ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚΛΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ, ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΤΟΞΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΣΕ ΑΝΤΙΒΑΚΤΗΡΙΑΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

ΕΙΡΗΝΗ Μ. ΜΑΜΑΛΟΥΚΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ Κ. ΡΙΖΟΣ

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:ΕΜΜΑΝΟΥΗΛΝ.ΤΖΑΤΖΑΡΑΚΗΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2023

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

WHO: World Health Organization

ABHS: Alcohol-Based Hand Sanitizer

FDA: Food and Drug Administration

CDC: Centers of Disease Control and Prevention

ND: Not Detected

GHS:Παγκόσμιο Εναρμονισμένο Σύστημα Ταξινόμησης και Επισήμανσης Χημικών Ουσιών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση των απολυμαντικών προϊόντων ήταν μια συνέπεια της έξαρσης του ιού SARS-COV-2, αφού προωθήθηκαν ως μέσω πρόληψης του. Αποτέλεσμα αυτού, ήταν η κυκλοφορία πολυάριθμων σκευασμάτων στο εμπόριο, τα οποία δεν ήταν ελεγμένα, γεγονός που δημιούργησε ανησυχία στην επιστημονική κοινότητα. Σε πολλές μελέτες ανιχνεύτηκαν ουσίες απαγορευμένες για τέτοια σκευάσματα και αναλυθή στοιχεία στις ετικέτες αυτών. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε ποιοτική και ποσοτική ανάλυση τοξικών ουσιών, που έχουν βρεθεί σε αντιβακτηριακά προϊόντα, καθώς και προσδιορισμός της % v/v περιεκτικότητας τους σε αιθανόλη. Αρχικά με την χρωματογραφίαGC-FID επιτεύχθηκε η ανάλυση της ακεταλδεΰδης, της μεθανόλης και της 1-προπανόλης, που θεωρούνται τοξικές ουσίες για τον ανθρώπινο οργανισμό και η χρήση τους ενέχει επιβλαβείς επιπτώσεις για την δημόσια υγεία. Επίσης με την ίδια μέθοδο προσδιορίστηκε το ποσοστό της αιθανόλης για την κατάταξη των αντισηπτικών σε βιοκτόνα ή καλλυντικά. Η αέρια χρωματογραφία χρησιμοποιήθηκε, γιατί είναι η πλέον αποτελεσματική μέθοδος διαχωρισμού και προσδιορισμού πτητικών ουσιών με παραπλήσιες χημικές ιδιότητες.

Συνολικά αναλύθηκαν είκοσι δύο δείγματα (22), τα οποία συλλέχθηκαν από καταστήματα της περιοχής του Ηρακλείου. Από αυτά, δύο, δηλαδή το 9% του συνόλου, περιείχαν ακεταλδεΰδη σε συγκεντρώσεις (494.1 $\pm$ 66.2) ppm και (1093.8 $\pm$ 14.2) ppm, τα οποία υπερβαίνουν τα νομοθετικά όρια. Σε ένα προϊόν ανιχνεύτηκε 1- προπανόλη σε συγκέντρωση (5384.2 $\pm$ 85.2) ppm, η τιμή της οποίας ξεπερνούσε τα νομοθετικά όρια. Δεν ανιχνεύτηκε μεθανόλη σε κανένα από τα σκευάσματα.

Για την περιεκτικότητα των δειγμάτων σε αλκοόλη, δεκατέσσερα (14) από αυτά παρουσίαζαν από μικρή έως μεγάλη απόκλιση ανάμεσα στο αναγραφόμενο και το πραγματικό ποσοστό. Ενώ μόνο το 28% των απολυμαντικών μέσων από αυτά που αναλύθηκαν εμπεριέχουν ποσοστό αιθανόλης από 60-95% άρα έχουν βιοκτόνο δράση και υπερβαίνουν τον απλό καθαρισμό.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ 2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ 3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο :ΕΙΣΑΓΩΓΗ 7
1.1. ΓΕΝΙΚΑ 7
1.2. ΕΙΔΗ ΑΝΤΙΣΗΠΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ 8
1.3. ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ ΧΕΡΙΩΝ 9
1.4. ΣΥΣΤΑΣΗ 11
1.4.1. ΑΛΚΟΟΛΗ 11
1.4.2. ΜΑΛΑΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ 12
1.4.3. ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΟ ΙΞΩΔΟΥΣ – ΠΗΚΤΙΚΑ 12
1.5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ 14
1.6. ΤΟΞΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΑΝΤΙΣΗΠΤΙΚΩΝ 14
1.6.1. ΜΕΘΑΝΟΛΗ- ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ 14
1.6.2. ΑΚΕΤΑΛΔΕΫΔΗ- ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ 15
1.6.3. 1-ΠΡΟΠΑΝΟΛΗ- ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ 15
1.6.4. ΒΕΝΖΟΛΙΟ - ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ 15
1.6.5. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΟΡΙΟ ΤΟΞΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΣΤΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΑ ΜΕΣΑ 16
1.7. ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΤΙΚΕΤΑΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ 17
1.8. ΑΛΛΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ 18
1.9. ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΤΟΞΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ 18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ 20
2.1. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ 20
2.2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ 20
2.3. ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ 21
2.4. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΚΕΥΗ 21
2.5. ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ 22
2.6. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ 25
2.6.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΕΚΛΟΥΣΗΣ ΚΑΘΕ ΟΥΣΙΑΣ 25
2.6.2. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ (IS) 25
2.6.3. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ 26
2.6.4. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΑΝΤΙΣΗΠΤΙΚΑ ΜΕΣΑ 26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ –ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 27
3.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΈΚΛΟΥΣΗΣ 28
3.2. ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑ – ΠΡΟΤΥΠΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ 28

3.3. ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑ- ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ 32
3.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΝΤΙΣΗΠΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ 32
3.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΣΗΠΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ 35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^{ο} : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 36
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο :ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) ορίζει ως αλκοολούχο απολυμαντικό χεριών, κάθε υγρό, γέλη ή αφρό, που περιέχει αλκοόλ και εφαρμόζεται στα χέρια, με σκοπό την προσωρινή καταστολή της ανάπτυξης μικροοργανισμών(Berardi, Cenci-Goga, etal., 2020). Επίσης το FDA χαρακτηρίζει τα απολυμαντικά αυτά ως φάρμακα που δεν χρειάζονται συνταγογράφηση από γιατρό(*IsYourHandSanitizer on FDA'sList of ProductsYouShouldNotUse? | FDA*, n.d.).

Τα αντισηπτικά θεωρούνται ως κύριο μέσο πρόληψης και μείωσης της μετάδοσης των λοιμώξεων, εάν η σύσταση τους είναι σύμφωνη με την νομοθεσία και γίνεται σωστή χρήση από το καταναλωτικό κοινό. Ένα αντισηπτικό είναι αναγκαίο να περιέχει έναν ή περισσότερους τύπους αλκοόλης, όπως αιθανόλη ή ισοπροπυλική αλκοόλη, ως ενεργό συστατικό. Το ποσοστό, ο τύπος και η συγκέντρωση της αλκοόλης, η ποσότητα του αντισηπτικού και ο χρόνος έκθεσης καθορίζουν και την αποτελεσματικότητα του αντισηπτικού(Berardi, Cenci-Goga, et. al., 2020). Ακόμα συστατικά αποδεκτά για ένα απολυμαντικό για τα χέρια θεωρούνται ουσίες που ενισχύουν το ιξώδες, ρυθμιστικά διαλύματα, μαλακτικά, χρωστικές, αρώματα και συντηρητικά. Τα απολυμαντικά μέσα προορίζονται μόνο για εφαρμογή στα χέρια και όχι για οποιοδήποτε άλλο μέρος του σώματος ή κατάποση. Σε περίπτωση κατάποσης μπορεί να προκαλέσει δηλητηρίαση από το ποσοστό αλκοόλης που περιέχει. Παρατηρούνται αυξημένα κρούσματα δηλητηριάσεων σε παιδία, γιατί το σκεύασμα είχε μέγεθος ή σχήμα βρώσιμου προϊόντος. Σε τέτοιες περιπτώσεις ο κίνδυνος είναι αυξημένος λόγω του μικρότερου σωματικού μεγέθους των παιδιών. Επιπλέον απαγορεύεται η εφαρμογή του σε κατοικίδια(*Is Your Hand Sanitizer on FDA's List of Products You Should Not Use? | FDA*, n.d.).

Στις αρχές του 2020, παρατηρήθηκε κατακόρυφη αύξηση της ζήτησης απολυμαντικών μέσων, αφού προωθήθηκαν ως μέσο πρόληψης κατά του ταχέος μεταδιδόμενου ιού SARS-CoV-2. Η παρότρυνση χρήσης αντισηπτικών πραγματοποιήθηκε γιατί πολλοί ιοί του αναπνευστικού, των οποίων ο πυρήνας προστατεύεται από λιπιδικό περίβλημα απενεργοποιούνται με εφαρμογή απολυμαντικών. Είναι όμως σημαντικό να τονισθεί ότι δεν είναι αποδεδειγμένο επιστημονικά ότι ο συγκεκριμένος ιός εξουδετερώνεται από προϊόντα ABHS.

Το αποτέλεσμα της ενθάρρυνσης της χρήσης αντισηπτικών για τα χέρια ήταν η μη ελεγχόμενη κυκλοφορία υποβαθμισμένων προϊόντων στο εμπόριο, αφού για να ανταποκριθεί η αγορά στις απαιτήσεις του κοινού, τέτοια προϊόντα ξεκίνησαν να παράγονται από βιομηχανίες καλλυντικών και αρωμάτων, φαρμακευτικές εταιρίες, φαρμακεία, χημικές

βιομηχανίες ή ακόμα και βιομηχανίες παραγωγής μπύρας. Οι παραπάνω επιχειρήσεις έχουν το δικαίωμα να παράγουν και να διαθέσουν στο ευρύ κοινό αντισηπτικά μόνο εάν τους έχουν δοθεί οι κατάλληλες οδηγίες για την σύνθεση τους. Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά την υποβαθμισμένη ποιότητα, σε απολυμαντικά χεριών που διανέμονται βρέθηκαν ουσίες, που θεωρούνται τοξικές για τον άνθρωπο, όπως η μεθανόλη, η 1-προπανόλη, το βενζόλιο και η ακεταλδεΰδη(PalaciosCruzetal., 2021). Επίσης προσδιορίστηκε ανεπαρκής ποσότητα αλκοόλης για την διασφάλιση της αποτελεσματικότητας, δηλαδή σε ποσοστό μικρότερο του 60%v/v. Τέλος εντοπίστηκαν ετικέτες με παραπλανητικούς ισχυρισμούς.

