα στα οποία το αλουμίνιο αποτελεί συμπλήρωμα της κύριας συσκευασίας. Παράδειγμα αποτελούν τα

καπάκια των φιαλών, το κάλυμμα στα κύπελλα γιαουρτιού και φιαλών γάλατος, το φύλλο αλουμινίου στη συσκευασία σοκολάτας και τσίχλας και το αλουμίνιο στις πολύφυλλες και μεταλλιζέ μεμβράνες και άλλα. (Μπλούκας, 2004).

Το αλουμίνιο θεωρείται γενικά ότι είναι ασφαλές για να χρησιμοποιηθεί ως υλικό συσκευασίας. Όμως υπάρχουν κάποιες υποψίες ότι υπερβολική λήψη αλουμινίου από τον άνθρωπο μπορεί να οδηγήσει σε παράνοια. (Ραφαηλίδης, 2005).

Με βάση τις προδιαγραφές του Κώδικα Τροφίμων <<τα αντικείμενα από αλουμίνιο που έρχονται σε επαφή με τα τρόφιμα πρέπει να είναι κατασκευασμένα από καθαρό αλουμίνιο (αργίλιο)>>.

2.2.1.8 Κονσέρβες αλουμινίου

Οι κονσέρβες (κουτιά) αλουμινίου αποτελούν το κυρίαρχο υλικό συσκευασίας για την μπίρα και τα αναψυκτικά εξαιτίας των σημαντικών πλεονεκτημάτων που έχουν. Είναι πολύ ελαφριές. Μια κονσέρβα (κουτί) αλουμινίου με καπάκι τύπου <<209>> ζυγίζει 18 g, ενώ η κονσέρβα λευκοσιδήρου της ίδιας χωρητικότητας ζυγίζει 36,5 g και η αντίστοιχη γυάλινη φιάλη 185 g. Επίσης, εξασφαλίζουν στο προϊόν πλήρη προστασία από παράγοντες του περιβάλλοντος, ανοίγουν εύκολα και παγώνουν πολύ γρήγορα, είναι άθραυστες και ανακυκλώνονται εύκολα. (Μπλούκας, 2004).

2.2.1.9 Φύλλο αλουμινίου

Το αλουμίνιο αποτελεί το μοναδικό μέταλλο το οποίο χρησιμοποιείται στην περιτύλιξη και συσκευασία τροφίμων υπό μορφή λεπτού φύλλου, γνωστό ως φύλλο αλουμινίου (aluminum foil).

Το φύλλο αλουμινίου ως υλικό συσκευασίας παρουσιάζει σημαντικά **πλεονεκτήματα**, τα σπουδαιότερα από τα οποία είναι τα εξής:

- Έχει πολύ ελκυστική εμφάνιση.
- Είναι άοσμο και άγευστο.
- Μπορεί να διπλωθεί σε μόνιμη θέση.
- Αντανακλά τη θερμότητα που προσπίπτει στην επιφάνειά του με ακτινοβολία.
- Είναι αδιαπέραστο στην υγρασία και τα αέρια, εφόσον έχει ορισμένο πάχος.
- Είναι αδιαπέραστο στις πτητικές ουσίες, το φως και τους μικροοργανισμούς.
- Διαθέτει πολύ καλή επιφάνεια για διακόσμηση.
- Είναι ανθεκτικό στη διάβρωση και δεν έχει ανάγκη επικάλυψης με βερνίκι.
- Μπορεί να συνδυαστεί με το χαρτί και τα πλαστικά στο σχηματισμό πολύφυλλων μεμβρανών.
- Έχουν αξία ακόμη και τα απορρίμματά του, επειδή ανακυκλώνονται.

Βασικό **μειονέκτημα** που έχει το φύλλο αλουμινίου ως υλικό συσκευασίας είναι η αδυναμία των συσκευασμένων τροφίμων να θερμανθούν σε φούρνους μικροκυμάτων.

Τα φύλλα αλουμινίου, το πάχος των οποίων δεν ξεπερνά τα 0.152 mm, αποτελούνται κατά κανόνα από αλουμίνιο με καθαρότητα μεγαλύτερη από 99,4%, καθώς και από μικρές προσμίξεις μετάλλων τα οποία προσθέτονται προκειμένου να βελτιώσουν διάφορες ιδιότητες του αλουμινίου, όπως την αντοχή, την ελαστικότητα κ.ά. Τα πολύ λεπτά φύλλα αλουμινίου παρουσιάζουν μικροσκοπικές οπές σε μέγεθος μύτης

καρφίτσας, οι οποίες επιτρέπουν την περιορισμένη διάχυση αερίων και υδρατμών. Όταν το πάχος των φύλλων αλουμινίου ξεπερνά τα 0.03 mm, τότε δεν υπάρχουν μικροσκοπικές οπές. Τα φύλλα αυτά είναι αδιαπέραστα στους υδρατμούς, τα αέρια, τις λιπαρές ουσίες, το φως και στους διάφορους μικροοργανισμούς.

Τα φύλλα αλουμινίου πάχους μέχρι 0.009 mm χρησιμοποιούνται στη συσκευασία βουτύρου και μαργαρίνης και στην περιτύλιξη ζαχαρωδών προϊόντων διαφόρων τυριών και άλλων προϊόντων. Το κοινό αλουμινόχαρτο, που χρησιμοποιείται στη περιτύλιξη διαφόρων προϊόντων έχει πάχος περίπου 0.02 mm. Φύλλα αλουμινίου πάχους 0.05 mm χρησιμοποιούνται στην κατασκευή πωμάτων για γυάλινες φιάλες. Με φύλλα αλουμινίου, πάχους μέχρι 0.12 mm, κατασκευάζονται φόρμες αλουμινίου. Τα φύλλα αλουμινίου με πάχος μεγαλύτερο από 0.015 mm, επειδή θεωρούνται πρακτικά αδιαπέραστα στο φως, την υγρασία και τα αέρια, χρησιμοποιούνται μαζί με το χαρτί και τα εύκαμπτα πλαστικά υλικά στην κατασκευή των πολύφυλλων μεμβρανών (laminates). (Μπλούκας, 2004).

2.3 Διάβρωση

Διάβρωση καλείται κάθε αυθόρμητη ή και εκβιασμένη, ηλεκτροχημική, χημική, ή κατ' επέκταση μηχανική αλλοίωση της επιφάνειας των μετάλλων και των κραμάτων, που οδηγεί σε απώλεια υλικού.

Σύμφωνα με το 2^ο Θερμοδυναμικό Νόμο, όλα τα μέταλλα και κράματα ανεξάρτητα από το αν είναι ευγενή ή παθητικά, εμφανίζουν στην επιφάνειά τους το φαινόμενο της διάβρωσης. Η ταχύτητα εξάπλωσης της διάβρωσης, η ένταση, η έκταση αλλά και ο χρόνος εμφάνισης των αποτελεσμάτων της ποικίλουν σημαντικά και εξαρτώνται από τη φύση του μετάλλου ή του κράματος (δομή, σύσταση, θέση στην ηλεκτροχημική σειρά), το είδος του διαβρωτικού περιβάλλοντος και τέλος από τους διαβρωτικούς παράγοντες που δρουν μέσα σ' αυτό.

2.3.1 Διαβρωτικό περιβάλλον

Το διαβρωτικό περιβάλλον διακρίνεται σε διάφορες κατηγορίες όπως:

- Ατμοσφαιρικός αέρας: Ο ατμοσφαιρικός αέρας διακρίνεται ανάλογα με τη σύστασή του σε αγροτικό, αστικό, θαλάσσιο και βιομηχανικό. Η διαβρωτική του δράση κατά κύριο λόγο οφείλεται στο οξυγόνο και στην υγρασία που περιέχει ενώ αυτή του η δράση αυξάνεται με την παρουσία ρυπαντικών ουσιών (οξειδία του θείου, αζώτου, άνθρακα κλπ.) ή άλλων προσμίξεων (π.χ. κολλοειδή NaCl).
- Νερό: Το νερό όπως και ο ατμοσφαιρικός αέρας διακρίνεται ανάλογα με τη σύσταση του σε γλυκό, αποσταγμένο, θαλασσινό και μεταλλικό νερό. Όλα τα είδη νερού, ακόμη και το αποσταγμένο, αποτελούν διαβρωτικό περιβάλλον, ενώ αυξημένες διαβρωτικές ικανότητες έχει το θαλασσινό νερό. Η διαβρωτική δράση του νερού εξαρτάται από το διαλυμένο οξυγόνο, τα διαλυμένα ή αιωρούμενα σ' αυτό σωματίδια, τη θερμοκρασία και από τους μικροοργανισμούς που περιέχονται σ' αυτό.
- Χημικό περιβάλλον: Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όλες οι χημικές ουσίες χωρίς καμία εξαίρεση, η διαβρωτική δράση των οποίων εξαρτάται από τη χημική τους συγγένεια με τα μέταλλα που έρχονται σε επαφή, από τη θερμοκρασία και πίεση τους κλπ. Γενικά η διαβρωτική ικανότητα των ανόργανων χημικών ουσιών είναι μεγαλύτερη από εκείνη των οργανικών χημικών ουσιών.

2.3.2 Διαβρωτικοί παράγοντες

Η συμπεριφορά του διαβρωτικού περιβάλλοντος στο φαινόμενο της διάβρωσης επηρεάζεται από την παρουσία και το μέγεθος διάφορων διαβρωτικών παραγόντων όπως:

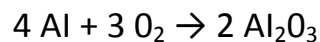
- Οξυγόνο-Οξειδωτικό μέσο: Η επίδραση της προσθήκης οξειδωτικού μέσου ή της παρουσίας οξυγόνου στην ταχύτητα διάβρωσης είναι ένα περίπλοκο φαινόμενο και εξαρτάται τόσο από το μέταλλο που διαβρώνεται όσο και από το διαβρωτικό περιβάλλον. Η ταχύτητα της διάβρωσης μπορεί να αυξάνει με την προσθήκη του οξειδωτικού, το οξειδωτικό μπορεί να μην επιδρά στην ταχύτητα της διάβρωσης ή μπορεί να παρατηρηθεί μια πολύ σύνθετη συμπεριφορά.
- Θερμοκρασία : Γενικά ισχύει ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται η ταχύτητα όλων των χημικών αντιδράσεων, κατ' επέκταση και των δράσεων κατά το φαινόμενο της διάβρωσης. Παράλληλα η θερμοκρασία αποτελεί παράμετρο καθορισμού, του ηλεκτροχημικού δυναμικού στο γαλβανικό στοιχείο, της αγωγιμότητας του διαβρωτικού περιβάλλοντος, της ειδικής αγωγιμότητας των επιφανειακών επιστρωμάτων, του ιξώδους, παραγόντων που καθορίζουν τη διάχυση μέσα στο διάλυμα.
- Συγκέντρωση διαβρωτικού συστατικού: Η επίδραση αυτή εξαρτάται από το είδος του διαβρωτικού συστατικού του περιβάλλοντος και από τον τρόπο διάβρωσης του μετάλλου. Αν δηλαδή το υπό διάβρωση μέταλλο παθητικοποιείται ή όχι στο συγκεκριμένο διαβρωτικό περιβάλλον. Πολλά υλικά που βρίσκονται σε παθητική κατάσταση παρουσιάζουν αμελητέα αύξηση της ταχύτητας διάβρωσης κατά την αύξηση συγκέντρωσης του διαβρωτικού συστατικού.
- ΡΗ : Το pH του διαβρωτικού περιβάλλοντος επηρεάζει την ταχύτητα της διάβρωσης ανάλογα με τη διαλυτότητα του μετάλλου αλλά και των προϊόντων της διάβρωσης σε όξινα ή αλκαλικά διαλύματα. Γενικά ακραίες τιμές pH και διαβρωτικό

περιβάλλον προκαλούν αύξηση της ταχύτητας διάβρωσης μετάλλων, τα οποία βρίσκονται στην ηλεκτροχημική σειρά πάνω από το υδρογόνο. Για τα ευγενή αλλά και για μέταλλα τα οποία βρίσκονται κάτω από το υδρογόνο στην ηλεκτροχημική σειρά η ταχύτητα διάβρωσης θεωρείται ανεξάρτητη από τη μεταβολή του pH.