1.2. ΕΙΔΗ ΑΝΤΙΣΗΠΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

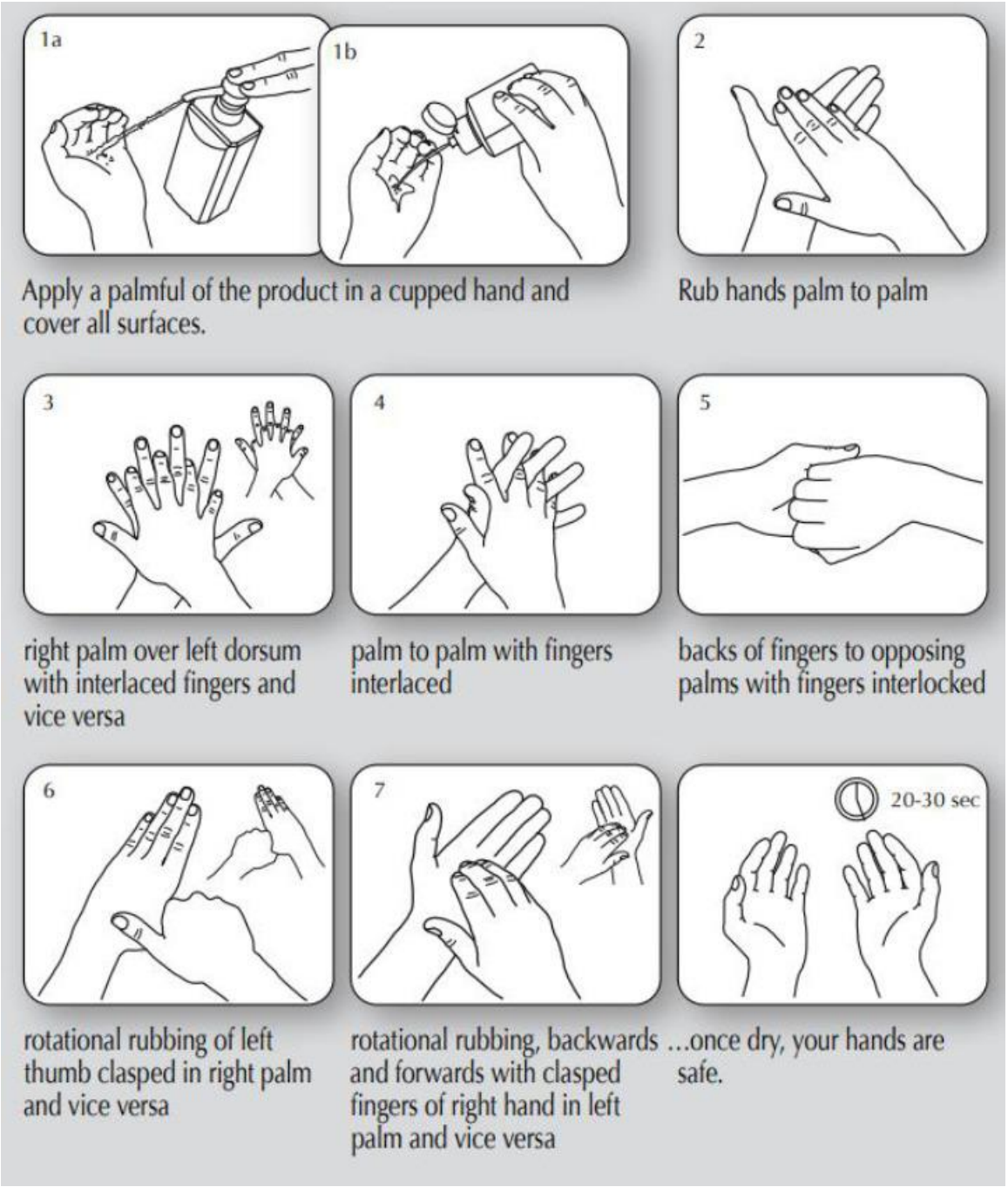
Ανάλογα με τον σκοπό της χρήσης τους, τα αντισηπτικά προϊόντα κατατάσσονται σε καλλυντικά, τα οποία έχουν στόχο τον καθαρισμό των χεριών και τα βιοκτόνα, τα οποία στοχεύουν στην απολύμανση του δέρματος από δυνητικά μολυσματικούς μικροοργανισμούς και η δράση τους υπερβαίνει τον απλό καθαρισμό. Τα δύο είδη αντισηπτικών διαφέρουν σημαντικά, αφού ακολουθούν διαφορετικούς κανονισμούς κατά την διαδικασία παραγωγής τους. Ειδικότερα τα βιοκτόνα απολυμαντικά πρέπει να περιέχουν δραστικό συστατικό απολύμανσης, ενώ τα καλλυντικά δεν είναι υποχρεωτικό να έχουν αλκοόλη. Επιπλέον η κυκλοφορία ενός βιοκτόνου στην αγορά απαιτεί την έγκριση από τις αρμόδιες αρχές, οι οποίες πιστοποιούν την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα του προϊόντος και η ετικέτα του θα πρέπει να αναγράφει την συγκέντρωση του δραστικού συστατικού. Τέλος το ποσοστό αλκοόλης καθορίζει και το είδος του αντισηπτικού. Σε εύρος συγκέντρωσης αλκοόλης 60-95% διασφαλίζεται η εξουδετέρωση των παθογόνων μικροοργανισμών, άρα το αντισηπτικό είναι βιοκτόνο. Αντίθετα για ποσοστό μικρότερο του 60%, το αντισηπτικό είναι καλλυντικό(Berardi, Perinelli, etal., 2020).

Ταυτόχρονα τα αντισηπτικά μέσα κατηγοριοποιούνται και ανάλογα με την μορφή τους. Στην αγορά υπάρχουν ABHS σε μορφή γέλης, κρέμας, spray, αφρού, υγρού και σε μαντηλάκια, όπως φαίνονται στο παρακάτω σχήμα. Κάθε τύπος έχει τα δικά του χαρακτηριστικά, όμως προτιμώνται καλύτερα τα ABHS σε μορφή γέλης και αφρού λόγω χειρισμού, παρόλο που τα υγρά ABHS χρειάζονται λιγότερο χρόνο για να στεγνώσουν και αφήνουν υψηλή αίσθηση καθαριότητας και τα spray επιτρέπουν την άμεση επαφή του διαλύματος αλκοόλης και της επιφάνειας στόχου(Jingetal., 2020; Makarovetal., 1995).

Εικόνα1: Οι διαφορετικές μορφές των αντισηπτικών μέσων.Λήφθηκε από Hand Sanitizers: A Review on Formulation Aspects, Adverse Effects, and Regulations, Jing et al., 2020.

1.3. ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ ΧΕΡΙΩΝ

Αρχικά λαμβάνεται επαρκής ποσότητα από το προϊόν, καλύπτοντας όλη την επιφάνεια του χεριού. Στην συνέχεια μεταφέρεται και στις δυο παλάμες τρίβοντας τα χέρια μεταξύ τους αλλά και σε όλη την επιφάνεια των χεριών, ανάμεσα στα δάκτυλα και στα ακροδάχτυλα. Η τριβή μεταξύ των χεριών συνεχίζεται μέχρι να στεγνώσει το αλκοολούχο αντισηπτικό μέσο. Σύμφωνα με το FDA ο επαρκής όγκος αντισηπτικού για την αποτελεσματική απομάκρυνση των μικροοργανισμών από τα χέρια είναι 2.4 mL, ενώ ο βέλτιστος χρόνος εφαρμογής είναι είκοσι δευτερόλεπτα(Sahaetal., 2021).



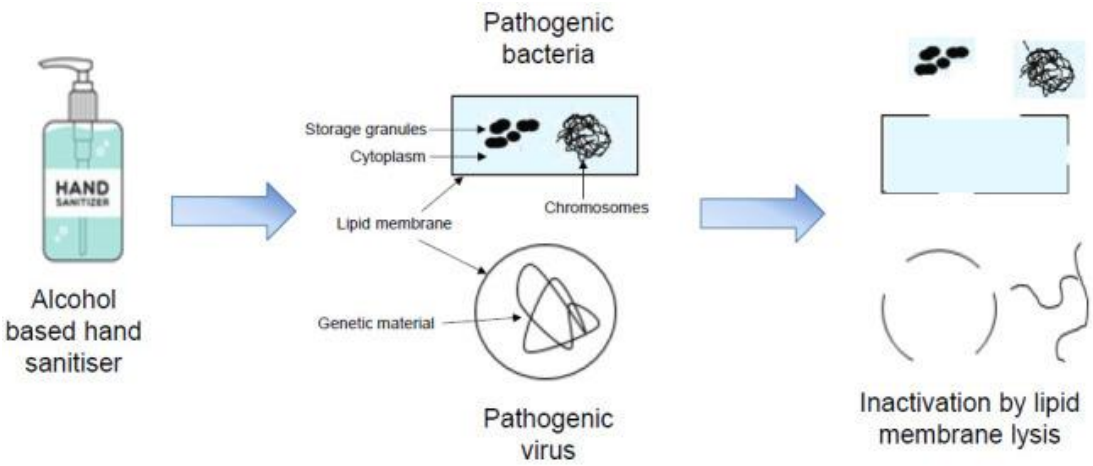
Εικόνα 2: Σχηματική απεικόνιση σωστής εφαρμογής και χρήσης αντισηπτικών μέσων. Λήφθηκε από Effectiveness of an electronic hand hygiene monitoring system on healthcare workers' compliance to guidelines, Al Salman et al., 2015.

1.4. ΣΥΣΤΑΣΗ

1.4.1. ΑΛΚΟΟΛΗ

Οι αλκοόλες δρουν αποτελεσματικά έναντι βακτηρίων, μυκήτων και ιών με περίβλημα. Η αδρανοποίηση επιτυγχάνεται αρχικά με την διάλυση της λιπιδικής μεμβράνης και στη συνέχεια με την μετουσίωση των πρωτεϊνών τους. Πιο συγκεκριμένα οι αλκοόλες αποσταθεροποιούν τις πρωτεΐνες αποδυναμώνοντας τις υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις μεταξύ μη πολικών μορίων(Makarovetal., 1995). Σημαντική προϋπόθεση για την πραγματοποίηση της μετουσίωσης είναι η απουσία νερού.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο τύπος και το ποσοστό της αλκοόλης , η οποία περιέχεται σε ένα απολυμαντικό καθορίζει και την απολυμαντική του αποτελεσματικότητα. Αρχικά οι τύποι αλκοόλης που συνήθως χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενός αντισηπτικού είναι συνήθως η αιθυλική αλκοόλη, η ισοπροπανόλη, n-προπανόλη ή συνδυασμός των παραπάνω. Σημειώνεται ότι η αιθανόλη έχει μεγαλύτερη βιοκτόνο δράση από την προπανόλη, αλλά ο χρόνος εξουδετέρωσης των ιών και για τις δύο είναι τριάντα δευτερόλεπτα. Επίσης είναι απαραίτητο να τονισθεί ότι η οξεία έκθεση στους τύπους αλκοόλης που αναφέρονται δεν είναι τοξική. Όσον αφορά την ποσότητα της αλκοόλης, το αντισηπτικό είναι βιοκτόνο για εύρος συγκέντρωσης αιθανόλης 60-95%, ενώ για την ισοπροπυλική αλκοόλη η αποτελεσματικότητα επιτυγχάνεται σε εύρος 70-91.3%. Η αναγραφή του ποσοστού αλκοόλης στην ετικέτα του προϊόντος είναι σημαντική, καθώς και η μονάδα μέτρησης του ποσοστού, αφού η αιθανόλη έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό, άρα διαφέρει το επί τις εκατό ποσοστό w/w, w/v και v/v(Berardi, Cenci-Goga, etal., 2020; Berardi, Perinelli, etal., 2020).



Εικόνα 3: Ιοκτόνος και βακτηριοκτόνος επίδραση των απολυμαντικών μέσων με βάση την αλκοόλη. Λήφθηκε απόAlcohol-based hand sanitizer - composition, proper use and precautions, Saha et al., 2021.

1.4.2. ΜΑΛΑΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ

Κατά την συχνή έκθεση των χεριών σε ABHSπροκαλείται ξηρότητα, λόγω της αλκοόλης που περιέχουν. Με την προσθήκη μαλακτικών σε τέτοια σκευάσματα μειώνεται η ξηραντική επίδραση. Το πιο διαδεδομένο μαλακτικό, που χρησιμοποιείται στην αγορά είναι η γλυκερίνη, η οποία προάγει την ενυδάτωση, μειώνει το χρόνο εξάτμισης και το επιφανειακό pH. Η μείωση του επιφανειακού pH είναι ευνοϊκή για το δέρμα, το οποίο έχει ήπια όξινο pH. Η επιλογή σωστής συγκέντρωσης γλυκερίνης είναι σημαντική, αφού μεγάλη συγκέντρωση αυξάνει την αίσθηση του κολλώδους και μειώνει την αντιβακτηριδιακή δράση των αντισηπτικών. Για την διατήρηση της αποτελεσματικότητας του σκευάσματος το κατάλληλο εύρος του ποσοστού γλυκερίνης είναι 0.5-0.73%. Για την επιλογή υγραντικού πρέπει ναληφθεί υπόψη και ο τύπος αλκοόλης, που πρόκειται να προστεθεί, για να μην επηρεαστεί η αντιμικροβιακή δράση. Για παράδειγμα η προσθήκη γλυκερίνης σε αντισηπτικό μέσο με βάση την ισοπροπανόλη, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της δραστικότητας. Το πιο επιθυμητό υγραντικό θεωρείται η προπυλενογλυκερόλη σε συγκεντρώσεις 2-5%, όμως είναι ακριβότερη σε σχέση με άλλα. Ακόμα ιδιαίτερη αύξηση στην ζήτηση παρουσιάζουν αντισηπτικά με aloe, αφού είναι φυσικό μαλακτικό και συμβάλλει στην σταθερότητα(Berardi, Perinelli, etal., 2020).