- Αγωγιμότητα: Η αύξηση της αγωγιμότητας του διαβρωτικού περιβάλλοντος έχει σαν συνέπεια την αύξηση της ταχύτητας διάβρωσης του μετάλλου.

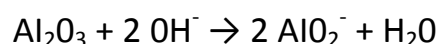
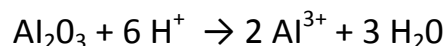
2.3.3 Διάβρωση αλουμινίου

Το αλουμίνιο αν βρεθεί σε διαβρωτικές συνθήκες, υφίσταται μια συνολική διάβρωση σε όλη την επιφάνειά του, η οποία σταματά ή επιβραδύνεται εξαιτίας του σχηματισμού ενός στρώματος οξειδίου



Η μεταλλική στιλπνότητά του χάνεται με την ανάπτυξη του στρώματος του προϊόντος της διάβρωσης. Αυτό δε το ίδιο το στρώμα λειτουργεί πολλές φορές προστατευτικά για το υπόλοιπο μέταλλο.

Το στρώμα αυτό είναι εξαιρετικά λεπτό, αλλά καθιστά το αλουμίνιο τελείως αδρανές στην περιοχή pH μεταξύ 4.0 και 9.0. Σε τιμές pH μικρότερες από 4.0 ή μεγαλύτερες από 9.0 το οξείδιο του αλουμινίου διασπάται σύμφωνα με τις παρακάτω αντιδράσεις:



Κατά συνέπεια, στις περιοχές αυτές pH το οξείδιο του αλουμινίου δεν προβάλλει καμία προστασία στο αλουμίνιο από τη διάβρωση. Οποσδήποτε, δεν υπάρχει κανένα τρόφιμο με pH μεγαλύτερο από 8.0.

Όμως, διάφορα διαλύματα καθαρισμού είναι δυνατόν να έχουν pH μεγαλύτερο από 9.0. Συνεπώς, τα μέσα αυτά καθαρισμού δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό εξοπλισμού ή μέσων συσκευασίας από αλουμίνιο που έρχονται σε επαφή με τα τρόφιμα. (Μπλούκας, 2004).

Απουσία οξυγόνου, όπως στην περίπτωση της συσκευασίας τροφίμων υπό κενό, το οξείδιο του αλουμινίου προοδευτικά απομακρύνεται. Στην περίπτωση αυτή η επιφάνεια του αλουμινίου που ελευθερώνεται παρουσιάζει μειωμένη αντίσταση στη διάβρωση. Μειωμένη αντίσταση στη διάβρωση παρουσιάζει επίσης το αλουμίνιο παρουσία οξαλικών αλάτων τα οποία βρίσκονται στο σπανάκι και σε άλλα τρόφιμα, ενώ τα χλωριούχα άλατα ασκούν έντονη εσωτερική διάβρωση.

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η συσκευασία αλουμινίου παρουσιάζει προβλήματα σε ορισμένα προϊόντα και αλκοολούχα ποτά. Τα προβλήματα αυτά μπορούν να αντιμετωπιστούν με το βερνίκωμα του περιέκτη, όπως στην περίπτωση των κονσερβών λευκοσιδήρου.

2.3.3.1 Γενική διάβρωση

Γενικά η συμπεριφορά στη διάβρωση των κραμάτων αλουμινίου εξαρτάται από τρεις παράγοντες: 1) τη σταθερότητα του λεπτού στρώματος του οξειδίου, 2) το περιβάλλον και 3) τα κραματικά στοιχεία. Οι τρεις αυτοί παράγοντες δεν είναι ανεξάρτητοι ο ένας από τον άλλο.

Το λεπτό στρώμα οξειδίου είναι σταθερό σε τιμές pH μεταξύ 4.5 και 8.5, αλλά επηρεάζεται από την παρουσία διαφόρων ανιόντων και κατιόντων όπως επίσης και H^+ και OH^- , και έτσι το αλουμίνιο μπορεί να διαβρωθεί σε ουδέτερα διαλύματα.

Τα κράματα αλουμινίου έχουν καλή αντοχή στη διάβρωση στις παρακάτω συνθήκες περιβάλλοντος: ατμόσφαιρα, φρέσκο νερό, θαλασσινό νερό, χώμα, τις περισσότερες τροφές και πολλά χημικά.

Είναι σαφές ότι όσο καθαρότερο είναι το αλουμίνιο τόσο μεγαλύτερη αντοχή στη διάβρωση έχει. Πάντως διάφορα στοιχεία εισάγονται σαν κραματικά χωρίς να μειώνουν την αντοχή στη διάβρωση και μερικές φορές την βελτιώνουν. Τα στοιχεία που έχουν μικρή ή μηδενική επίδραση είναι: Sb, Bi, Pb, Si, Ti, Zn. Αυτά δε που επηρεάζουν αρνητικά την αντοχή στη διάβρωση είναι: Cu, Fe, Ni. Η αρνητική επίδραση εξαρτάται από το ποσοστό συμμετοχής του στοιχείου στο κράμα, τη μεταλλουργική κατάσταση του κράματος και από το περιβάλλον στο οποίο εκτίθεται το υλικό.

2.3.3.2 Είδη διάβρωσης

Η διάβρωση ανάλογα με τη μορφή εμφάνισής της και τα αποτελέσματά της διακρίνεται σε διάφορα είδη. Μερικές φορές η διάβρωση συναντάται με μια μορφή αποκλειστικά, αλλά συνήθως εμφανίζεται με παραπάνω από μια μορφές ταυτόχρονα.

- Διάβρωση με οπές
- Περικρυσταλλική διάβρωση
- Διάβρωση λόγω επιβολής τάσεων
- Διάβρωση με αποφλοίωση
- Διάβρωση με ρωγμές ή εσοχές

Η **διάβρωση με οπές** είναι η πιο κοινή μορφή διάβρωσης στα προϊόντα αλουμινίου. Οι οπές δημιουργούνται σε τοπικές ασυνέχειες του λεπτού φιλμ οξειδίου, που εκτίθεται στην ατμόσφαιρα, σε φρέσκο ή θαλασσινό νερό ή και σε άλλους ουδέτερους ηλεκτρολύτες. Το οξείδιο σε έντονα αλκαλικές ή οξειδωτικές συνθήκες είναι ασταθές, έτσι οι οπές αρχίζουν να δημιουργούνται σε ένα εύρος pH από 4,5 έως 9.0. Οι οπές μπορεί να είναι μικρές και συγκεντρωμένες ή να ποικίλουν σε μέγεθος και να είναι ευρέως εξαπλωμένες, κάτι που εξαρτάται από τη σύνθεση του

κράματος, τη ποιότητα του φιλμ του οξειδίου και τη φύση του διαβρωτικού.

Η αντίσταση του αλουμινίου στη διάβρωση κυρίως εξαρτάται από την καθαρότητά του. Όσο πιο καθαρό, τόσο πιο ανθεκτικό. Η παρουσία άλλων κραματικών στοιχείων εκτός από Mn, Mg και Zn, αυξάνει την επιδεκτικότητα σε διάβρωση με οπές. Ο χαλκός και ο σίδηρος έχουν τη μεγαλύτερη αρνητική επίπτωση στην αντοχή στη διάβρωση. Τα επικαλυμμένα με Al (alcad) κράματα έχουν την μεγαλύτερη αντίσταση στη διάβρωση, καθώς η οποιαδήποτε διείσδυση σταματά από την ανοδικότερη επικάλυψη.

Η **περικρυσταλλική διάβρωση** είναι το είδος της διάβρωσης κατά το οποίο το φαινόμενο της διάβρωσης εξελίσσεται στα όρια των κρυστάλλων του μεταλλικού πλέγματος. Η περικρυσταλλική διάβρωση μπορεί να προκληθεί από την ύπαρξη προσμίξεων ή ακαθαρσιών στα όρια των κρυστάλλων, από τον εμπλουτισμό με ένα από τα στοιχεία του κράματος ή με την εξάντληση (μείωση) ενός από τα στοιχεία αυτά στην περιοχή των ορίων των κρυστάλλων. (Παπαστεργιάδης, 1996).

Όσον αφορά τη **διάβρωση με ρωγμές** είναι μία έντονη τοπική διάβρωση που συμβαίνει συχνά στη μεταλλική επιφάνεια που είναι εκτεθειμένη στο διαβρωτικό περιβάλλον με τη μορφή ρηγματώσεων ή εσοχών. Ο τύπος αυτός της προσβολής συνήθως υποβοηθείται από την ύπαρξη πάνω στη μεταλλική επιφάνεια μικρών ποσοτήτων διαβρωτικού περιβάλλοντος. Η **διάβρωση με εσοχές** εξαρτάται και από την επικάλυψη πάνω στη μεταλλική επιφάνεια, άμμου, σκόνης, προϊόντων διάβρωσης ή άλλων στερεών ουσιών, η ύπαρξη των οποίων ευνοεί γενικά την ανάπτυξη αυτού του είδους τη διάβρωση.

2.3.3.3 Έλεγχος της διάβρωσης

Ο σκοπός του ελέγχου διάβρωσης είναι:

- Να επιτρέψουν την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του υλικού κατά τη διάρκεια ζωής του.
- Να καθορίσουν τις ιδιότητες του υλικού όπως η αντοχή σε περικρυσταλλική διάβρωση και σε κατάρρευση με διάβρωση λόγω επιβολής τάσεων.
- Να διευκρινίσουν την προέλευση των αντιδράσεων διάβρωσης.

Συχνά επιταχύνουμε τη διάβρωση ώστε να εξάγουμε συμπεράσματα για τη διάρκεια ζωής εξαρτημάτων. Διάφοροι μέθοδοι χρησιμοποιούνται για να εξετάσουν και να ελέγξουν τη συμπεριφορά διάβρωσης ενός υλικού. Αυτές οι μέθοδοι διαφέρουν ουσιαστικά στο διαβρωτικό περιβάλλον που χρησιμοποιούν. Τα διαβρωτικά μέσα που διαλύουν το στρώμα οξειδίων, όπως τα ισχυρά οξέα και αλκάλια, επιτρέπουν μόνο πολύ περιορισμένα συμπεράσματα. Ο καταλληλότερος έλεγχος δοκιμής διάβρωσης τείνει να είναι έλεγχος με περιβάλλον κοντά σε ουδέτερο pH (μεταξύ 4.5 και 8.5). Τέτοια test δύσκολα διαλύουν το οξείδιο του αλουμινίου, έτσι μπορούν να αναπτυχθούν διάβρωση με οπές και άλλες τοπικές μορφές διάβρωσης. Σε αυτό το λιγότερο επιθετικό περιβάλλον αναδεικνύεται η επίδραση του στρώματος των οξειδίων. Αυτό που επηρεάζει σημαντικά είναι εάν οι πόροι στο στρώμα των οξειδίων θεραπεύονται ή όχι. Αν όχι, το μέταλλο πρέπει να προστατευτεί με τεχνική ενίσχυση του στρώματος των οξειδίων.

2.4 Η παρουσία των νιτρικών ιόντων στη διάβρωση των περιεκτών

2.4.1 Προέλευση

Τα νιτρικά άλατα που ανιχνεύονται στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης πιθανόν να προέρχονται από το υπέδαφος ή από αζωτούχες ενώσεις (λιπάσματα), που φθάνουν μέχρι τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Η παρουσία μεγάλης συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων σε νερό που προέρχεται από μεγάλο βάθος συνηγορεί υπέρ της προέλευσης από ορυκτά. Αν υπάρχουν κάποια ίχνη νιτρικών στο νερό και δεν βρίσκονται άλλες μορφές αζώτου, αμμωνία, νιτρώδη, τότε η ρύπανση χαρακτηρίζεται παλιά. (Δερμοσόνογλου Δημήτριος, 1998)

Τα νιτρικά βρίσκονται στα φρούτα και στα λαχανικά όπου χρησιμοποιούνται κατά κόρο λιπάσματα όπως επίσης και στο νερό ως αποτέλεσμα επιμόλυνσής του με λιπάσματα. Λαχανικά όπως το σπανάκι, τα μαρούλια, τα ραδίκια και τα παντζάρια έχουν βρεθεί πολλές φορές να περιέχουν αρκετές χιλιάδες mg/kg νιτρικών ιόντων. (Ραφαηλίδης, 2005).