1.4.3. ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΟ ΙΞΩΔΟΥΣ – ΠΗΚΤΙΚΑ

Τα υγρά ABHSχεριών έχουν χαμηλό ιξώδες, με πιθανό αποτέλεσμα την διαρροή κατά την εφαρμογή, άρα και την μείωση της αποτελεσματικότητας. Τα πηκτικά είναι πολυμερή με διαφορετική ποιότητα, ρεολογικές ιδιότητες, διαλυτότητα και μεταβλητή συμπεριφορά ανάλογα με το περιβάλλον προσθήκης, Με την προσθήκη ενός τέτοιου πολυμερούς που ενισχύει το ιξώδες, τα αντισηπτικά έχουν την μορφή γέλης, επομένως δεν υπάρχει κίνδυνος διαρροής. Επίσης τα προϊόντα σε μορφή γέλης εφαρμόζονται εύκολα, έχουν χαμηλό κόστος, μειώνουν το ρυθμό εξάτμισης της αλκοόλης και βοηθούν στην σωστή εξάπλωση του προϊόντος στα χέρια.

Κατάλληλα πηκτικά για αλκοολούχα διαλύματα, θεωρούνται το καρβοξυμεθυλένιο, η υδροξυαιθυλοκυτταρίνη (HEC), η υδροξυπροπυλοκυτταρίνη (HPC), η υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη (HPMC) και η καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη νατρίου (CMC)(Berardi, Perinelli, etal., 2020).

a. ΚΑΡΒΟΞΥΜΕΘΥΛΕΝΙΟ

Τα καρβομερή είναι συνθετικά υψηλού μοριακού βάρους, το οποίο είναι συνδεδεμένο με πολυακρυλικό οξύ. Συντίθενται σε οξικό αιθυλεστέρα ή μίγμα οξικού αιθυλεστέρα και κυκλοεξανίου ως διαλύτη και εξουδετερώνονται σε εύρος pH 6.5-7.5. Η επιλογή κατάλληλου

μέσου εξουδετέρωσης είναι σημαντική για την αποφυγή της καθίζησης του πολυμερούς. Για αλκοολούχα διαλύματα με συγκέντρωση αιθανόλης 60-95%, η εξουδετέρωση του καρβομερούς πραγματοποιείται με τετρα-ύδροξυ-προπυλαιθυλενοδιαμίνη, αμινο-μεθυλο-προπανόλη και για υψηλότερες συγκεντρώσεις αιθανόλης 80-95% επιλέγεται η τριισοπροπυλαμίνη. Ο συγκεκριμένος πηκτικός παράγοντας προστίθεται σε χαμηλή συγκέντρωση, δηλαδή 0.1-3%(Berardi, Perinelli, etal., 2020).

b. ΥΔΡΟΞΥΑΙΘΥΛΟΚΥΤΤΑΡΙΝΗ(HEC)

Η HEC είναι ένας ανιοντικός και μερικώς υποκατεστημένος πολυαιθέρας κυτταρίνης, ο οποίος συντίθεται με την αντίδραση κυτταρίνης με αιθυλενοξείδιο, παρουσία υδροξειδίου του νατρίου. Πιο συγκεκριμένα η αντίδραση πραγματοποιείται μεταξύ των μορίων του αιθυλενοξειδίου και των τριών ελεύθερων υδροξυλομάδων, που έχει κάθε ένα από τα μόρια γλυκόζης της κυτταρίνης. Το μίγμα διαλύεται στο νερό και σε χαμηλά ή μεσαία μοριακά βάρη διαλύεται στην γλυκερίνη και σε αλκοολικά διαλύματα με συγκέντρωση αλκοόλης έως 60%. Για αλκοολικά διαλύματα με ποσοστό αλκοόλης μεγαλύτερο από 60% δεν συνίσταται, γιατί παρουσιάζει κακή διαλυτότητα και θολή εμφάνιση(Berardi, Perinelli, etal., 2020).

c. ΥΔΡΟΞΥΠΡΟΠΥΛΟΚΥΤΤΑΡΙΝΗ (HPC)

Η HPC είναι ένας ανιοντικό, υδατοδιαλυτό αιθερικό παράγωγο κυτταρίνης, το οποίο συντίθεται από την αντίδραση κυτταρίνης με οξείδιο του προπυλενίου σε συνθήκες αυξημένης πίεσης και θερμοκρασίας. Η σύνδεση πραγματοποιείται μεταξύ των μορίων του προπυλενοξειδίου και των τριών ελεύθερων υδροξυλομάδων, που έχει κάθε ένα από τα μόρια γλυκόζης της κυτταρίνης. Σε μόριο γλυκόζης η υποκατάσταση μπορεί να είναι μεγαλύτερη του τρία, εάν η υδροξυλομάδα συνδέεται με δευτεροταγή άνθρακα. Το μίγμα είναι διαλυτό στο νερό, σε αλκοολικά διαλύματα, πολικούς οργανικούς διαλύτες, πολυαιθυλενογλυκερόλη και προπυλενογλυκερόλη. Τέτοια πολυμερή υψηλού μοριακού βάρους χρησιμοποιούνται για την σύνθεση απολυμαντικών για τα χέρια(Berardi, Perinelli, etal., 2020).

d. ΥΔΡΟΞΥΠΡΟΠΥΛΙΟ- ΜΕΘΥΛΟΚΥΤΤΑΡΙΝΗ – ΥΠΡΟΜΕΛΛΟΖΗ (HPMC)

Το συγκεκριμένο πηκτικό είναι ένας αιθέρας κυτταρίνης, του οποίου ο σκελετός αποτελείται από κυτταρίνη με υποκαταστάτες μεθύλιο και υδροξυπροπύλιο. Χαρακτηρίζεται με βάση το μοριακό βάρος του και την αφθονία του στους παραπάνω υποκαταστάτες. Η HPMC χρησιμοποιείται για την σύνθεση απολυμαντικών χεριών σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις 1,5% για γέλη 10M και 2-2.5% για γέλη 4M(Berardi, Perinelli, etal., 2020)

e. ΚΑΡΒΟΞΥΜΕΘΥΛΟΚΥΤΤΑΡΙΝΗ ΝΑΤΡΙΟΥ (CMC)

Η CMC είναι ένα υδατοδιαλυτό, ανιονικό παράγωγο κυτταρίνης που δρα ως ενισχυτής ιξώδους, σταθεροποιητής και προσδίδει κολλώδης υφή. Είναι το προϊόν της αντίδρασης κυτταρίνης με χλωριούχο νάτριο με παρουσία υδροξειδίου του νατρίου. Το πηκτικό αυτό είναι διαλυτό στο νερό, αλλά αδιάλυτο σε οργανικούς διαλύτες και στην αιθανόλη. Σε αλκοολικά διαλύματα, η CMC καθιζάνει, επομένως δεν είναι ιδανικό για την παρασκευή απολυμαντικών μέσων(Berardi, Perinelli, etal., 2020).

1.5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ

Η διατήρηση της αντιβακτηριδιακής δράσης ενός απολυμαντικού μέσου εκτός από τον τύπο και την ποσότητα την αλκοόλης, που έχει αναλυθεί παραπάνω εξαρτάται από την δόση, τον χρόνο έκθεσης, το εμβαδόν της επιφάνειας εφαρμογής και το χρόνο εξάτμισης. Η δόση μπορεί να ελεγχθεί με χρήση αντλιών στις συσκευασίες. Οι τρείς τελευταίοι παράγοντες είναι αλληλεξαρτώμενοι, δηλαδή όσο μεγαλύτερος ο χρόνος έκθεσης και η επιφάνεια εφαρμογής, τόσο μεγαλύτερος ο χρόνος εξάτμισης. Ο τελευταίος εξαρτάται και από μορφή του απολυμαντικού, αφού ο ρυθμός εξάτμισης είναι διαφορετικός σε υγρό και γέλη(Berardi, Perinelli, etal., 2020).

1.6. ΤΟΞΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΑΝΤΙΣΗΠΤΙΚΩΝ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί το FDA διενεργεί δοκιμές, με σκοπό την προστασία των καταναλωτών από αναξιόπιστα απολυμαντικά μέσα, που κυκλοφορούν στο εμπόριο. Η εύρεση τοξικών ουσιών, όπως μεθανόλη, ακεταλδεΰδη, 1-προπανόλη και βενζόλιο, σε κοινά αντισηπτικά έχει προκαλέσει ανησυχίες σχετικά με την ποιότητα αυτών των σκευασμάτων. Τοξική χαρακτηρίζεται μια ουσία, η οποία σε μικρή ποσότητα προκαλεί στον οργανισμό επιβλαβείς συνέπειες(UNDERSTANDING TOXIC SUBSTANCES AnIntroductionto Chemical Hazards in the Workplace, n.d.). Τέτοιες ουσίες μπορεί να έχουν στόχο ένα κύτταρο, μια ομάδα κυττάρων, ένα σύστημα οργάνων ή ολόκληρο το σώμα. Για τον χαρακτηρισμό μιας τοξικής ένωσης λαμβάνονται υπόψη η χημική δομή της, η έκταση της απορρόφησης της από το σώμα και η ικανότητα μετατροπής της ουσίας σε λιγότερο επιβλαβής ουσίες(IsYourHandSanitizer on FDA’sList of ProductsYouShouldNotUse? | FDA, n.d.).

1.6.1. ΜΕΘΑΝΟΛΗ- ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Η μεθανόλη είναι μια τοξική για τον άνθρωπο οργανική ένωση με χημικό τύπο CH_4O και χρησιμοποιείται για την παραγωγή καυσίμων για πυραύλους και αντιψυκτικών. Παλαιότερα η μεθανόλη ονομαζόταν και ξυλόπνευμα, αφού παραγόταν ως παραπροϊόν κατά την

πυρόλυση του ξύλου. Αποτελεί ένα μη αποδεκτό συστατικό για ένα αντισηπτικό, αφού δεν πρέπει να έρθει σε επαφή με το δέρμα ή να ληφθεί από το στόμα. Οι επιπτώσεις της δηλητηρίασης από μεθανόλη είναι πιθανή μόνιμη τύφλωση, κώμα, επιληπτικές κρίσεις, μόνιμη βλάβη στο κεντρικό νευρικό σύστημα ή ακόμα και θάνατος. Η θεραπεία για την δηλητηρίαση από μεθανόλη είναι η καταστολή της αποικοδόμησης της από την αλκοολική αφυδρογονάση, που μπορεί να γίνει με χορήγηση αιθανόλης, με την οποία έχει μεγαλύτερη συγγένεια και μεταβολίζεται γρηγορότερα σε σχέση με την μεθανόλη. Στην συνέχεια πραγματοποιείται αιμοκάθαρση και αλκαλοποίηση(Becker, 1983).

1.6.2. ΑΚΕΤΑΛΔΕΫΔΗ- ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Η ακεταλδεΰδη είναι μια τοξική οργανική ένωση με μοριακό τύπο C_2H_4O. Γενικά η ακεταλδεΰδη είναι μια πολύ δραστική ουσία, η οποία αντιδρά με το θείο και τις αμινομάδες των αμινοξέων των πρωτεϊνών, με αποτέλεσμα την αναστολή της λειτουργίας τους. Επίσης η μετατροπή της αιθανόλης σε ακεταλδεΰδη κατά το μεταβολισμό της αιθανόλης, θεωρείται ο κύριος μηχανισμός καρκινογένεσης (Cederbaum, 2012).