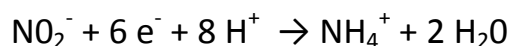
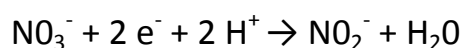
Η παρουσία των νιτρικών ιόντων στα κονσερβοποιημένα τρόφιμα οφείλεται στο νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή των προϊόντων ως πληρωτικό υγρό, στα λαχανικά που περιέχουν νιτρικά άλατα λόγω της αζωτούχου λίπανσης που δέχθηκαν, και την εκούσια προσθήκη νιτρικών κατά την παρασκευή ορισμένων προϊόντων, όπως τα προϊόντα κρέατος. (Μπλούκας, 2004).

Τα νιτρικά άλατα δεν είναι τοξικά για τον άνθρωπο, μετατρέπονται όμως σε νιτρώδη άλατα, τα οποία προκαλούν σοβαρότατα προβλήματα στην υγεία των βρεφών κάτω των τριών μηνών. Τα άλατα αυτά με την επίδραση των βακτηριδίων του πεπτικού συστήματος μετατρέπονται σε νιτρώδη και τα οποία συνδέονται με την αιμοσφαιρίνη, σχηματίζοντας την μεθαιμοσφαιρίνη που προκαλεί διαταραχή της μεταφοράς του οξυγόνου στους ιστούς, κλινικό σύνδρομο της μεθαιμοσφαιρινοπάθειας.

Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης είναι 50 mg/l. Στη βιομηχανία τροφίμων δεν πρέπει να χρησιμοποιείται νερό με συγκεντρώσεις νιτρικών μεγαλύτερες από 5 mg/kg. (Ραφαηλίδης, 2005).

2.4.2 Επίδραση στους περιέκτες

Τα νιτρικά είναι εξαιρετικά αποτελεσματικοί αποπολωτές επειδή είναι σε θέση να αναχθούν μέχρι και σε αμμωνία. Έχουν θεωρηθεί υπεύθυνα για σοβαρά οικονομικά και τοξικολογικά προβλήματα σε κονσερβοποιημένα τρόφιμα, ιδιαίτερα σε τοματοειδή. Αν και , τα νιτρικά και τα νιτρώδη είναι παρόντα ως πρόσθετα σε κρεατοσκευάσματα εν τούτοις δεν παρουσιάζουν κανένα πρόβλημα γιατί το pH του κρέατος είναι πάνω από τη κρίσιμη τιμή 5,5 που προκαλεί διάλυση του κασσιτέρου μέσω του αναγωγικού συστήματος κασσιτέρου-νιτρικών. Έχει βρεθεί ότι η αναγωγή 60 mg νιτρικών μπορεί να προκαλέσει τη διάλυση 470 mg Sn. Για παράδειγμα ένα στρώμα Sn που περιέχει 11,2 g/m² διαλύεται πλήρως μέσα σε 6 μήνες από τομάτες που περιέχουν 100 mg/kg νιτρικών. Τα νιτρικά δρουν ως δέκτες ηλεκτρονίων, αντικαθιστώντας την έκλυση του H₂ με την αναγωγή τους σε νιτρώδη και καθοδήγηση της αντίδρασης προς την διάλυση του Sn. Οι αντιδράσεις αναγωγής που πιστεύεται ότι παίρνουν μέρος είναι οι ακόλουθες:



Οι αντιδράσεις καταδεικνύουν ότι ο ρυθμός διάλυσης του Sn εξαρτάται από τη συγκέντρωση των νιτρικών και το pH. Τα νιτρικά δεν επηρεάζουν αμέσως την ταχύτητα διάβρωσης αλλά αρχίζουν να δρουν από τη στιγμή που τα ιόντα του Fe και του Sn έχουν διαχυθεί στο διάλυμα. Αν και το ιόν αμμώνιο είναι το μείζων προϊόν σε τιμή pH =5, πάνω από αυτό το pH σχηματίζονται άλλα προϊόντα όπως N₂O, NO και υδροξυλαμίνη. Η παρουσία του οξυγόνου στον περιέκτη κατά τη διάρκεια της κατεργασίας

πυροδοτεί την αντίδραση νιτρικών-Sn αυξάνοντας τη ταχύτητα σχηματισμού των ιόντων Sn. Το πρόβλημα μπορεί να ξεπεραστεί με τη χρήση ποικιλιών που δεν συσσωρεύουν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών. Οπωσδήποτε όμως δεν πρέπει να χρησιμοποιείται νερό με συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 5 mg/kg για να μην επιβαρύνεται το σύστημα. Τέλος η χρήση βερνικωμένων περιεκτών πιθανώς αποτελεί την πλέον ενδεδειγμένη λύση. (Ραφαηλίδης, 2005).

2.6 Αναψυκτικά

Τα αναψυκτικά εμφανίσθηκαν κατά το 17^ο αιώνα ως μίγμα νερού και χυμού λεμονιών στο οποίο είχε προστεθεί μέλι ως γλυκαντική ουσία. Ο τίτλος του πατέρα της βιομηχανίας αναψυκτικών έχει αποδοθεί στον Joseph Priestley λόγω της ανακάλυψης μιας συσκευής για την προσθήκη διοξειδίου του άνθρακα στο νερό στα 1772. Ο όρος αναψυκτικά αφορά όλα τα μη αλκοολούχα ποτά αλλά συνήθως ο καφές, το τσάι και τα γαλακτοκομικά προϊόντα εξαιρούνται. Σήμερα, τα αναψυκτικά καταλαμβάνουν ένα σημαντικό ποσοστό των υγρών που καταναλώνονται από τον άνθρωπο με αυξητικές τάσεις κάθε χρόνο. (Αρβανιτογιάννης, 2007).

Τα κυριότερα υλικά που χρησιμοποιεί η βιομηχανία αναψυκτικών είναι:

- Νερό.
- Διοξείδιο του άνθρακα.
- Ζάχαρη ή άλλες γλυκαντικές ουσίες.
- Αρωματικές ουσίες.
- Συντηρητικά.
- Ρυθμιστές οξύτητας.

Το 90% του όγκου του ποτού είναι **νερό**. Είναι απαραίτητο το νερό που χρησιμοποιείται να είναι κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση.

Στα περισσότερα ποτά η ποσότητα του **διοξειδίου του άνθρακα** που προστίθεται είναι περίπου 1,5-4 φορές πολλαπλάσια του όγκου του υγρού. Η διαδικασία της προσθήκης του διοξειδίου του άνθρακα επιτυγχάνεται με την άμεση επαφή του υγρού με το αέριο CO₂, ψύξη του υγρού εφόσον η διαλυτότητα του CO₂ στο νερό αυξάνεται με τη μείωση της θερμοκρασίας και τέλος με την εφαρμογή επιπλέον πίεσης, διοχετεύεται μεγαλύτερη ποσότητα CO₂ στο διάλυμα. Στην πράξη, το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να προστεθεί σε ολόκληρο το μίγμα ή μόνο στο νερό που χρησιμοποιείται και αργότερα το ανθρακούχο πλέον νερό να αναμειχθεί με το υπόλοιπο υγρό. Οι δυο τεχνικές έχουν παρόμοια αποτελέσματα.

Η **ζάχαρη** είναι κύριο συστατικό στα περισσότερα αναψυκτικά. Η βιομηχανία αναψυκτικών χρησιμοποιεί τόσο τη ζάχαρη που προέρχεται από τεύτλα όσο και τη ζάχαρη που προέρχεται από τα ζαχαροκάλαμα. Οι **γλυκαντικές ουσίες** χρησιμοποιούνται ως υποκατάστατα της ζάχαρης για να μειώσουν το επίπεδό της στα αναψυκτικά χωρίς ταυτόχρονα να επηρεαστεί η γλυκύτητα του προϊόντος. Οι **αρωματικές ουσίες** χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση της γεύσης και του αρώματος των αναψυκτικών. Τα αρωματικά υλικά μπορούν να είναι φυσικά ή συνθετικά παρασκευασμένα. Ορισμένα ανθρακούχα ποτά, ειδικά εκείνα με χαμηλό pH, μπορούν να συντηρηθούν ικανοποιητικά χωρίς **συντηρητικά**. Σε άλλα αναψυκτικά όμως, όπως εκείνα που περιέχουν φρούτα, η χρήση χημικών συντηρητικών, όπως το βενζοϊκό ή το σορβικό οξύ κρίνεται απαραίτητη. Οι **ρυθμιστές οξύτητας** αποτελούν σημαντικά συστατικά του τελικού προϊόντος. Το πιο συνηθισμένο από αυτά είναι το κιτρικό οξύ, το οποίο μπορεί να παραληφθεί είτε στην άνυδρη μορφή είτε με ένα μόριο νερού. Το φωσφορικό οξύ χρησιμοποιείται στα αναψυκτικά τύπου κόλα ενώ τα μηλικό, γαλακτικό, τρυγικό και οξικό οξύ είναι πιο σπάνια στη χρήση τους.

3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο σκοπός της εργασίας ήταν:

- Η επιλογή του διαλύματος και των επιπέδων της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων, μέσω βιβλιογραφίας και προκαταρκτικών δοκιμών, ώστε να υπάρχουν διαφοροποιημένα αποτελέσματα και να εξαχθούν ικανοποιητικά συμπεράσματα.
- Η επίδραση του διαβρωτικού περιβάλλοντος στην επιφάνεια του αλουμινένιου περιέκτη διατηρώντας σταθερές τις άλλες παραμέτρους και μεταβάλλοντας μόνο την συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων.
- Η μέτρηση της απώλειας βάρους των δοκιμίων και της τιμής ΡΗ του διαβρωτικού περιβάλλοντος.
- Η μελέτη της επιφάνειας των διαβρωμένων περιεκτών εφαρμόζοντας περίθλαση ακτίνων Χ (XRD), χρησιμοποιώντας οπτικό και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM) και εφαρμόζοντας στοιχειακή μικροανάλυση (EDS).
- Η εξαγωγή τεκμηριωμένων και χρήσιμων συμπερασμάτων

4. Πειραματικό μέρος

4.1 Υλικά και μέθοδοι

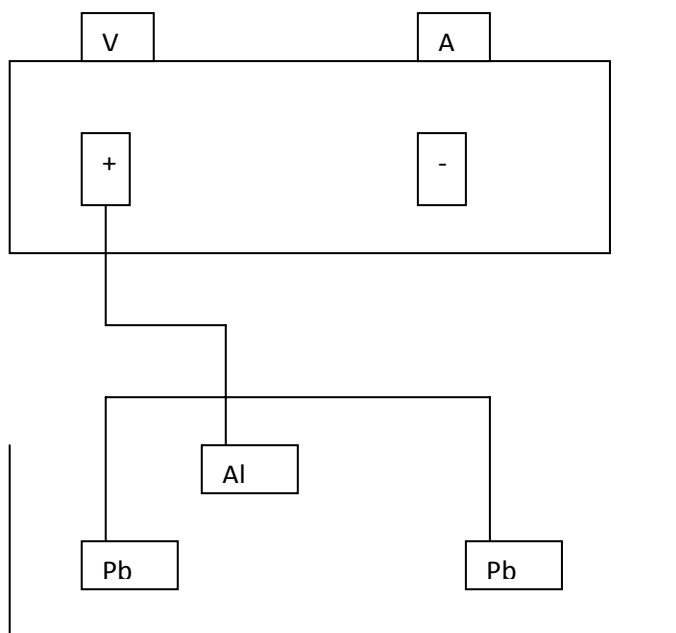
- Έλασμα αλουμινίου καθαρότητας 99,9% w/w
- Ζάχαρη εμπορίου με αναλογία 9% w/v
- Κιτρικό οξύ εμπορίου με αναλογία 1% w/v
- Νιτρικό νάτριο εμπορίου

4.2 Διατάξεις και συσκευές

4.2.1 Διάταξη επιταχυνόμενης διάβρωσης του μεταλλικού υλικού.

Τη διάταξη επιταχυνόμενης διάβρωσης τη χρησιμοποιούμε για να

πετύχουμε τη διάβρωση σε όσο το δυνατόν μικρότερο χρονικό διάστημα. Η διάταξη που χρησιμοποιείται για την επιταχυνόμενη διάβρωση των δοκιμίων παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα και περιλαμβάνει



Σχήμα 1. Διάταξη επιταχυνόμενης διάβρωσης

1) Τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος σταθερής έντασης

30 mA/cm². Στο τροφοδοτικό υπάρχει συνδεδεμένο ένα βολτάμετρο, ένα αμπερόμετρο ακριβείας και δύο διακόπτες ,ένας για τη ρύθμιση της έντασης του ρεύματος και ένας για την λειτουργία ή τη διακοπή του ηλεκτρικού κυκλώματος.

2) Κελί διάβρωσης, το οποίο περιλαμβάνει το λουτρό ηλεκτρόλυσης και τα ηλεκτρόδια (άνοδο, κάθοδο).

3) Λουτρό ηλεκτρόλυσης, το οποίο αποτελείται από σακχαροδιάλυμα με τις ανάλογες περιεκτικότητες κιτρικού οξέος και νιτρικών ιόντων(κάνει το λουτρό αγώγιμο).Από το λουτρό ηλεκτρόλυσης απομακρύνθηκε το διαλυμένο οξυγόνο και η διάβρωση έγινε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

4) Ηλεκτρόδια: υπάρχουν το δοκίμιο του μετάλλου το οποίο αποτελεί την άνοδο και δύο αδρανή ηλεκτρόδια μόλυβδου που αποτελούν την κάθοδο μεταξύ των οποίων τοποθετείται το προς οξείδωση δοκίμιο. Η επιφάνεια των καθοδικών ηλεκτροδίων είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με την επιφάνεια των ανοδικών δοκιμίων για να εξασφαλιστεί ομοιόμορφα ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ των ηλεκτροδίων και ομοιόμορφος σχηματισμός του οξειδίου στην επιφάνεια αλουμινίου.

4.3 Συσκευές εξέτασης των διαβρωμένων δοκιμίων.

- Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης της εταιρείας Carl Zeiss,model EVO 50 XVP με δυνατότητα λειτουργίας τόσο σε υψηλό κενό όσο και σε μεταβλητή πίεση, με διακριτική ικανότητα μέχρι 2,0 nm εξοπλισμένο με συσκευή στοιχειακής μικροανάλυσης ακτινών Χ(EDS) της εταιρείας Bluker AXS,model Quantox 200.
- Περιθλασίμετρο ακτινών Χ, της εταιρείας Panalytical,model XPert

Pro MPD, εξοπλισμένο με θερμαινόμενη τράπεζα δειγματοφορέα για την μελέτη των μεταπτώσεων κατά την ανάλυση φάσεων σε συνάρτηση με την θέρμανση του δείγματος.

- Οπτικό μικροσκόπιο της εταιρείας Zeiss, model Axion Stor, με προσαρμοσμένη φωτογραφική μηχανή.

4.4 Πειραματική διαδικασία.

Ο σκοπός του πειράματος είναι να μελετηθεί η επίδραση των νιτρικών ιόντων σε ένα υλικό στη διάβρωση κράματος Al1100 (καθαρότητας 99,9% w/w Al) σε ζαχαροδιάλυμα 9% w/v παρουσία κιτρικού οξέως 1‰ w/v το οποίο διάλυμα αποτελεί τυπικό διάλυμα αναψυκτικών στη βιομηχανία τροφίμων.

Ο όγκος του διαβρωτικού περιβάλλοντος για κάθε μέτρηση είναι 1000ml και οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων, στις οποίες μελετήθηκε η διάβρωση του υλικού είναι 0,10,50 και 100ppm.

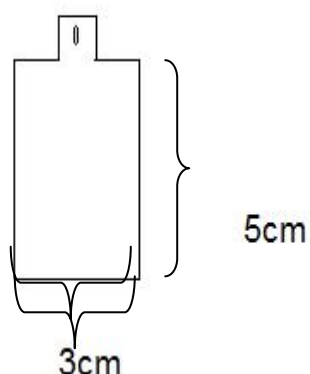
4.4.1 Προετοιμασία δοκιμίου

4.4.2 Δοκίμια

Τα δοκίμια που χρησιμοποιήσαμε στο πειραματικό μέρος της

πτυχιακής εργασίας έχουν συνολική επιφάνεια 30 cm^2 , με διεύθυνση κοπής παράλληλη προς τη διεύθυνση εξέλασης του ελάσματος.

Στο σχήμα δίνεται η μορφή και οι διαστάσεις των αλουμινένιων δοκιμίων, τα οποία χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροχημική μελέτη της διάβρωσης.



Σχήμα 2. Αλουμινένιο δοκίμιο

1. Κοπή του αλουμινίου σε δοκίμια με διαστάσεις 5cm που είναι το ύψος και 3cm που είναι το πλάτος.
2. Καθαρισμός των αλουμινένιων δοκιμίων αρχικά με απιονισμένο νερό και εν συνεχεία με ακετόνη, για να απομακρύνουμε τις ακαθαρσίες που υπάρχουν στο μέταλλο.
3. Ζυγίζουμε κάθε φορά ένα αλουμινένιο δοκίμιο και καταγράφουμε το αρχικό του βάρος.

4. Μονώνουμε με ταινία Teflon πολύ καλά το δοκίμιο, λίγο πριν το εμβαπτίσουμε στο λουτρό ηλεκτρόλυσης.

4.4.3 Στάδια πειράματος

1. Μετράμε το αρχικό pH του διαλύματος και καταγράφουμε την τιμή.
2. Καταγράφουμε το βάρος του δοκιμίου που επρόκειτο να διαβρωθεί.
3. Τοποθετούμε στο λουτρό ηλεκτρόλυσης το διάλυμα και μετά το μονωμένο δοκίμιο.
4. Θέτουμε σε λειτουργία την συσκευή διάταξης της ανοδικής οξειδωσης για 24 ώρες.
5. Μετά το 24ωρο βγάζουμε από το λουτρό ηλεκτρόλυσης το διαβρωμένο δοκίμιο, το ξεπλένουμε με άφθονο απιονισμένο νερό το σκουπίζουμε καλά και το τοποθετούμε στον ξηραντήρα για μια μέρα.
6. Μετράμε το τελικό pH του διαλύματος και καταγράφουμε την μέτρηση.
7. Παίρνουμε και το τελικό βάρος του διαβρωμένου δοκιμίου.

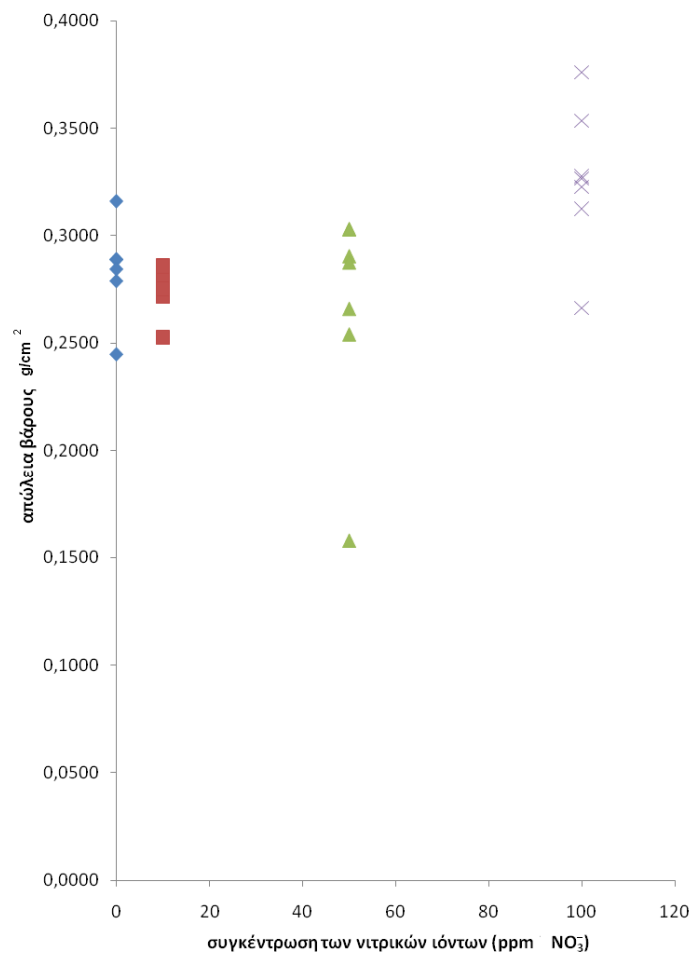
Σημείωση: η διαδικασία επαναλαμβάνεται έξι φορές για κάθε τιμή συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Απώλεια βάρους δοκιμών και μετρήσεις pH

Πίνακας 2. ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

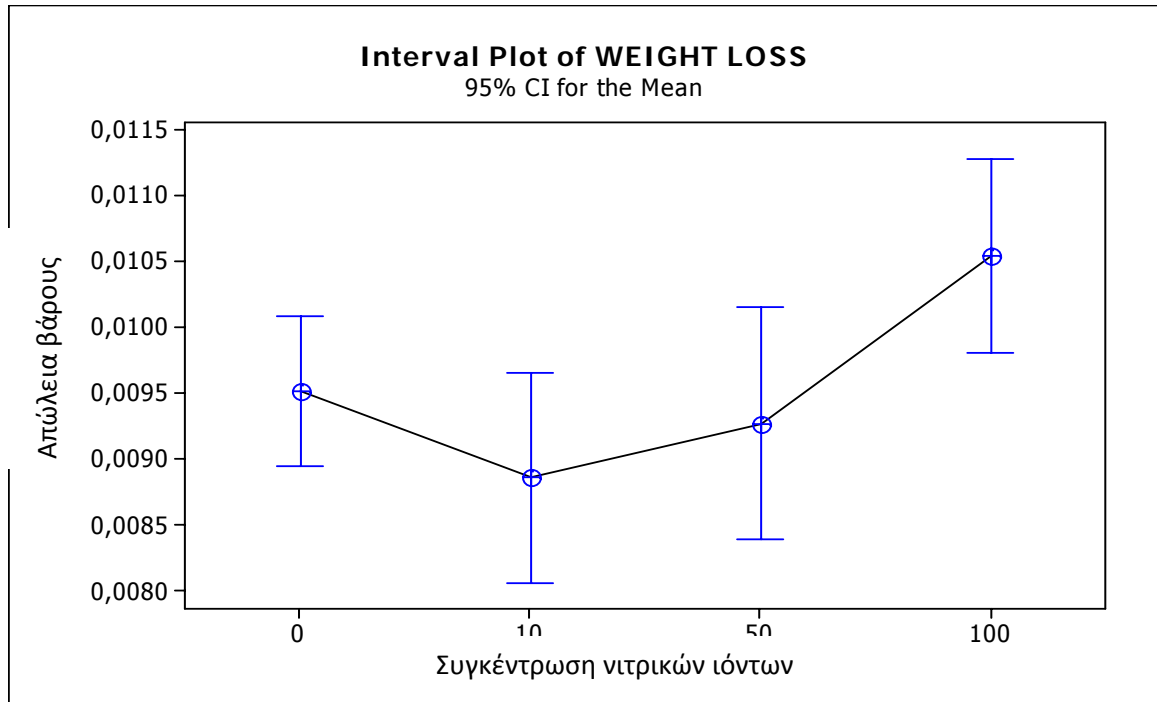
ΣΥΝΘΗΚΕΣ NO ₃ ⁻ (ppm)	ΔΟΚΙΜΙΑ						Μ.Ο
	1	2	3	4	5	6	
0	0,2450	0,3160	0,2890	0,2890	0,2890	0,2790	0,2845
10	0,2528	0,2741	0,2717	0,2860	0,2810	0,2856	0,2752
50	0,3029	0,3030	0,2540	0,1576	0,2904	0,2875	0,2659
100	0,3126	0,2664	0,3535	0,3277	0,3760	0,3226	0,3265