1.6.3. 1-ΠΡΟΠΑΝΟΛΗ- ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Η 1-προπανόληείναι μια οργανική ένωση με μοριακό τύπο C_3H_8O και χρησιμοποιείται για την παρασκευή καθαριστικών διαλυμάτων στην βιομηχανία. Ο μεταβολισμός της πραγματοποιείται στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω της αλκοολικής αφυδρογονάσης, η οποία την μετατρέπει σε προπιονικό οξύ, προκαλώντας μεταβολική οξέωση. Η μεταβολική οξέωση μπορεί να προκαλέσει μείωση του pH, της συγκέντρωσης των ιόντων HCO_3^- και του pCO_2, με αποτέλεσμα να καθιστά αδύνατη την απομάκρυνση της περίσσειας οξέων από τα νεφρά(Τσιμιχόδημοςetal., n.d.). Θεωρείται τοξική για τον άνθρωπο και η οξεία κατάποση της μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό στο δέρμα, στα μάτια, ναυτία, εμετό, κοιλιακές κράμπες, υπνηλία και κώμα (Vujasinovićetal., 2007). Ακόμα η κατανάλωση 1-προπανόλης μπορεί να προκαλέσει μειωμένη αναπνοή, μειωμένο καρδιακό παλμό και κατά συνέπεια θάνατο(IsYourHandSanitizer on FDA'sList of ProductsYouShouldNotUse? | FDA, n.d.).

1.6.4. ΒΕΝΖΟΛΙΟ - ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Το βενζόλιο είναι η πιο απλή αρωματική οργανική ένωση με μοριακό τύπο C_6H_6, η οποία προκαλεί καρκίνο στον άνθρωπο σύμφωνα με το Υπουργείο Υγείας και Ανθρώπινων Υπηρεσιών. Συγκεκριμένα το βενζόλιο συσχετίζεται με καρκίνο του αίματος, δηλαδή λευχαιμία. Για να προκληθεί καρκινογένεση, το βενζόλιο πρέπει να μεταβολιστεί αρχικά σε οξείδιο του βενζολίου από κυτόχρωμα P450, το οποίο βρίσκεται σε ισορροπία με το ταυτομερές του την οξεπίνη. Η περίσσεια του μετατρέπεται σε φαινόλη, η οποία είτε

απεκκρίνεται, είτε μεταβολίζεται σε υδροκινόνη ή 1,4-βενζοκινόνη. Το υπόλοιπο οξείδιο του βενζολίου μετατρέπεται είτε με υδρόλυση σε κατεχόλη και 1,2-βενζοκινόνη ή αντιδρά με γλουταθειόνη για την παραγωγή S-φαινυλομερκαπτουρικού οξέος. Παράλληλα ο μεταβολισμός της οξεπίνης συνδέεται με το άνοιγμα του αρωματικού δακτυλίου και με την παραγωγή δραστικών ουσιών όπως αλδεΰδες και Ε,Ε-βλεννοϊκό οξύ. Τα παραπάνω παράγωγα του μεταβολισμού του βενζολίου, το εποξείδιο του βενζολίου και η βενζοκινόνη είναι ηλεκτρονιόφιλα και αντιδρούν με πεπτίδια και πρωτεΐνες, επηρεάζοντας τις κυτταρικές λειτουργίες. Επομένως θεωρείται τοξική ουσία και μη αποδεκτό συστατικό των ABHS και απαγορεύεται η επαφή τέτοιων σκευασμάτων με το δέρμα. Στην βιομηχανία χρησιμοποιείται κατά την σύνθεση πλαστικών, ρητινών, συνθετικών ινών, απορρυπαντικών και φυτοφαρμάκων, ενώ αποτελεί συστατικό του αργού πετρελαίου, της βενζίνης και του καπνού του τσιγάρου(IsYourHandSanitizer on FDA'sList of ProductsYouShouldNotUse? | FDA, n.d.; Smith, 2010).

1.6.5. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΟΡΙΟ ΤΟΞΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΣΤΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΑ ΜΕΣΑ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι επιπτώσεις των τοξικών ουσιών που έχουν εντοπιστεί στα ABHS είναι ποικίλες και ιδιαίτερα επικίνδυνες για την υγεία των ζωντανών οργανισμών. Στα πλαίσια αποθάρρυνσης της χρήσης τέτοιων ουσιών κατά την παρασκευή τέτοιων μέσων, η Ευρωπαϊκή ένωση για την Ευρώπη και το FDA για την Αμερική έχουν ορίσει νομοθετικά όρια, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

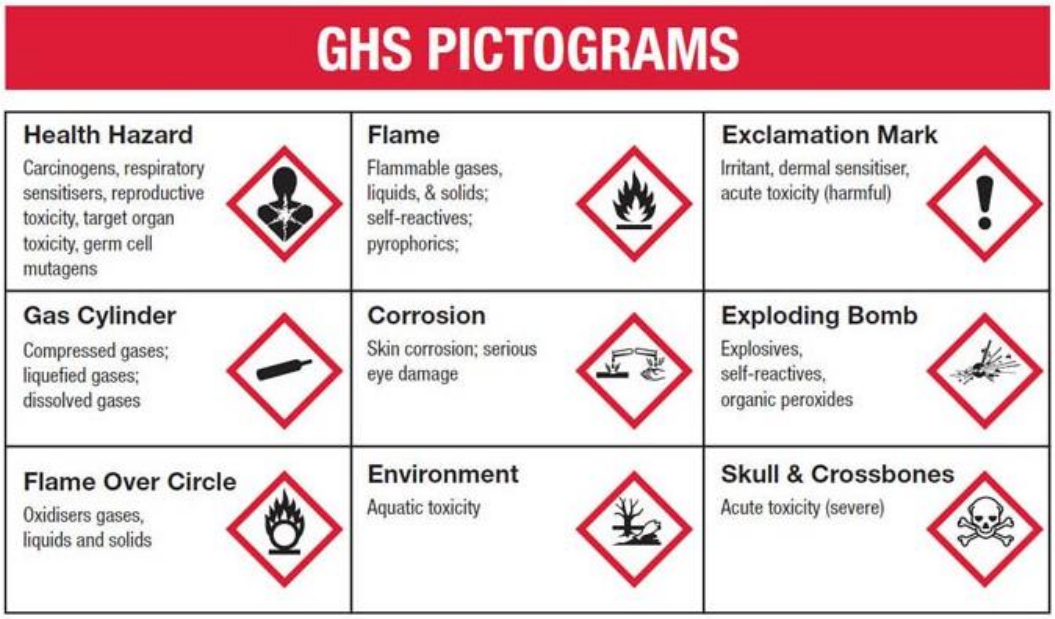
Πίνακας 1: Νομοθετικό Όριο Τοξικών Ουσιών Στα Απολυμαντικά Μέσα.

Τοξική Ουσία	*Νομοθετικό Όριο Ε.Ε.*	*Νομοθετικό Όριο FDA (ppm)*
1-Προπανόλη	Δεν Αναφέρεται	1000
Μεθανόλη	5% (σε % αιθυλικής αλκοόλης)	63
Βενζόλιο	Απαγορεύεται	2
Ακεταλδεΰδη	Απαγορεύεται	50

Οι τιμές των νομοθετικών ορίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης λήφθηκαν από Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. (n.d.), ενώ οι τιμές από το FDA λήφθηκαν από Methanol Detection in Commercial Sanitizing Gels, During the COVID-19 Pandemic. (n.d.).

1.7. ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΤΙΚΕΤΑΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ

Οι εταιρίες υποχρεούνται να συμπεριλαμβάνουν στην ετικέτα του αντισηπτικού μέσου χαρακτηριστικά απαραίτητα για την ενημέρωση και την προστασία των καταναλωτών. Τα δεδομένα αυτά είναι το ποσοστό αλκοόλης, η ύπαρξη των τοξικών ουσιών που αναφέρονται παραπάνω, επιγραμματικά όλα τα συστατικά, αλλά και εικονογράμματα για την φύση και τους κινδύνους που σχετίζονται με αυτά όπως ορίζει το GHS. Τα εικονογράμματα δεν περιέχουν περιγραφή, αλλά στηρίζονται στην συμβολική ερμηνεία του κινδύνου. Παραδείγματα ορισμένων εικονογραμμάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται σεΑΒΗS παρατίθενται παρακάτω:



Εικόνα 4: Εικονογράμματα, τα οποία εμφανίζονται σε αντισηπτικά μέσα, όπως ορίζει το GHS.Λήφθηκε από GHSPictogramandLabelComponentsWalletCard, n.d.

Επιπλέον στοιχεία, τα οποία πρέπει να είναι εμφανή στην ετικέτα εξασφαλίζοντας την πιστότητα του προϊόντος είναι το όνομα του κατασκευαστή, για τον έλεγχο της αξιοπιστίας του από τους υπεύθυνους φορείς και ο αριθμός παρτίδας, που αποτελεί ένδειξη ορθής διαδικασίας παραγωγής, όπως ορίζεται από τους κανονισμούς. Χρησιμοποιώντας τον συγκεκριμένο μοναδικό αριθμό μπορεί να ελεγχθεί η γνησιότητα του ΑΒΗS. Τέλος απαραίτητη πληροφορία που είναι αναγκαίο να αναγράφεται στην ετικέτα τέτοιων σκευασμάτων είναι η ημερομηνία λήξης, αφού με την πάροδο του χρόνου μειώνεται η περιεκτικότητα σε αλκοόλη, λόγω εξάτμισης της.

Οι καταναλωτές ενθαρρύνονται να αναζητούν πληροφορίες, τόσο από την ετικέτα του σκευάσματος, αλλά και από αξιόπιστες πηγές όπως φαρμακοποιοί και επαγγελματίες υγείας(Sahaetal., 2021).

1.8. ΑΛΛΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ

Τα ανθρώπινα χέρια θεωρούνται βασικός φορέας μετάδοσης μολυσματικών μικροοργανισμών και επιτρέπουν τη εξάπλωση τους, όταν δεν τηρούνται οι κανόνες υγιεινής και απολύμανσης. Η κύρια μέθοδος εξουδετέρωσης των ανεπιθύμητων μικροοργανισμών είναι το πλύσιμο των χεριών με σαπούνι και νερό για τουλάχιστον 20 δευτερόλεπτα ή με πλύσιμο των χεριών με αντισηπτικό σαπούνι και νερό. Αυτός ο τρόπος ελάττωσης της διασποράς λοιμώξεων προτείνεται γιατί προσφέρει βαθύ καθαρισμό και απομακρύνει όλους τους τύπους παθογόνων μικροοργανισμών και δυνητικά επιβλαβών ουσιών. Όταν δεν είναι άμεσα διαθέσιμα το σαπούνι και το νερό, το CDC συστήνει την χρήση αλκοολούχων αντισηπτικών για τα χέρια, αφού η εφαρμογή του προϊόντος είναι εύκολή, γρήγορη και βολική και αφαιρεί το 99,9% των μικροβίων, όταν πραγματοποιείται σωστά η χρήση τους. Πρέπει να τονισθεί ότι η αποτελεσματικότητα του αντισηπτικού μειώνεται όταν τα χέρια είναι λιπαρά ή βρώμικα, ενώ είναι λιγότερο αποτελεσματικά σε συγκεκριμένους παθογόνους μικροοργανισμούς όπως Cryptosporidium Norovirus και Clostridium Diffocile.Ακόμα κατά την εξάπλωση του Covid-19,άρχισαν να χρησιμοποιούνται σε Κίνα και Αμερική σήραγγες απολύμανσης, οι οποίες βρίσκονται έξω από νοσοκομεία, αεροδρόμια, φαρμακεία, βιομηχανίες και σούπερ μάρκετ. Αυτοί οι θάλαμοι έχουν αισθητήρες με ακροφύσια, που απολυμαίνουν ανθρώπους και ρούχα. Αυτή η μέθοδος απολύμανσης εγείρει ανησυχίες, αφού οποιαδήποτε επαφή αντισηπτικού μέσου με δέρμα, μάτια και αναπνευστική οδό μπορεί να προκαλέσει ερεθισμούς, αλλεργίες και βήχα. Όμως προτείνεται για σκληρές και μη πορώδεις επιφάνειες για την απομάκρυνση των μικροοργανισμών(Berardi, Perinelli, etal., 2020; PalaciosCruzetal., 2021).

1.9. ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΤΟΞΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

Χρωματογραφία

Η χρωματογραφία είναι μια από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους διαχωρισμού, ταυτοποίησης και προσδιορισμού ουσιών με παραπλήσιες χημικές ιδιότητες. Στηρίζεται στην διαφορετική κατανομή των συστατικών του μίγματος μεταξύ μια κινούμενης και μιας στατικής φάσης. Τα συστατικά που κατακρατούνται ισχυρότερα από την στατική φάση κινούνται αργά κατά την ροή της κινητής φάσης, ενώ γρήγορα κινούνται ουσίες, που μικρότερη χημική συγγένεια με την στατική φάση.

Η χρωματογραφία μπορεί να χαρακτηριστεί ως αέρια ή υγρή ανάλογα με την φύση της κινούμενης και της στατικής φάσης. Ανάλογα με την αρχή, στην οποία στηρίζεται ο διαχωρισμός, η χρωματογραφία χαρακτηρίζεται ως κατανομής, προσρόφησης ή ιοντοανταλλαγής. Τέλος ανάλογα με την τεχνική συγκράτησης της στατικής φάσης διακρίνεται σε χρωματογραφία στήλης, λεπτής στιβάδας και χαρτοχρωματογραφία.

Στην αέρια χρωματογραφία, οι ουσίες του δείγματος, κατανέμονται μεταξύ μιας αέριας κινητής φάσης και μιας υγρής ή στερεάς στατικής φάσης. Ένα αδρανές αέριο ή μίγμα αδρανών αερίων αντιπροσωπεύει την κινητή φάση και διακινεί τον αναλύτη, χωρίς να αλληλεπιδρά με αυτόν. Για την επίτευξη του χρωματογραφικού διαχωρισμού, το δείγμα εξατμίζεται και εισάγεται στην κεφαλή μιας χρωματογραφικής στήλης. Ανάλογα με την φύση της στερεάς φάσης η αέρια χρωματογραφία διαχωρίζεται σε χρωματογραφία αερίου- στερεού και χρωματογραφία αερίου- υγρού. Η χρωματογραφία αερίου- υγρού είναι γνωστή και ως αεριοχρωματογραφία και χρησιμοποιείται ευρέως, ενώ η χρωματογραφία αερίου –στερεού έχει περιορισμένη εφαρμογή λόγω της μόνιμης κατακράτησης δραστικών και πολικών μορίων και της δημιουργίας ουρών στις κορυφές έκλουσης(Harris&Lucy, 2016; Skoogetal., 2006)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2º : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η εξάπλωση του ιού SARS-CoV-2, προκάλεσε ραγδαία αύξηση ζήτησης τωνABHS, με αποτέλεσμα την κυκλοφορία πολυάριθμων αντισηπτικών σε διάφορες μορφές. Το γεγονός αυτό, έχει προκαλέσει ανησυχία στην επιστημονική κοινότητα για τους κινδύνους που μπορεί να ενέχει για τον παγκόσμιο πληθυσμό η μη ελεγμένη κυκλοφορία τους στην αγορά. Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο προσδιορισμός των επιπέδων αιθανόλης και η ανίχνευση τυχόν τοξικών ουσιών, όπως ακεταλδεΰδης, μεθανόλης, 1-προπανόλης σε δείγματα αντισηπτικών για τα χέρια.

2.2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Για την ερευνητική μελέτη συγκεντρώθηκαν είκοσι δύο (22) δείγματα αντισηπτικών χεριών, τα οποία είναι διαθέσιμα στην ελληνική αγορά. Συλλέχθηκαν από τυχαία και διαφορετικά φαρμακεία και σούπερ μάρκετ της πόλης του Ηρακλείου. Όλα τα δείγματα ήταν διαφορετικών εταιριών εκτός από δύο (2), τα οποία ανήκαν στην ίδια εταιρία αλλά είχαν διαφορετική μορφή. Συγκεκριμένα το ένα ήταν σε μορφή γέλης και το άλλο ήταν υγρό.

Πίνακας 2: Μορφές των αντισηπτικών μέσων που αναλύονται.

Δείγμα	*Μορφή*
1	Γέλη
2	Spray
3	Γέλη
4	Γέλη
5	Γέλη
6	Γέλη
7	Γέλη
8	Γέλη
9	Γέλη
10	Γέλη
11	Υγρό
12	Γέλη
13	Γέλη
14	Γέλη
15	Γέλη

16	Υγρό
17	Γέλη
18	Spray
19	Γέλη
20	Spray
21	Γέλη
22	Γέλη

2.3. ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

Κατά την πειραματική διαδικασία, τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Ακεταλδεΰδη, καθαρότητας 99%, αγοράστηκε από την εταιρία E.MerckKG(Germany).
- Μεθανόλη, καθαρότητα 99.9%, αγοράστηκε από την εταιρία HoneywellRiedeldeHaen (NorthCalifornia, USA).
- Αιθανόλη, καθαρότητας 99.8%, αγοράστηκε από την εταιρίαFisherScientific (UK).
- Βενζόλιο, καθαρότητας 99.5%, αγοράστηκε από την εταιρίαAnalyticsCarloErba (Milano, Italy).
- 1-προπανόλη, καθαρότητας 99.5%, αγοράστηκε από την εταιρία E.MerckKG(Darmstadt, Germany).
- 2- προπανόλη, καθαρότητας 99.9%, αγοράστηκε από την εταιρία HoneywellRiedel de Haen.
- Νερό υψηλής καθαρότητας (nanopuregrade), παράχθηκε από σύστημα της εταιρείας Direct-Q 2UV (Merck, Germany).

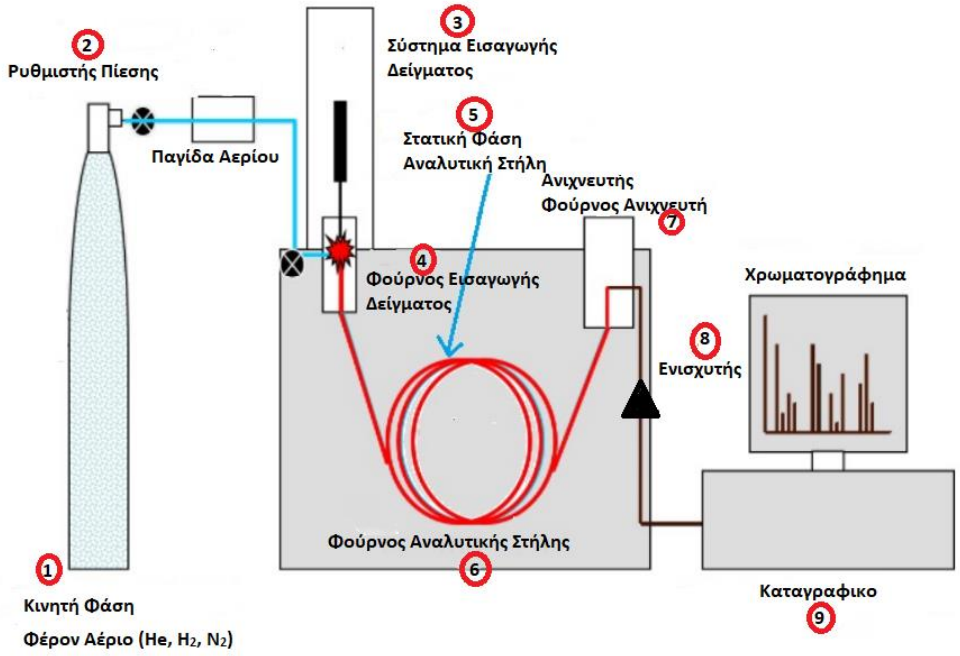
2.4. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΚΕΥΗ

- ΠιπέτεςGilson 5μL-1000μL.
- GC vials.
- Σιφώνιο Πλήρωσης 10mL.
- Falcon 10mL, 50mL.
- Σύστημα αέριας χρωματογραφίαςGC-FID της SHIMADZU.

2.5. ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ

Σύστημα Αέρια Χρωματογραφία GC-FID

Η αέρια χρωματογραφία ανήκει στις μη καταστρεπτικές μεθόδους διαχωρισμού και χρησιμοποιείται για τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό ενός δείγματος και ενδείκνυται για ουσίες που είναι ή καθίστανται πτητικές χωρίς να διασπώνται. Ένα σύστημα αέριας χρωματογραφίας αποτελείται από τα εξής μέρη:



Εικόνα 5: Μέρη ενός αέριου χρωματογράφου GC- FID. Λήφθηκε απόWhat Is Gas Chromatography - Research & Development World, n.d.

1. Φέρον Αέριο (N_2)

Το φέρον αέριο πρέπει να είναι χημικώς αδρανές, δηλαδή να μην αντιδρά με κάποιο από τα συστατικά του προς ανάλυση δείγματος ή με το προσροφητικό υλικό της αναλυτικής στήλης, να έχει σταθερές φυσικοχημικές ιδιότητες και να μην παρουσιάζει οξειδωτικές ή διαβρωτικές ιδιότητες κατά την αποθήκευση του. Το φέρον αέριο αποθηκεύεται σε χαλύβδινους κυλίνδρους μεγάλης καθαρότητας, ώστε να αποφευχθούν τυχόν επιμολύνσεις, υποβαθμίζοντας την αξιοπιστία της μεθόδου. Συνήθως χρησιμοποιείται το He, το H_2 ή το N_2. Στο συγκεκριμένο πείραμα οι φιάλες αερίου περιείχαν N_2, αφού προτιμάται για ανιχνευτή ιοντισμού φλόγας. Με την ροή του φέροντος αερίου πραγματοποιείται η μετακίνηση του αναλύτη κατά μήκος της στήλης.

2. Ρυθμιστής Πίεσης

Ο ρυθμιστής πίεσης ρυθμίζει την ταχύτητα ροής του φέροντος αερίου. Γενικά η ταχύτητα ροής θεωρείται σταθερή εάν η πίεση στο στόμιο εισόδου παραμένει σταθερή.

3. Σύστημα Εισαγωγής Δείγματος (Injector)

Στο συγκεκριμένο πείραμα το δείγμα ήταν τοποθετημένο στον περιστρεφόμενο δίσκο, απ' όπου γινόταν αυτόματη έγχυση στο αέριο χρωματογράφο από το ίδιο το όργανο. Το γεγονός αυτό μειώνει την πιθανότητα σφάλματος, αφού επιτυγχάνεται η εισαγωγή κατάλληλης ποσότητας δείγματος. Βραδεία εισαγωγή ή υπερβολική ποσότητα δείγματος οδηγεί σε διεύρυνση των ζωνών και μη αποτελεσματικό διαχωρισμό. Το σύστημα αποτελείται από έναν γυάλινο θάλαμο, ο οποίος θερμαίνεται, με αποτέλεσμα την γρήγορη μετατροπή των υγρών δειγμάτων σε αέρια.

4. Φούρνος Εισαγωγής Δείγματος

Υγρά δείγματα τοποθετούνται σε φούρνους εισαγωγής δειγμάτων, όπου θερμαίνονται και αναδεύονται για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Τα συστατικά του δείγματος μεταβαίνουν στην αέρια φάση και πραγματοποιείται η δειγματοληψία.

5. Αναλυτική Στήλη

Το δείγμα, το οποίο είναι σε αέρια φάση, μεταφέρεται στην αναλυτική στήλη, όπου διαχωρίζεται. Στην αέρια χρωματογραφία οι αναλυτικές στήλες που χρησιμοποιούνται είναι οι πληρωμένες στήλες και οι τριχοειδείς στήλες. Λόγω μεγαλύτερης απόδοσης και μικρότερου χρόνου έκλουσης σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως τριχοειδείς στήλες.

6. Φούρνος Αναλυτικής Στήλης

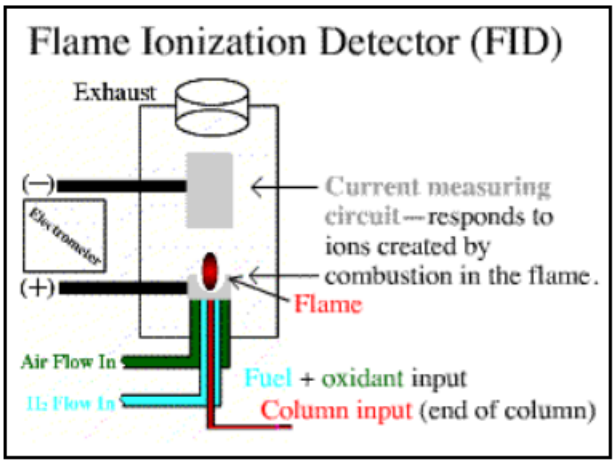
Σημαντικό παράγοντα για αναπαραγώγιμα αποτελέσματα αποτελεί η θερμοκρασία, η οποία ελέγχεται με την τοποθέτηση της αναλυτικής στήλης σε θερμοστατούμενο φούρνο. Η βέλτιστη θερμοκρασία της στήλης εξαρτάται από το σημείο ζέσεως του δείγματος και τον απαιτούμενο βαθμό διαχωρισμού, ενώ προϋποθέτει την εφαρμογή της ελάχιστης δυνατής θερμοκρασίας.