Σχήμα 3. Απώλεια βάρους των δοκιμών

Minitab Project

Report

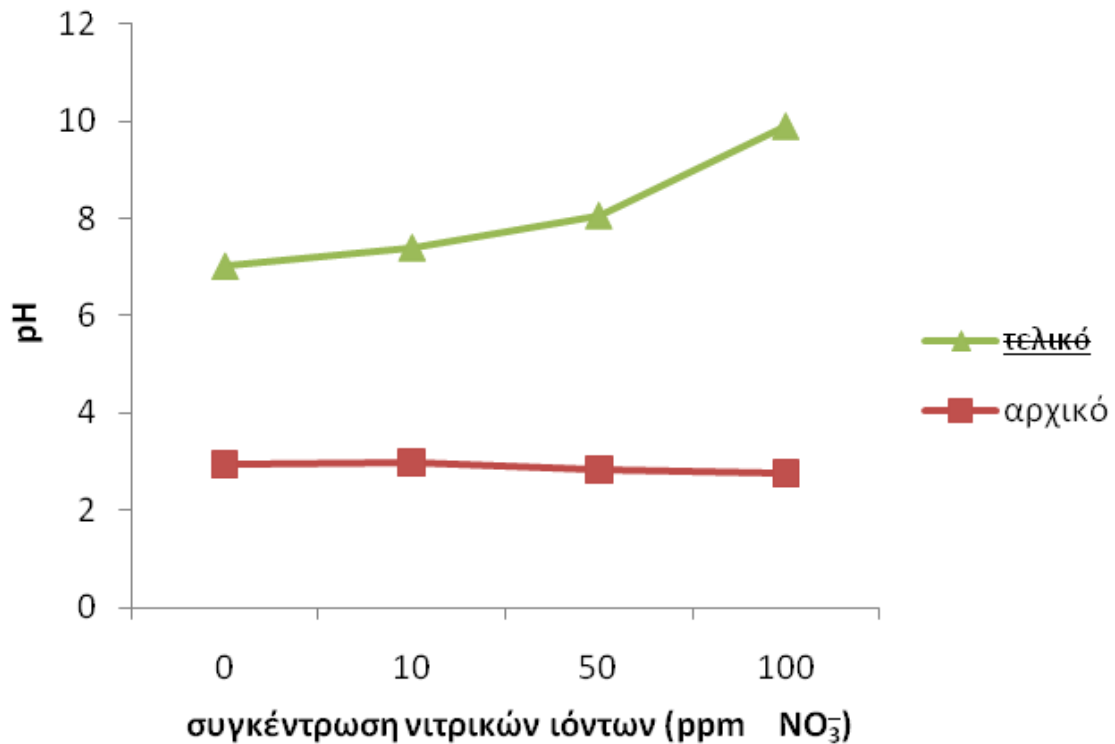


Σχήμα 4. Απώλεια βάρους δοκιμίων με το 95% διάστημα εμπιστοσύνης

Από τον στατιστικό έλεγχο που έγινε στο Minitab Project Report (σχήμα 4) παρατηρούμε ότι για τις συγκεντρώσεις 0,10 και 50 ppm νιτρικών ιόντων δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές απώλειας βάρους των διαβρωμένων δοκιμίων από αλουμίνιο. Όσο αναφορά την συγκέντρωση των 100ppm νιτρικών ιόντων, στο διάγραμμα φαίνεται πολύ καθαρά ότι μόνο στην συγκεκριμένη συνθήκη υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά απώλειας βάρους των δοκιμίων σε αντίθεση με τις υπόλοιπες συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων όπου οι απώλειες βάρους των δοκιμίων είναι σχεδόν οι ίδιες.

ΔΙΑΒ.ΠΕΡ	pH											
	1		2		3		4		5		6	
NO ₃ ⁻ (ppm)	ΑΡΧ	ΤΕΛ	ΑΡΧ	ΤΕΛ	ΑΡΧ	ΤΕΛ	ΑΡΧ	ΤΕΛ	ΑΡΧ	ΤΕΛ	ΑΡΧ	ΤΕΛ
0	3.62	3.78	2.81	4.33	2.80	3.75	2.78	4.00	2.83	4.29	2.82	4.33
10	3.03	3.84	2.78	3.96	2.82	4.69	2.77	4.65	2.82	4.60	2.74	4.74
50	2.82	5.42	2.84	6.41	2.80	5.43	2.85	3.40	2.77	5.72	2.93	4.93
100	2.77	6.57	2.79	5.75	2.79	6.40	2.76	7.59	2.75	8.51	2.73	7.91

Πίνακας 3.

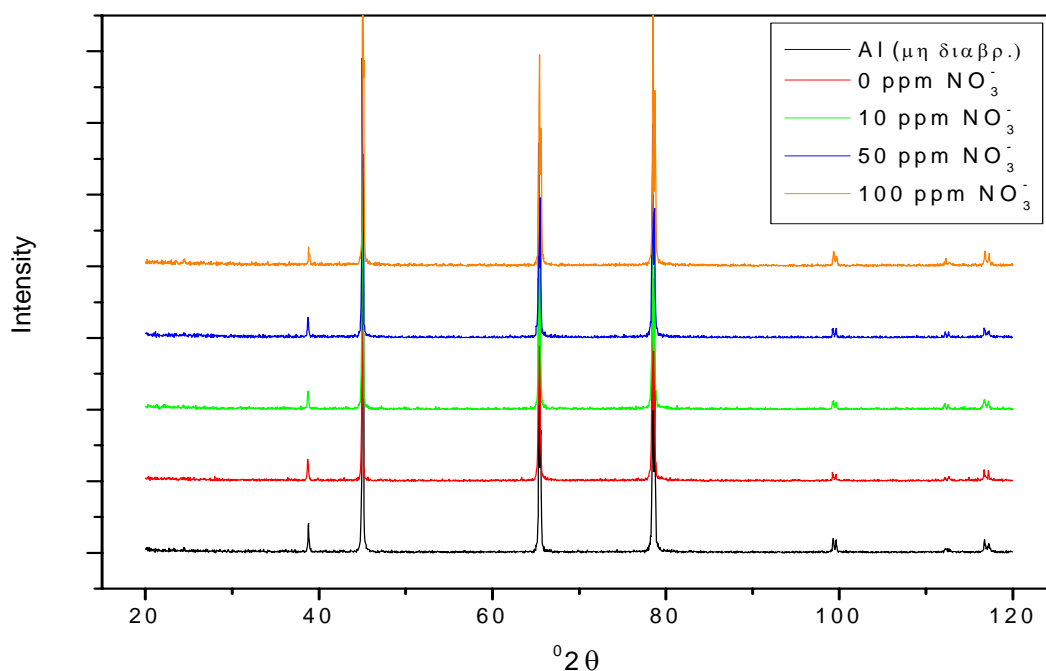


Σχήμα 5. Μεταβολές του pH των δοκιμίων σε σχέση με τις συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων

Παρατηρούμε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων τόσο το pH αυξάνεται και το διαβρωτικό περιβάλλον γίνεται πιο αλκαλικό.

5.2 Μελέτη της επιφάνειας των διαβρωμένων περιεκτών εφαρμόζοντας την περίθλαση ακτίνων Χ (XRD).

Η εξέταση με τη βοήθεια της περίθλασης ακτίνων Χ των διαβρωμένων περιεκτών στις διάφορες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων όπως επίσης και του μη διαβρωμένου περιέκτη παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6 . Διάγραμμα περίθλασης ακτίνων X , μη διαβρωμένου περιέκτη Al, όπως και τα αντίστοιχα διαβρωμένα στις διάφορες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων.

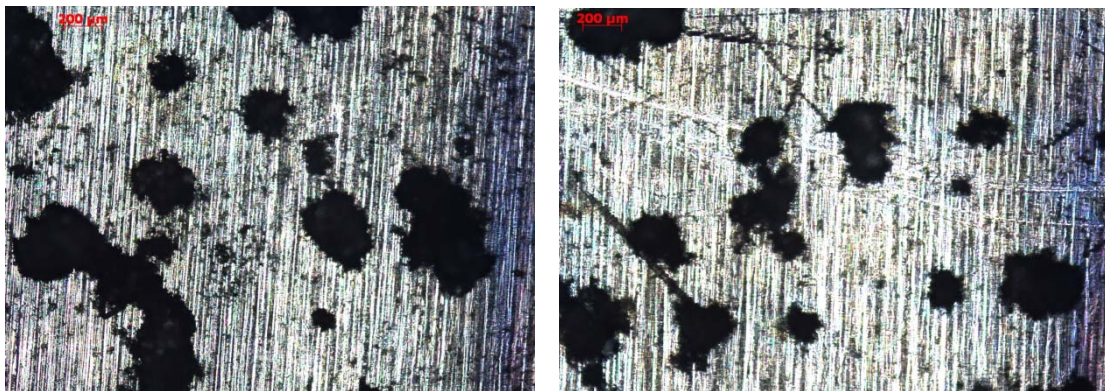
Από την εξέταση των ακτινογραμμάτων αυτών προκύπτει ότι τόσο η θέση όσο και η ένταση των κορυφών στους διαβρωμένους περιέκτες ταυτίζεται με τις αντίστοιχες του μη διαβρωμένου περιέκτη. Αυτό δηλώνει ότι τα προϊόντα διάβρωσης που δημιουργούνται είτε απομακρύνονται κατά κύριο λόγο από την επιφάνεια του περιέκτη προς το διαβρωμένο περιβάλλον που είναι το σακχαροδιάλυμα , ειδικά χωρίς την παρουσία νιτρικών ιόντων, είτε οι αποθέσεις, όπως προκύπτει με την εφαρμογή και άλλων μεθόδων εξέτασης της επιφάνειας του περιέκτη , δεν εμφανίζουν κρυσταλλική δομή όπως για , π.χ. ζελατινοποιημένο $\text{Al}(\text{OH})_3$, που δημιουργείται παρουσία των μεγαλύτερων συγκεντρώσεων 50 και 100 ppm νιτρικών ιόντων στο διαβρωμένο περιβάλλον.(Zaki Ahmad,2001). Η εξέταση των διαβρωμένων επιφανειών με την τεχνική της περίθλασης ακτίνων X δεν οδηγεί σε συμπεράσματα για την ένταση και έκταση της διάβρωσης σε σχέση με τη

διαφοροποίηση του διαβρωτικού περιβάλλοντος , δηλαδή την συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων.

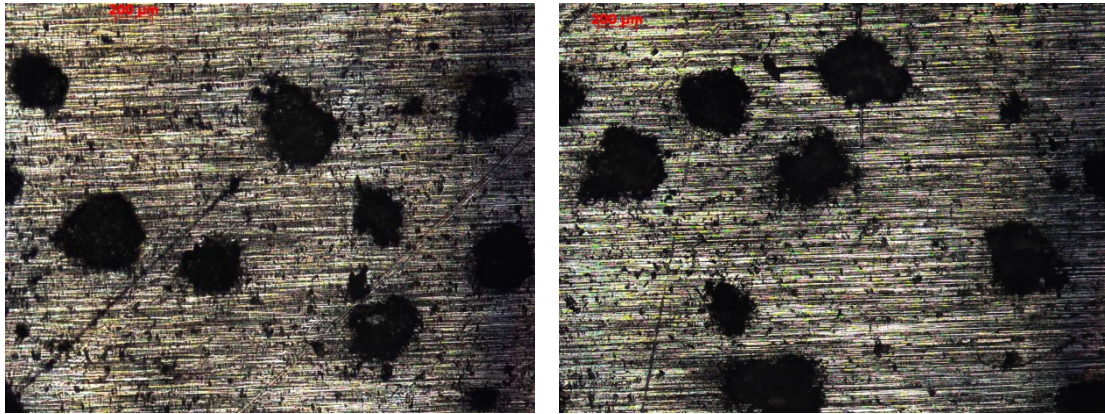
5.3 Εξέταση της επιφάνειας των διαβρωμένων περιεκτών χρησιμοποιώντας οπτικό και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM).