7. Ανιχνευτής και Φούρνος Ανιχνευτή

Οι ανιχνευτές που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι ο ανιχνευτής ιοντισμού φλόγας(FID), ο ανιχνευτής θερμικής αγωγιμότητας(TCD), ο ανιχνευτής σύλληψης ηλεκτρονίων(ECD) και το φασματόμετρο μαζών. Στο συγκεκριμένο πείραμα ο προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε με ανιχνευτή ιοντισμού φλόγας FID. Με αυτόν τον ανιχνευτή, το δείγμα που εκλούεται από την στήλη οδηγείται σε μικρή φλόγα από αέρα και υδρογόνο. Έτσι πραγματοποιείται παραγωγή ηλεκτρονίων λόγω καύσης οργανικών ενώσεων στην φλόγα. Η ανίχνευση πραγματοποιείται με μέτρηση του ρεύματος, που δημιουργείται λόγω των παραγόμενων φορτισμένων φορτίων,

τα οποία συλλέγονται από ηλεκτρόδιο που βρίσκεται ακριβώς πάνω από την φλόγα, λόγω διαφοράς δυναμικού που εφαρμόζεται μεταξύ του ακροφύσιου του καυστήρα και του ηλεκτροδίου.

Ο ανιχνευτής FID είναι ευαίσθητος στην μάζα, επομένως οι μεταβολές στην ταχύτητα ροής της κινητής φάσης έχουν μικρή επίδραση στην απόκριση του. Επίσης παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία, μεγάλη γραμμική περιοχή απόκρισης, χαμηλό θόρυβο, ανθεκτικότητα και είναι εύχρηστος. Όμως είναι δρα καταστρεπτικά στο δείγμα κατά το στάδιο της καύσης.



Εικόνα 6: Τμήματα ενός ανιχνευτή φλόγας FID. Λήφθηκε από Application of Gas Monitoring Sensors in Underground Coal Mines and Hazardous Areas, Kumar et al., 2013.

8. Ενισχυτής

Ο ενισχυτής επεξεργάζεται το σήμα που μεταφέρει ο ανιχνευτής, όπου ενισχύεται στο επιθυμητό επίπεδο, ώστε να πραγματοποιηθεί η καταγραφή του.

9. Καταγραφικό

Ο καταγραφέας είναι συνήθως ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής, ο οποίος μετατρέπει το ηλεκτρικό σήμα σε μορφή χρωματογραφήματος. Αυτό είναι ένα γράφημα, το οποίο απεικονίζει την απόκριση του ανιχνευτή συναρτήσει του χρόνου έκλουσης. Κάθε συστατικό του δείγματος προς ανάλυση σχηματίζει μια κατανομή κατά Gauss, στην οποία η κορυφή της κατανομής αντιστοιχεί στο χρόνο έκλουσης του. (Harris&Lucy, 2016; Skoogetal., 2006; Κουβαράκης Γιώργος, 2023)

Πίνακας 3: Παρουσίαση των συνθηκών λειτουργίας που επιλέχθηκαν για την ανάλυση των δειγμάτων.

Συνθήκες Λειτουργίας Χρωματογράφου	
Φέρον Αέριο	N_2
Φούρνος Αναλυτικής Στήλης	
Θερμοκρασία	150℃
Πίεση	143.4K·Pa
Συνολική Ροή	25.0 $\frac{mL}{min}$
Θερμοκρασία Αναλυτικής Στήλης	60℃
Ανιχνευτής	
Θερμοκρασία	190℃
Φλόγα	ON
Ανιχνευτής	ON

2.6. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Είναι σημαντικό να τονισθεί ότι οποιαδήποτε αραίωση και μεταφορά διαλύματος πραγματοποιήθηκε με χρήση πιπέταςGilson, διότι η ακρίβεια είναι σημαντική παράμετρος για την διεκπεραίωση του πειράματος.

2.6.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΕΚΛΟΥΣΗΣ ΚΑΘΕ ΟΥΣΙΑΣ

Αρχικά παρασκευάστηκαν διαλύματα (Α)αιθανόλης, μεθανόλης, 1-προπανόλη, 2-προπανόλης και ακεταλδεΰδης με συγκέντρωση 10 $\frac{mg}{mL}$ σε τελικό όγκο 10 mL. Στην συνέχεια με αραίωση 1:5 των διαλυμάτων Α, παρασκευάστηκαν μονοσυστατικά διαλύματα συγκέντρωσης 2 $\frac{mg}{mL}$, τα οποία αναλύθηκαν από τον χρωματογράφο για τον προσδιορισμό του χρόνου έκλουσης κάθε ουσίας ξεχωριστά.

2.6.2. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ (IS)

Ως εσωτερικό πρότυπο χρησιμοποιήθηκε η 2-Προπανόλη. Η 2- Προπανόλη πληροί τα κριτήρια για ένα εσωτερικό πρότυπο, αφού παρουσιάζει παρόμοιες φυσικοχημικές ιδιότητες με τις ουσίες, που πρόκειται να αναλυθούν, η μέθοδος ανταποκρίνεται κατά τον ίδιο τρόπο με τους αναλύτες και μπορεί να μετράται εκλεκτικά. Επίσης δεν αντιδρά με κανέναν από τους αναλύτες. Παρασκευάστηκαν διαλύματα 2-προπανόλης 0.1% $\frac{w}{v}$.

2.6.3. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

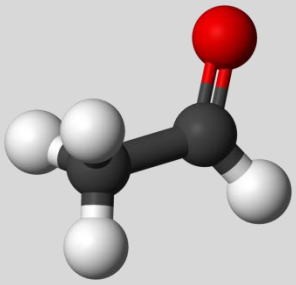
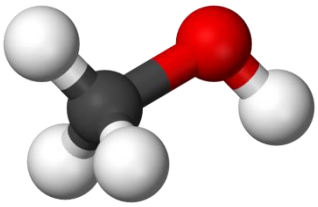
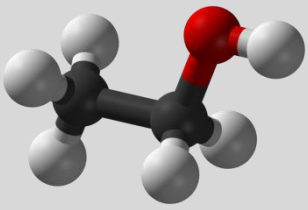
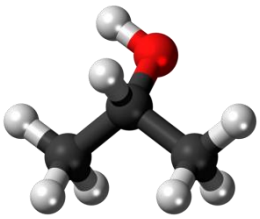
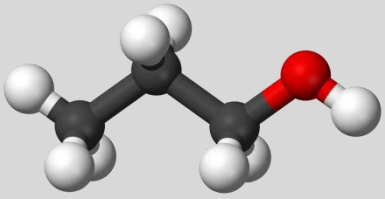
Με σκοπό την κατασκευή πρότυπων καμπύλων, για την μετέπειτα ανάλυση της σύστασης των αντισηπτικών δειγμάτων, παρασκευάστηκαν πολυσυστατικά διαλύματα διαφορετικών συγκεντρώσεων. Πιο συγκεκριμένα με αραίωση των διαλυμάτων (A), που προϋπήρχαν παρασκευάστηκαν διαλύματα ακεταλδεΰδης με συγκεντρώσεις 0, 10,25, 50, 100 ppm, ενώ για την μεθανόλη και την 1-προπανόλη διαλύματα με συγκεντρώσεις 0, 100, 250, 500, 1000 ppm.Για την αιθανόλη παρασκευάστηκαν διαλύματα με συγκεντρώσεις 1000, 2000, 4000 και 6000 ppm, από αραίωση διαλύματος συγκέντρωσης 100 $\frac{mg}{mL}$. Τα GC-vials που αναλύονται στο χρωματογράφο περιέχουν 1000 μL από τα πολυσυστατικά διαλύματα και 1000 μLIS.

2.6.4. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΑΝΤΙΣΗΠΤΙΚΑ ΜΕΣΑ

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των τοξικών ουσιών και της % v/v περιεκτικότητα της αιθανόλης στα ABHS, πραγματοποιήθηκε αραίωση 1:50 των δειγμάτων. Τα GC-vials που αναλύονται στο χρωματογράφο περιέχουν 1000 μL από το αραιωμένο διάλυμα 1:50 και 1000 μL IS.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ –ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Πίνακας 4: Ιδιότητες των ουσιών που αναλύονται.

Ένωση	Μοριακός Τύπος	3-D μορφή	Σημείο Ζέσεως (°C)	Πυκνότητα $\frac{kg}{m^3}$
Ακεταλδεΰδη	C_2H_4O		20.2	788
Μεθανόλη	CH_4O		64.7	792
Αιθανόλη	C_2H_6O		78.4	789
2-Προπανόλη (IS)	C_3H_8O		82.5	786
1-Προπανόλη	C_3H_8O		97	803

Οι παραπάνω εικόνες των 3-D μορφών των ενώσεων λήφθηκαν από: Bestand:Methanol-3D-Balls.Png - Wikipedia, n.d.; File:Acetaldehyde-3D-Balls.Png - Wikipedia, n.d.; File:Ethanol-3D-Balls.Png - WikimediaCommons, n.d.; File:Propan-2-Ol-3D-Balls.Png - WikimediaCommons, n.d.; Propan-1-Ol-3D-Balls - Propan-1-Ol - Wikipedia, n.d.

3.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΈΚΛΟΥΣΗΣ

Ο ανιχνευτής ανταποκρίνεται στην συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών και το σήμα του καταγράφεται ως συνάρτηση του χρόνου, με αποτέλεσμα να λαμβάνεται μια σειρά κορυφών που ονομάζεται χρωματογράφημα(Skoogetal., 2006).

Πίνακας 5: Χρόνοι έκλουσης κάθε ουσίας που αναλύεται από την χρωματογραφική στήλη.

Ουσία	*Ακεταλδεΰδη*	*Μεθανόλη*	*Αιθανόλη*	*2-Προπανόλη (IS)*	*1-Προπανόλη*
Rt	1.035	1.908	3.375	5.071	8.155

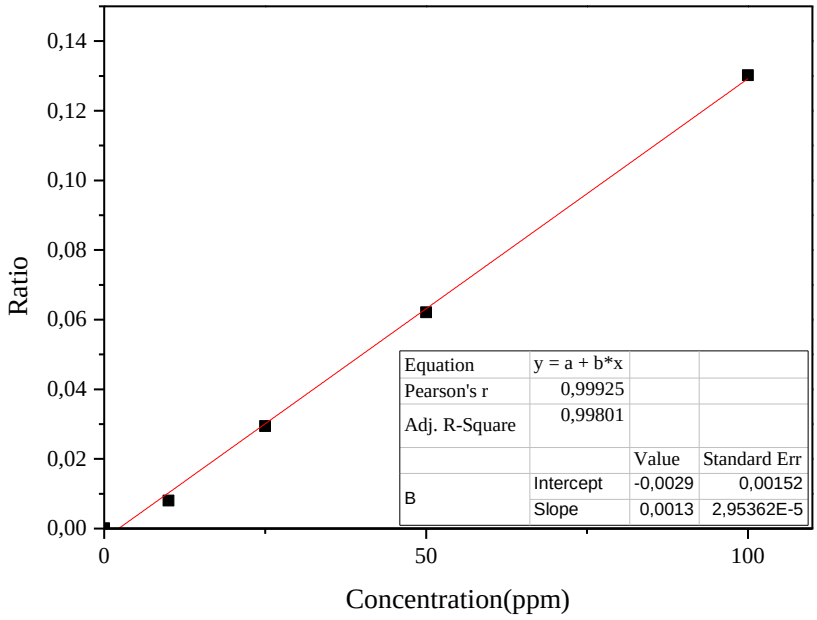
Συνδέοντας τα δεδομένα από τους Πίνακες 4 και 5, διαπιστώνεται ότι πρώτη εκλούεται η ακεταλδεΰδη με το μικρότερο σημείο ζέσεως και τελευταία η 1- Προπανόλη με το υψηλότερο σημείο ζέσεως.

3.2. ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑ – ΠΡΟΤΥΠΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ

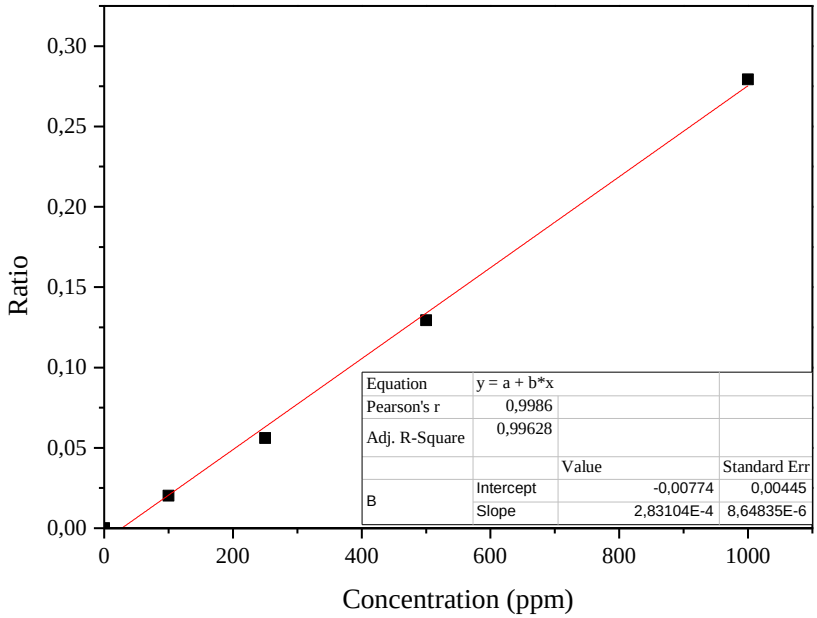
Το σήμα του ανιχνευτή, που αντιστοιχεί στο άξονα y και η συγκέντρωση της ουσίας που αναλύεται και αντιστοιχεί στον άξονα x παρουσιάζουν μια γραμμικότητα, η οποία εκφράζεται με μια ευθεία, που θα πρέπει να περνάει όσο το δυνατόν πλησιέστερα από τα σημεία τομής των συντεταγμένων.

Τα πολυσυστατικά πρότυπα διαλύματα, τα οποία παρασκευάστηκαν όπως αναφέρεται στο 2^{ο} Κεφάλαιο, χρωματογραφήθηκαν τρείς φορές. Ο μέσος όρος του εμβαδού κορυφής των τριών μετρήσεων, που αντιπροσωπεύει το σήμα του ανιχνευτή(άξονας y) και η συγκέντρωση της ουσίας που αναλύεται (άξονας x), χρησιμοποιούνται για την κατασκευή καμπύλης βαθμονόμησης. Αυτό πραγματοποιείται με την βοήθεια υπολογιστικού προγράμματος εφαρμόζοντας την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, με αποτέλεσμα να λαμβάνεται 1^{ου} βαθμού εξίσωση της μορφής $y=a\cdot x+b$, όπου το aαντιπροσωπεύει την κλίση της ευθείας(slope), ενώ το bτην τεταγμένη επί της αρχής (intercept).Η γραμμικότητα αξιολογείται με βάση το στατιστικό δεδομένο R^2 και συγκεκριμένα όσο πιο κοντά στην μονάδα είναι η τιμή του, τόσο καλύτερη η συσχέτιση μεταξύ των τιμών των αξόνων(Τζατζαράκης Ε, 2000).

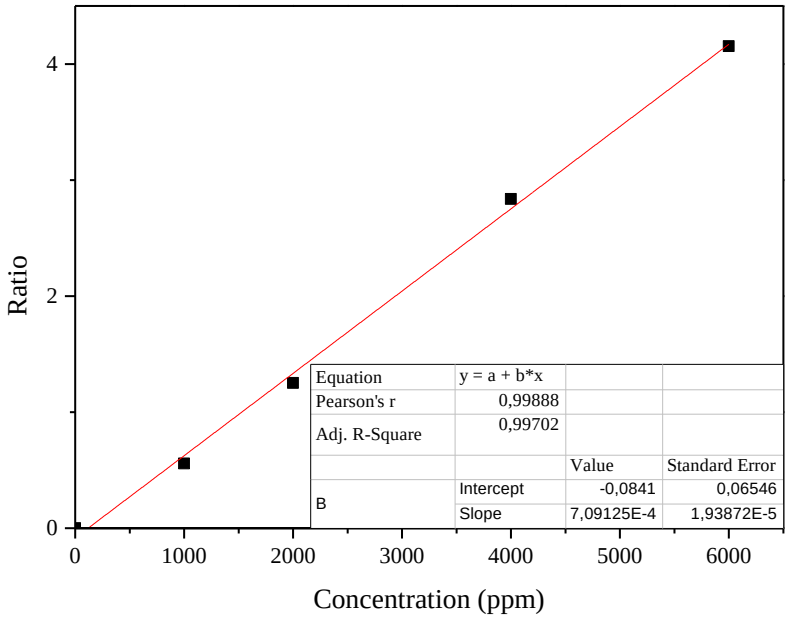
Οι καμπύλες βαθμονόμησης παρουσιάζονται στα Διαγράμματα 2 έως και 5, και τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα στον Πίνακα 6.



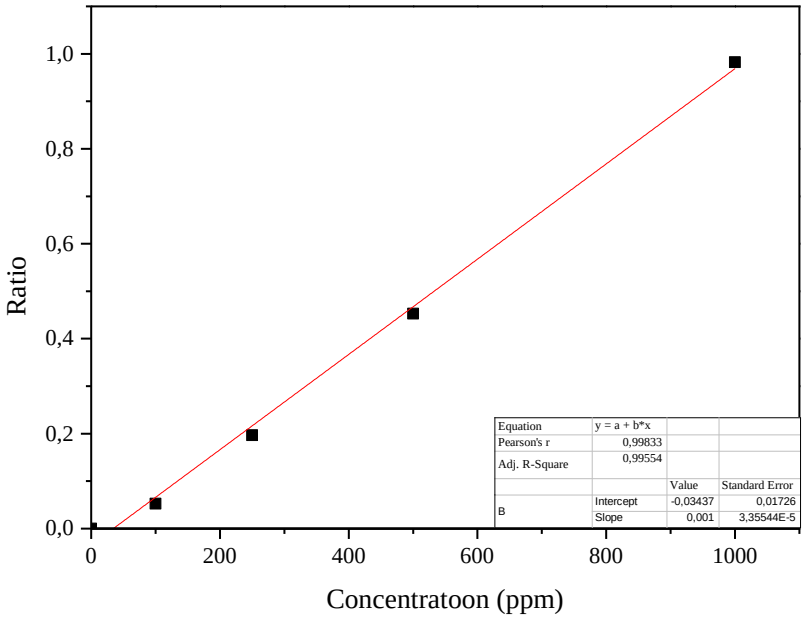
Διάγραμμα 1: Καμπύλη αναφοράς από την επιφάνεια ολοκλήρωσης της Ακεταλδεΰδης με εσωτερικό πρότυπο συγκέντρωσης 1000ppm.



Διάγραμμα 2: Καμπύλη αναφοράς από την επιφάνεια ολοκλήρωσης των προτύπων διαλυμάτων της Μεθανόλης με εσωτερικό πρότυπο συγκέντρωσης 1000 ppm.



Διάγραμμα 3: Καμπύλη αναφοράς από την επιφάνεια ολοκλήρωσης των προτύπων διαλυμάτων της Αιθανόλης με εσωτερικό πρότυπο συγκέντρωσης 1000ppm.



Διάγραμμα 4: Καμπύλη αναφοράς από την επιφάνεια ολοκλήρωσης των προτύπων διαλυμάτων της 1-Προπανόλης με εσωτερικό πρότυπο συγκέντρωσης 1000 ppm.

Πίνακας 6: Αξιολόγηση της γραμμικότητας της καμπύλης βαθμονόμησης των πρότυπων διαλυμάτων.

Ουσία	*Εξίσωση Καμπύλης Βαθμονόμησης* $y=a\cdot x+b$	*Συντελεστής Συσχέτισης* R^2
Ακεταλδεΰδη – IS 1000ppm	y=0.001·x-0.003	0.998
Μεθανόλη– IS 1000ppm	y=0.000·x-0.007	0.996
Αιθανόλη– IS 1000ppm	y=0.000·x-0.084	0.997
1-Προπανόλη– IS 1000ppm	y=0.001·x-0.034	0.996

3.3. ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑ- ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

Για την αξιολόγηση μιας αναλυτικής μεθόδου, με σκοπό τον ποσοτικό προσδιορισμό εκτός από την γραμμικότητα των καμπύλων βαθμονόμησης είναι αναγκαίο να προσδιοριστεί και η ακρίβεια και η επαναληψημότητα που παρουσιάζουν οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν.

Πίνακας 7: Ακρίβεια και Επαναληψιμότητα των μετρήσεων των προτύπων διαλυμάτων.

Ουσία	*% Ακρίβεια*	*% Επαναληψιμότητα*
Ακεταλδεΰδη	*81.9 ± 3.9*	27.4 ±1.8
Μεθανόλη	*88.6 ± 6.1*	8.5 ±5.8
.Αιθανόλη	*83.6 ± 9.7*	16.7 ± 17.6
1-Προπανόλη78	*88.2±10.5*	14.9 ± 9.8

3.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΝΤΙΣΗΠΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ

Τα δείγματα των αντισηπτικών ουσιών, τα οποία παρασκευάστηκαν όπως παρουσιάζεται στο 2^{ο} Κεφάλαιο, χρωματογραφήθηκαν έξι φορές, με σκοπό την ανίχνευση των τοξικών ουσιών και τον προσδιορισμό του ποσοστού της αλκοόλης που περιέχουν. Οι ποσοτικοί προσδιορισμοί πραγματοποιήθηκαν με βάση τις καμπύλες βαθμονόμησης των προτύπων διαλυμάτων που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Η συγκέντρωση των τοξικών ουσιών σε ppmυπολογίζεται από τον τύπο $x=\frac{y-b}{a}$, της εξίσωσης 1^{ου} βαθμού που δόθηκε από τις

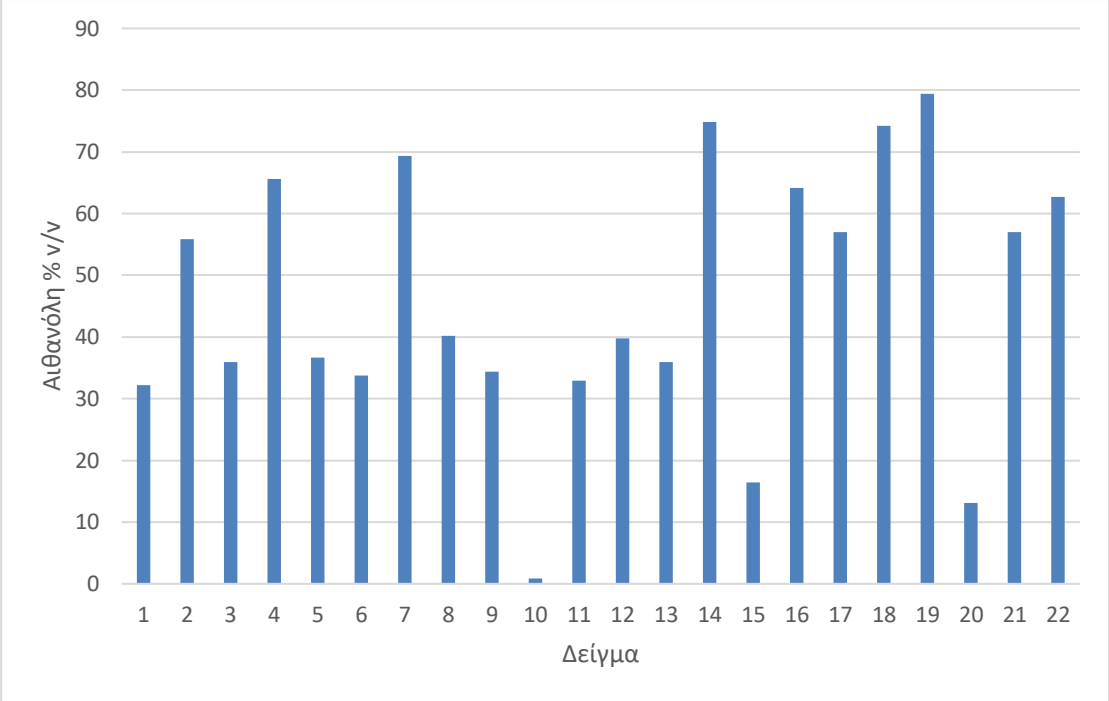
καμπύλες αναφοράς. Έπειτα υπολογίζεται η κανονική συγκέντρωση της αλκοόλης, αφού είχε πραγματοποιηθεί αραίωση 1:50 στο δείγμα, η οποία τελικά μετατρέπεται σε % v/v περιεκτικότητα.