5.3.1 Οπτικό μικροσκόπιο

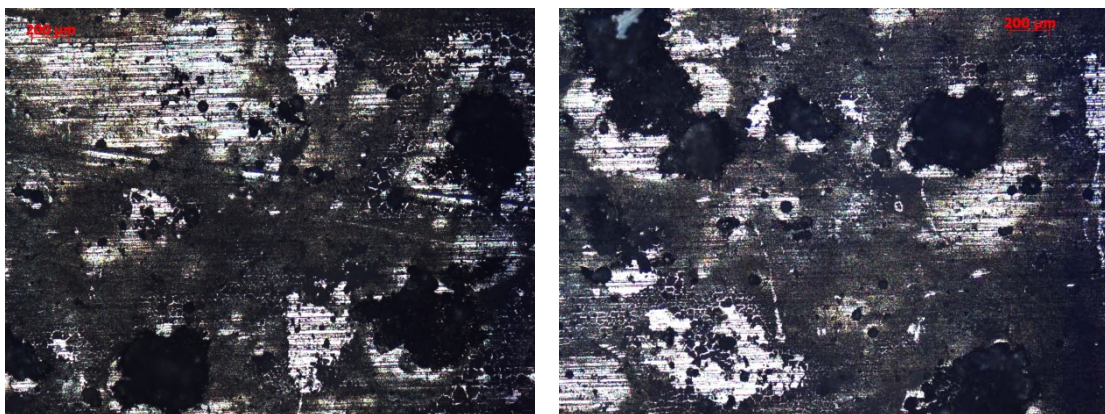
Η εξέταση της επιφάνειας των διαβρωμένων περιεκτών με τη βοήθεια οπτικού μικροσκοπίου για τα διαφορετικά διαβρωτικά περιβάλλοντα παρουσιάζεται στα επόμενα σχήματα.



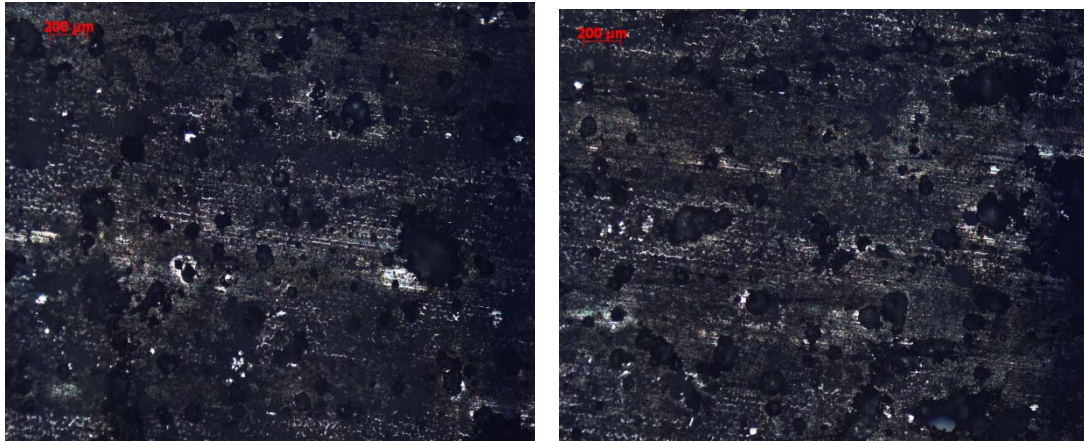
Σχήμα 7 : Επιφάνεια διαβρωμένου περιέκτη ΑΙ σε διαβρωτικό περιβάλλον σακχαροδιαλύματος 9 Brix, χωρίς την παρουσία νιτρικών ιόντων, όπως αυτή παρουσιάζεται στο οπτικό μικροσκόπιο.



Σχήμα 8 : Επιφάνεια διαβρωμένου περιέκτη Al σε διαβρωτικό περιβάλλον σακχαροδιαλύματος 9 Brix, παρουσία νιτρικών ιόντων συγκέντρωσης 10 ppm, όπως αυτή παρουσιάζεται στο οπτικό μικροσκόπιο.



Σχήμα 9 : Επιφάνεια διαβρωμένου περιέκτη Al σε διαβρωτικό περιβάλλον σακχαροδιαλύματος 9 Brix, παρουσία νιτρικών ιόντων συγκέντρωσης 50 ppm, όπως αυτή παρουσιάζεται στο οπτικό μικροσκόπιο.

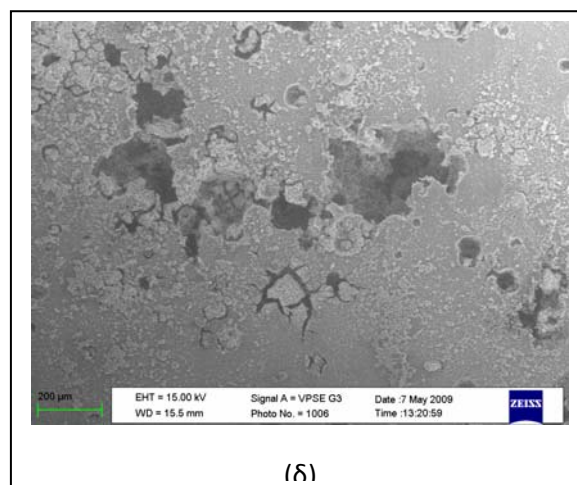
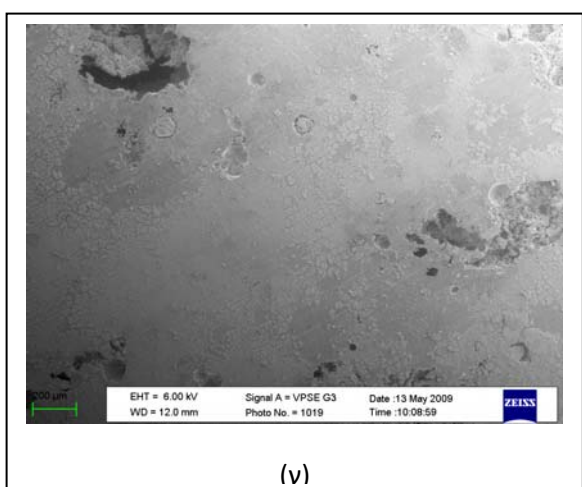
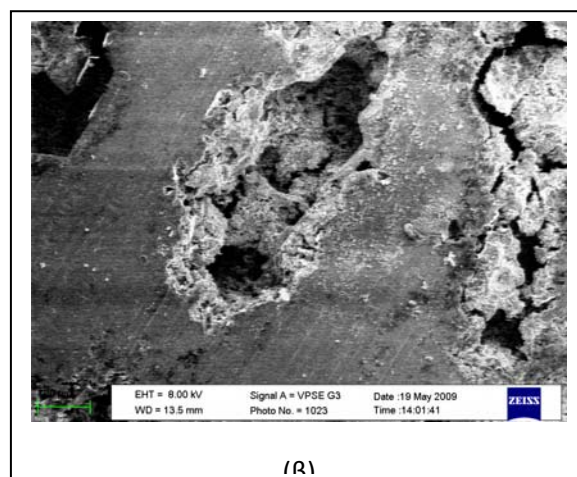
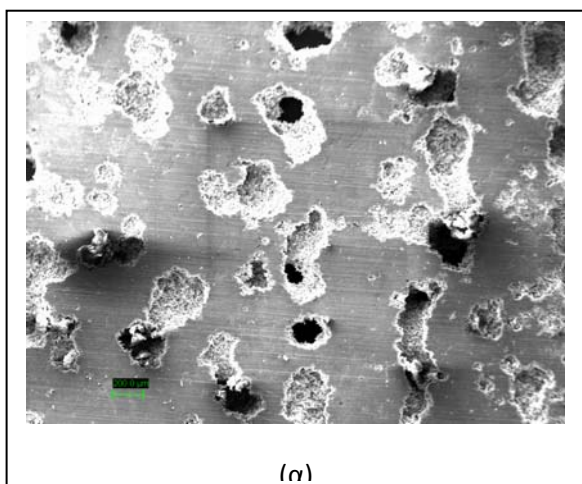


Σχήμα 10 : Επιφάνεια διαβρωμένου περιέκτη Al σε διαβρωτικό περιβάλλον σακχαροδιαλύματος 9 Brix, παρουσία νιτρικών ιόντων συγκέντρωσης 100 ppm, όπως αυτή παρουσιάζεται στο οπτικό μικροσκόπιο.

Αρχικά για όλες τις συνθήκες διάβρωσης φαίνεται ότι το είδος της διάβρωσης που υφίσταται ο περιέκτης είναι τοπική διάβρωση με εσοχές. Ο αριθμός και το μέγεθος των εσοχών φαίνεται ότι αυξάνει με την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων. Οι εικόνες αυτές παρόλο που αποτελούν ποιοτικές ενδείξεις συμπεριφοράς του περιέκτη δείχνουν ότι η ένταση του φαινομένου της διάβρωσης είναι πολύ πιο έντονη στη μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων που είναι τα 100 ppm.

5.4 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης

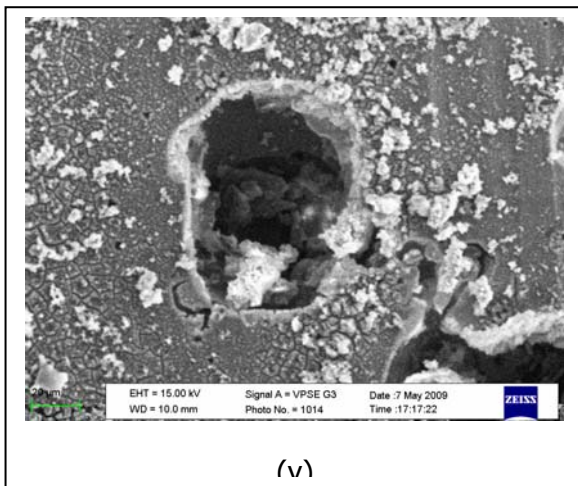
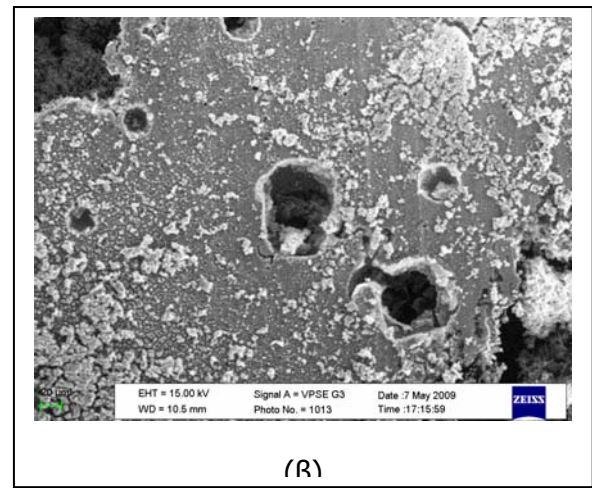
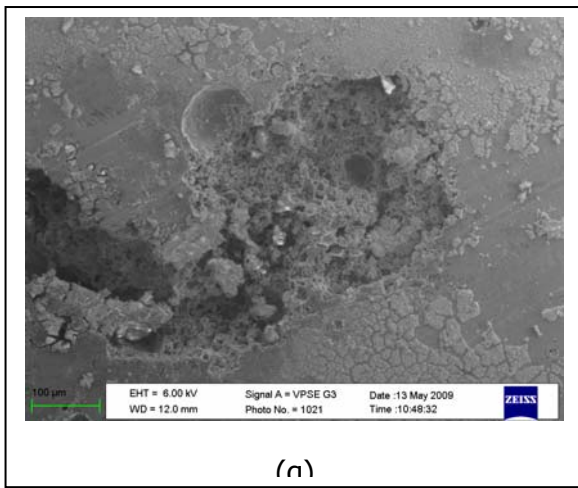
Η επιφάνεια των διαβρωμένων περιεκτών μελετήθηκε και με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM) (σχήμα 11) όπου επίσης φαίνεται ότι το φαινόμενο έχει τοπικό χαρακτήρα. Οι εσοχές που δημιουργούνται στην επιφάνεια του περιέκτη φανερώνουν την τοπική διάβρωση του και οι οποίες εξελίσσονται τόσο σε βάθος όσο και σε πλάτος με την παρουσία νιτρικών ιόντων.



Σχήμα 11 . Επιφάνεια διαβρωμένου περιέκτη στις διαφορετικές συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων, (α) 0ppm, (β) 10ppm, (γ) 50ppm, και (δ) 100ppm σε διαβρωτικό περιβάλλον σακχαροδιαλύματος 9 Brix, όπως αυτή παρουσιάζεται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.

Στην επιφάνεια των περιεκτών που διαβρώνονται παρουσία νιτρικών ιόντων 50 και 100 ppm όπως φαίνεται στο σχήμα Γ και Δ αντίστοιχα παρατηρείται δημιουργία και απόθεση προϊόντων διάβρωσης τα οποία δεν απομακρύνονται με τον καθαρισμό της επιφάνειας του περιέκτη όπως αυτή αναφέρεται και ακολουθείται στη πειραματική διαδικασία μετά το τέλος της διάβρωσης του και της απομάκρυνσης του από το διαβρωτικό περιβάλλον. Έχει βρεθεί βιβλιογραφικά ότι οι αποθέσεις αυτές προϊόντων διάβρωσης οφείλονται στο $Al(OH)_3$ που δημιουργείται σε αυτά τα έντονα διαβρωτικά περιβάλλοντα. .(Zaki Ahmad,2001)

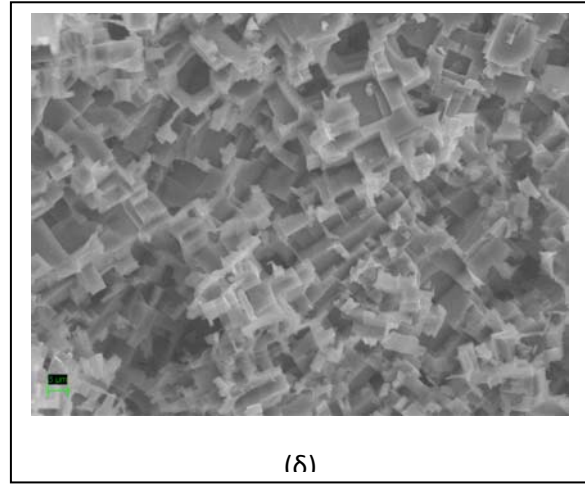
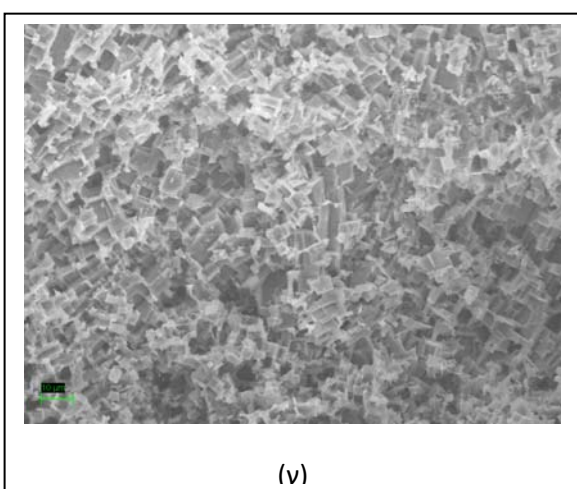
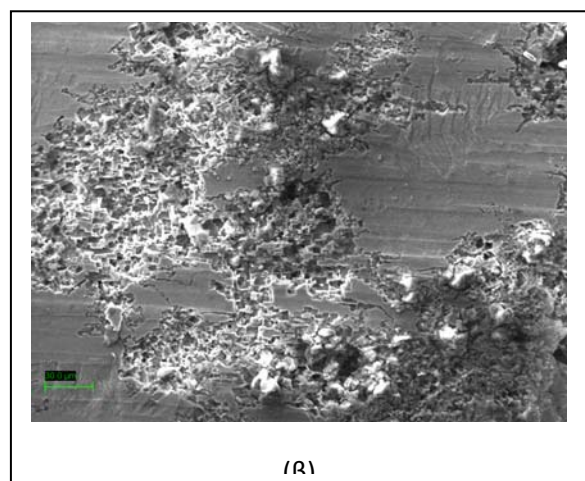
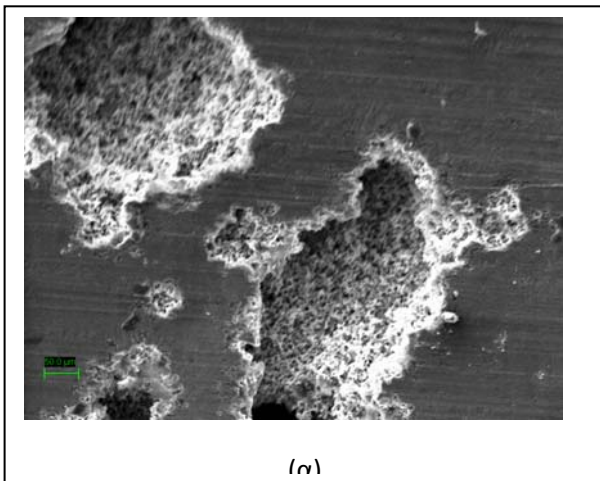
Στο Σχήμα 12. παρουσιάζονται αυτές οι επιφανειακές αποθέσεις με μεγαλύτερη ευκρίνεια. Επίσης παρατηρούνται ρηγματώσεις πάνω σε αυτές της αποθέσεις που φανερώνουν ότι δεν είναι συνεκτικές και ότι είναι ποσοτικά μεγαλύτερες και ότι είναι ποσοτικά αυξημένες στη περίπτωση των νιτρικών ιόντων στη περίπτωση της μεγαλύτερης συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων.

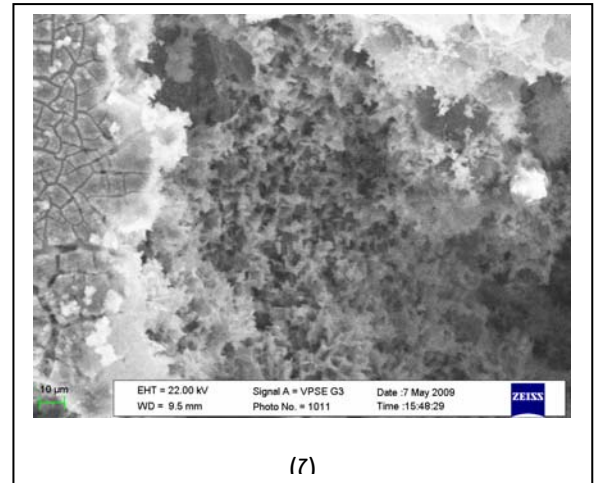
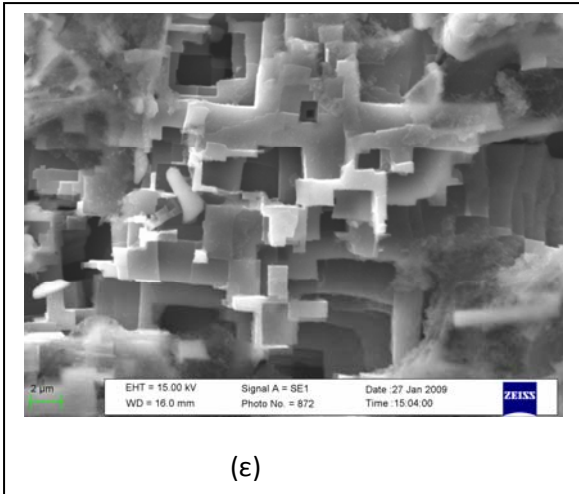


Σχήμα 12 . Επιφανειακή απόθεση ζελατινοειδούς $Al(OH)_3$ ως προϊόν διάβρωσης του περιέκτη στις σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων, (α) 50ppm και (β) -(γ) 100ppm σε διαβρωτικό περιβάλλον σακχαροδιαλύματος 9 Brix, όπως αυτές παρουσιάζονται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης,

Με τη βοήθεια ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης μελετήθηκε επίσης το εσωτερικό των εσοχών με στόχο να διευκρινιστεί η απομάκρυνση του

μετάλλου από τον περιέκτη. Στο σχήμα 13 παρουσιάζονται εικόνες από το εσωτερικό των εσοχών που δημιουργήθηκαν κατά τη διάβρωση του περιέκτη. Ανεξάρτητα από την συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων οι εσοχές που δημιουργούνται φανερώνουν τη περικρυσταλλική διάβρωση του αλουμινίου του οποίου το κρυσταλλικό πλέγμα είναι κυβικό. Η απομάκρυνση αυτή των κρυστάλλων του Al είναι πολύ χαρακτηριστική σε μεγαλύτερες μεγεθύνσεις όπως αυτή που παρουσιάζεται στο σχήμα 13-ε.

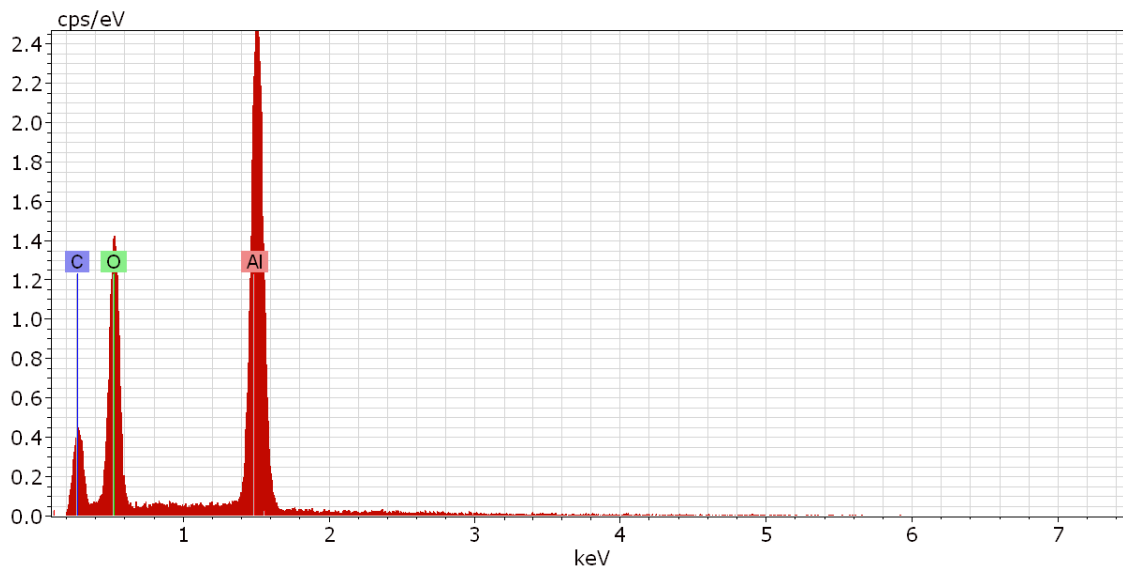




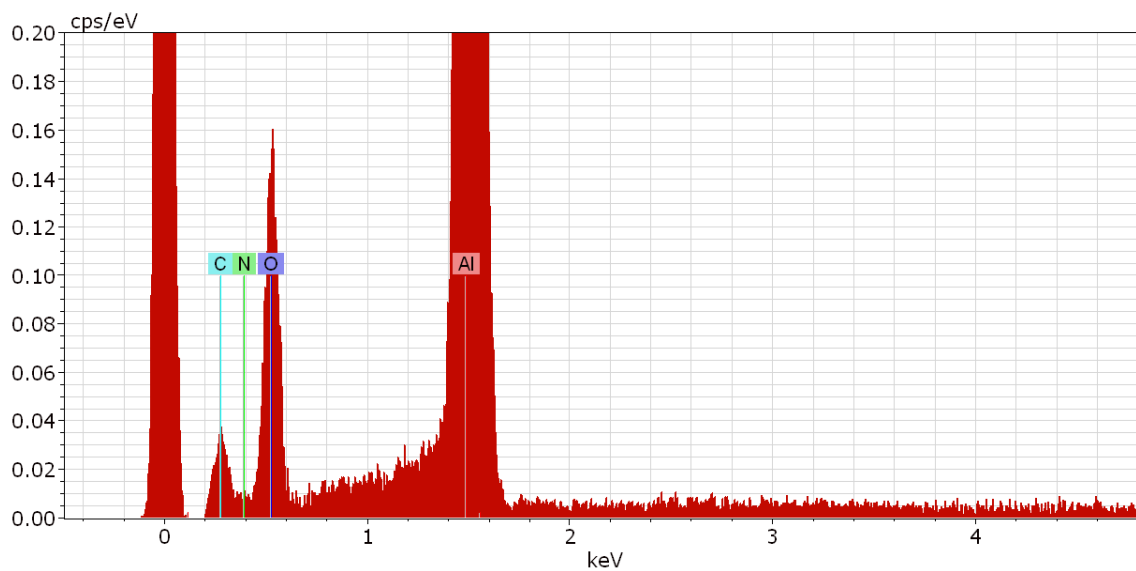
Σχήμα 13 . Εσωτερικό των εσοχών που δημιουργήθηκαν κατά τη διάβρωση του περιέκτη στις διαφορετικές συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων, (α)-(ε) 0ppm και (ζ) 100ppm σε διαβρωτικό περιβάλλον σακχαροδιαλύματος 9 Brix, όπως αυτές παρουσιάζονται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης, όπου διακρίνεται η περικρυσταλλική διάβρωση του μετάλλου.

5.5 Στοιχειακή μικροανάλυση EDS

Στην επιφάνεια των διαβρωμένων περιεκτών για όλες της σειρές πειραμάτων πραγματοποιήθηκε στοιχειακή μικροανάλυση EDS κατά την οποία αρχικά λαμβάνονται το φάσμα της το οποίο προκύπτει το είδος των στοιχείων της επιφάνειας του περιέκτη. Για όλους τους διαβρωμένους περιέκτες ανεξάρτητα από την συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων (σχήμα 9 και 10) προκύπτει ότι η εξεταζόμενη επιφάνεια αποτελείται από το Al που είναι το υλικό του περιέκτη, το O₂ λόγω της διάβρωσης του και από την συγκέντρωση που πιθανά οφείλεται στον εγκλωβισμό ποσότητας σακχαροδιαλύματος στην επιφάνεια του περιέκτη ακόμα και μετά τον καθαρισμό της όπως αναφέρθηκε. Ειδικότερα από το σχήμα 10 προκύπτει ότι ακόμα και στη μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων δε παρατηρείται η παρουσία του στοιχείου N στην επιφάνεια του περιέκτη. Αυτό φανερώνει ότι δεν υπάρχουν σαν προϊόντα διάβρωσης πάνω στην επιφάνεια του περιέκτη ενώσεις του αζώτου όπως για π.χ. νιτρικά άλατα του μετάλλου , παρά μόνο όπως προέκυψε και από τις άλλες μετρήσεις το Al(OH)₃.

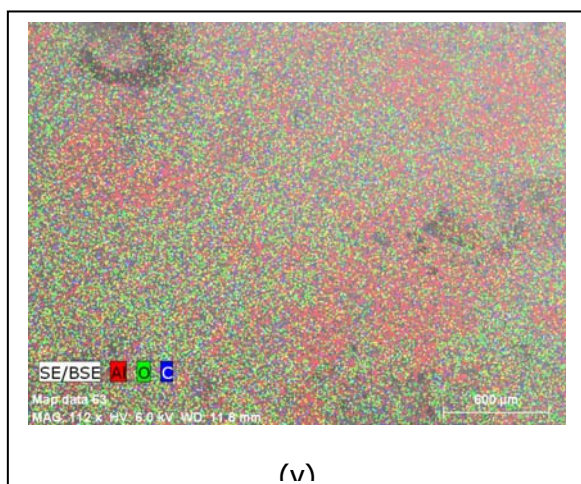
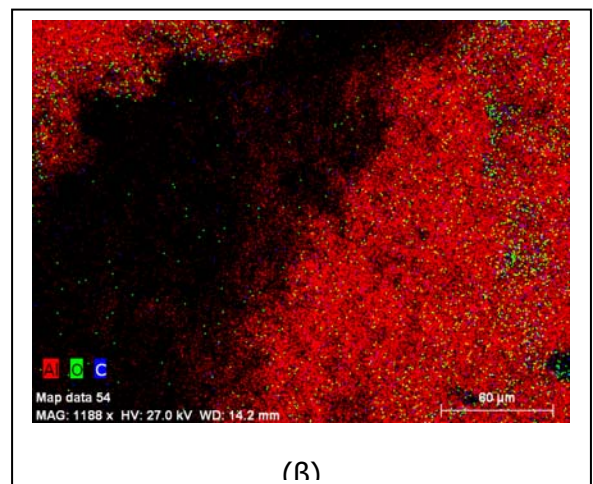
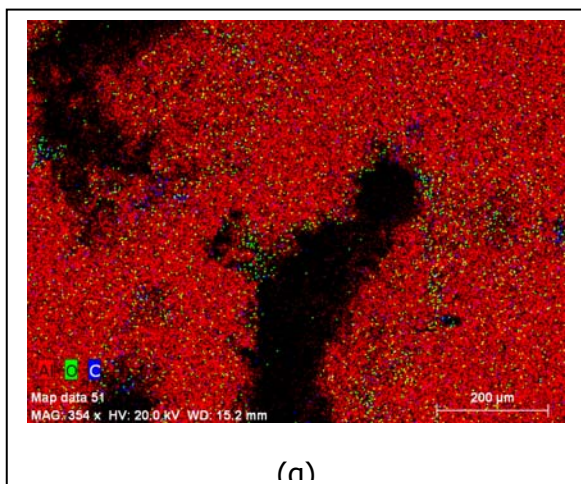


Σχήμα 14 . Φάσμα στοιχειακής μικροανάλυσης (EDS) της επιφάνειας του διαβρωμένου περιέκτη σε διαβρωτικό περιβάλλον σακχαροδιαλύματος 9 Βrix, με συγκέντρωση νιτρικών ιόντων 0ppm .



Σχήμα 15 . Φάσμα στοιχειακής μικροανάλυσης (EDS) της επιφάνειας του διαβρωμένου περιέκτη σε διαβρωτικό περιβάλλον σακχαροδιαλύματος 9 Βrix, με συγκέντρωση νιτρικών ιόντων 100ppm .

Στη συνέχεια έγινε κατανομή των στοιχείων που εντοπίστηκαν στην επιφάνεια του περιέκτη για όλες τις πειραματικές μετρήσεις. Στο σχήμα 15 παρουσιάζονται ορισμένες χαρακτηριστικές εικόνες κατανομής των στοιχείων αυτών από όπου επιβεβαιώνεται η παρουσία του $\text{Al}(\text{OH})_3$ λόγω της μεγαλύτερης κατανομής του O_2 πάνω στην επιφάνεια του περιέκτη για συγκέντρωση νιτρικών ιόντων 100 ppm (σχήμα 10) σε αντίθεση με την απουσία των νιτρικών ιόντων (σχήμα 7)



Σχήμα 16 . Κατανομή των στοιχείων στην επιφάνεια διαβρωμένου περιέκτη στις συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων, (α)-(β) 0ppm και (γ) 100ppm σε διαβρωτικό περιβάλλον σακχαροδιαλύματος 9 Brix, όπως παρουσιάζονται μετά από στοιχειακή μικροανάλυση αυτής.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ΑΙ που χρησιμοποιείται σαν υλικό συσκευασίας των αναψυκτικών ποτών διαβρώνεται ανάλογα με το είδος και τη σύσταση του περιεχόμενου αναψυκτικού και ιδιαίτερα με την παρουσία ιόντων τα οποία λειτουργούν ως επιταχυντές διάβρωσης όπως είναι τα νιτρικά ιόντα. Το ΑΙ διαβρώνεται παρουσία σακχαροδιαλύματος 9 Brix τοπικά και όχι ομοιόμορφα με την μορφή εσοχών οι οποίες χρονικά εξελίσσονται τόσο σε βάθος όσο και σε πλάτος. Το είδος της διάβρωσης του μετάλλου είναι μια χαρακτηριστική περίπτωση περικρυσταλλικής διάβρωσης ανεξαρτήτως της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων. Η παρουσία των νιτρικών ιόντων αυξάνει την ένταση και έκταση της διάβρωσης, οδηγεί σε μεγαλύτερη απώλεια του αρχικού υλικού και οδηγεί στη δημιουργία αποθέσεων ενώσεων του μετάλλου στην επιφάνεια περιέκτη. Οι άμορφες αυτές αποθέσεις φαίνεται ότι δε διαλύονται στο διαβρωτικό περιβάλλον που είναι το περιεχόμενο αναψυκτικό χωρίς να επιβαρύνουν έτσι ακόμη περισσότερο το περιεχόμενο αναψυκτικό.

7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

- Χρησιμοποίηση κιτρικού οξέος σε διαφορετικές συγκεντρώσεις
- Χρησιμοποίηση και άλλων οργανικών οξέων π.χ. τρυγικό ,οξαλικό, μηλικό, μυρμηγκικό κλπ
- Σταδιακή παρακολούθηση της χρονικής εξέλιξης του φαινομένου της διάβρωσης μέχρι τις 24 ώρες

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αρβανιτογιάννης Ι. και Μποσνέα Λ., (2001) Στοιχεία τεχνολογίας, μεταποίησης & συσκευασίας τροφίμων, pp 183-186. University studio press, Θεσσαλονίκη.
- Αρβανιτογιάννης Ι. Σάνδρου Δ. και Κούρτης Λ. (2007) Ασφάλεια τροφίμων. Εφαρμογή της ανάλυσης επικινδυνότητας και κρίσιμων σημείων ελέγχου (HACCP) στις βιομηχανίες τροφίμων και ποτών, pp 332-338. University studio press, Θεσσαλονίκη.
- Δερμοσόνογλου Δημήτριος (1998). Μελέτη των φυσικών και χημικών παραμέτρων υγιεινολογικού ελέγχου επιφανειακών και πηγαίων υδάτων. Διδακτορική Διατριβή. Τυπογραφία Δεδούση. Θεσσαλονίκη. Σελ. 30 – 40.
- Μπλούκας Ι. (2004) Συσκευασία Τροφίμων, pp 163-167, 195,196,209. Εκδόσεις ΑΘ. ΣΤΑΜΟΥΛΗ. Αθήνα.
- Παπαστεργιάδης Ε. (1996) Μελέτη της αντοχής στη διάβρωση ανοδικά οξειδωμένων σε διάφορες συνθήκες ελασμάτων αλουμινίου, pp 16,54 Διδακτορική διατριβή Α.Π.Θ. Σχολή Θετικών Επιστημών Τμήμα Χημείας.
- Ραφαηλίδης Σ. (2005) Υλικά συσκευασίας τροφίμων, pp 21,46,52. Σημειώσεις από τις παραδόσεις στο μάθημα της Συσκευασίας Τροφίμων. Α.Α.Τ.Ε.Ι.Θ. τμήμα τεχνολογίας τροφίμων.

- Zaki A.,Anwar Ul-Hamid.,Abdul-Aleem B.J., (2000) . The corrosion behavior of scandium Al 5052 in neutral sodium chloride solution, *CORROSION SCIENCE*,43, (2001) 1227-1243