Πίνακας 8: Προσδιορισμός ύπαρξης και συγκεντρώσεις τοξικών ουσιών στα αντισηπτικά μέσα.

Δείγμα	*Ακεταλδεΰδη*		*Μεθανόλη*		*1-Προπανόλη*	
	Mean (ppm)	*±SD*	*Mean (ppm)*	*SD*	*Mean (ppm)*	*SD*
1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4	**494.1**	**±66.2**	ND	ND	ND	ND
5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	ND	ND	ND
7	**1093.8**	**±14.2**	ND	ND	ND	ND
8	ND	ND	ND	ND	ND	ND
9	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12	ND	ND	ND	ND	ND	ND
13	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14	ND	ND	ND	ND	**5384.2**	**±85.2**
15	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16	ND	ND	ND	ND	ND	ND
17	ND	ND	ND	ND	ND	ND
18	ND	ND	ND	ND	ND	ND
19	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20	ND	ND	ND	ND	ND	ND
21	ND	ND	ND	ND	ND	ND
22	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Πίνακας 9: Προσδιορισμός % v/v περιεκτικότητας Αιθανόλης στα Αντισηπτικά Μέσα.

Δείγμα	*Αιθανόλη*			
	% v/v	*±SD*	**Αναγραφή Ετικέτας % v/v**	**Βιοκτόνο**
1	32.2	6.1	63	όχι
2	55.8	7.2	70	όχι
3	35.9	3.7	70	όχι
4	65.6	5.0	80	ΝΑΙ
5	36.7	3.8	70	όχι
6	33.7	6.4	-	όχι
7	69.3	7.6	80	ΝΑΙ
8	40.2	1.0	70	όχι
9	34.4	4.8	70	όχι
10	0.9	<0.1	0	-
11	32.9	7.1	70	όχι
12	39.8	<0.1	70	όχι
13	35.9	3.1	70	όχι
14	74.8	1.0	96	ΝΑΙ
15	16.4	<0.1	-	όχι
16	64.2	1.9	70	ΝΑΙ
17	57.0	11.5	71	ΙΣΩΣ
18	74.2	7.9	85	ΝΑΙ
19	79.4	5.6	64	ΝΑΙ
20	13.1	1.4	80	όχι
21	57.0	4.1	70	ΙΣΩΣ
22	62.7	7.3	70	ΙΣΩΣ



3.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΣΗΠΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ

Ύστερα από ποσοτική ανάλυση των δειγμάτων των αντισηπτικών για τα χέρια, προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις των τοξικών ουσιών σταABHS, καθώς και η ποσοστιαία ποσότητα της αιθανόλης.

Στον Πίνακα 10 παρατίθενται οι συγκεντρώσεις των τοξικών ουσιών, από τον οποίο παρατηρείται ότι στο δείγμα 4 ανιχνεύεται ακεταλδεΰδη σε συγκέντρωση (494.1 ± 66.2) ppm, ξεπερνώντας τα νομοθετικά όρια που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Τα δείγματα 4, 20 ήταν της ίδιας εταιρίας, με τα ίδια συστατικά, με μόνη διαφορά την μορφή τους, και όμως στο δείγμα 20 δεν ανιχνεύεται καμία τοξική ουσία. Επίσης διαπιστώνεται ότι το αντισηπτικό δείγμα 7, το οποίο έχει μορφή γέλης, περιέχει ακεταλδεΰδη σε συγκέντρωση (1093.8 ± 14.2) ppm, που ξεπερνά επίσης τα νομοθετικά όρια. Σε κανένα αντισηπτικό δεν ανιχνεύτηκε η τοξική μεθανόλη Τέλος μόνο το αντισηπτικό δείγμα 15 περιείχε 1- Προπανόλη σε συγκέντρωση (5384.2 ± 85.2) ppm, η οποία επίσης δεν βρίσκεται μέσα στα νομοθετικά όρια. Το ποσοστό της αλκοόλης των δειγμάτων παρουσιάζεται στον Πίνακα 9και παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις σε σχέση με την αναγραφόμενη στην ετικέτα τιμή της % v/v περιεκτικότητας στα δείγματα 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 20. Μικρή απόκλιση παρατηρείται στα δείγματα 1,7, 16, 17, 21. Δεν μπορεί να υπάρχει σύγκριση της πειραματικής με την αναγραφόμενη τιμή του ποσοστού αιθανόλης για τα δείγματα 6 και 15, αφού δεν υπήρχε πάνω στην συσκευασία ενώ το δείγμα 10 δεν περιείχε την αιθανόλη ως το δραστικό συστατικό. Με βάση το ποσοστό της αλκοόλης κατατάσσεται ένα αντισηπτικό σε βιοκτόνο ή καλλυντικό. Εάν το % v/v περιεκτικότητας της αιθανόλης είναι στο εύρος 60-

95% τότε ταξινομείται ως βιοκτόνο. Κάποια αντισηπτικά ίσως είναι βιοκτόνα, αφού λόγω του εύρους τιμών τους μπορούν να καταταχτούν και ως καλλυντικά. Πρέπει να σημειωθεί ότι κανένα από τα ABHSπου αναλύθηκαν δεν πωλείται ως καλλυντικό. Συμπερασματικά το 68% των δειγμάτων περιείχαν διαφορετικό ποσοστό αλκοόλης από την αναγραφόμενη τιμή και μόνο το 28% των δειγμάτων θεωρούνται βιοκτόνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, τα τελευταία χρόνια και ιδιαίτερα μετά την έξαρση του ιού SARS-CoV-2, η χρήση των ABHS μέσων για τα χέρια αυξήθηκε ραγδαία. Έπειτα από μελέτες διαπιστώθηκε ότι τα αντισηπτικά σκευάσματα περιείχαν τοξικές ουσίες, οι οποίες επιβαρύνουν την ανθρώπινη υγεία. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στον ποσοτικό προσδιορισμό τριών τοξικών ουσιών και του ποσοστού αιθυλικής αλκοόλης τέτοιων προϊόντων, τα οποία σχετίζονται άμεσα με βλαβερές επιπτώσεις στην υγεία των ζώντων οργανισμών. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε κατά την διεξαγωγή του πειράματος ήταν αέρια χρωματογραφία GC-FID.

Όσον αφορά την ανίχνευση και τον προσδιορισμό των τοξικών ουσιών, και πιο συγκεκριμένα της ακεταλδεΰδης, της μεθανόλης και της 1-Προπανόλης, το 9% των δειγμάτων περιείχε ακεταλδεΰδη και το 4% 1-Προπανόλη. Κανένα από τα ABHSδεν περιείχε μεθανόλη, η οποία είναι ιδιαίτερα τοξική και επιβλαβής.

Όσον αφορά το ποσοστό της αλκοόλης, το 58% των αντισηπτικών είχαν διαφορετική σύσταση από το αναγραφόμενο στην ετικέτα και μόνο το 28% μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απομάκρυνση δυνητικά παθογόνων μικροοργανισμών και η δράση τους ξεπερνάει τον απλό καθαρισμό. Σημαντική καθίσταται η ευαισθητοποίηση των κατασκευαστών, αλλά και η ενημέρωση των καταναλωτών, αφού διακυβεύεται η δημόσια υγεία. Γι' αυτό απαιτείται ουσιαστική τήρηση των θεσπισθέντων νομοθεσιών, αλλά και ο έλεγχος τήρησης της από τις αρμόδιες αρχές.

Τέλος γίνεται αντιληπτό ότι απαιτούνται επιπλέον ερευνητικές προσπάθειες τόσο για την ανάλυση των επιπτώσεων των τοξικών ουσιών που μπορεί να εμπεριέχονται σε τέτοια σκευάσματα, όσο και για την απάντηση στο ερώτημα εάν τελικά τα βιοκτόνα απολυμαντικά

για τα χέρια μπορούν αν χρησιμοποιηθούν ως μέσω πρόληψης για την εξουδετέρωση του SARS- COV-2.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Al Salman, J. M., Hani, S., de Marcellis-Warin, N., & Fatima Isa, S. (2015). Effectiveness of an electronic hand hygiene monitoring system on healthcare workers' compliance to guidelines. *Journal of Infection and Public Health*, *8*(2), 117–126. https://doi.org/10.1016/J.JIPH.2014.07.019

Becker, C. E. (1983). Methanol poisoning. *Journal of Emergency Medicine*, *1*(1), 51–58. https://doi.org/10.1016/0736-4679(83)90009-4

Berardi, A., Cenci-Goga, B., Grispoldi, L., Cossignani, L., &Perinelli, D. R. (2020). Analysis of Commercial Hand Sanitisers amid CoViD-19: Are We Getting the Products that We Need? *AAPS PharmSciTech*, *21*(7). https://doi.org/10.1208/S12249-020-01818-6

Berardi, A., Perinelli, D. R., Merchant, H. A., Bisharat, L., Basheti, I. A., Bonacucina, G., Cespi, M., & Palmieri, G. F. (2020). Hand sanitisers amid CoViD-19: A critical review of alcohol-based products on the market and formulation approaches to respond to increasing demand. *International Journal of Pharmaceutics*, *584*. https://doi.org/10.1016/J.IJPHARM.2020.119431

Bestand:Methanol-3D-balls.png - Wikipedia. (n.d.). Retrieved March 8, 2023, from https://nl.m.wikipedia.org/wiki/Bestand:Methanol-3D-balls.png

Cederbaum, A. I. (2012). Alcohol metabolism. *Clinics in Liver Disease*, *16*(4), 667–685. https://doi.org/10.1016/J.CLD.2012.08.002

File:Acetaldehyde-3D-balls.png - Wikipedia. (n.d.). Retrieved March 8, 2023, from https://en.wikipedia.org/wiki/File:Acetaldehyde-3D-balls.png

File:Ethanol-3D-balls.png - Wikimedia Commons. (n.d.). Retrieved March 8, 2023, from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ethanol-3D-balls.png

File:Propan-2-ol-3D-balls.png - Wikimedia Commons. (n.d.). Retrieved March 8, 2023, from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Propan-2-ol-3D-balls.png

GHS Pictogram and Label Components Wallet Card. (n.d.). Retrieved March 8, 2023, from https://www.creativesafetysupply.com/ghs-pictogram-and-label-components-wallet-card/

Harris, D. C., & Lucy, C. A. (2016). Quality Assurance and Calibration Methods. *Quantitative Chemical Analysis*, 102–105.

Is Your Hand Sanitizer on FDA's List of Products You Should Not Use? | FDA. (n.d.). Retrieved March 8, 2023, from https://www.fda.gov/consumers/consumer-updates/your-hand-sanitizer-fdas-list-products-you-should-not-use

Jing, J. L. J., Yi, T. P., Bose, R. J. C., McCarthy, J. R., Tharmalingam, N., &Madheswaran, T. (2020). Hand Sanitizers: A Review on Formulation Aspects, Adverse Effects, and Regulations. *International Journal of Environmental Research and Public Health 2020, Vol. 17, Page 3326*, *17*(9), 3326. https://doi.org/10.3390/IJERPH17093326

Kumar, A., Kingson, T. M. G., Verma, R. P., Mandal, R., Dutta, S., Chaulya, S. K., & Prasad, G. M. (n.d.). *Application of Gas Monitoring Sensors in Underground Coal Mines and Hazardous Areas*.

Makarov, A. A., Protasevich, I. I., Bazhulina, N. P., &Esipova, N. G. (1995). Heat denaturation of pepsinogen in a water-ethanol mixture. *FEBS Letters*, *357*(1), 58–61. https://doi.org/10.1016/0014-5793(94)01308-N

Palacios Cruz, M., Santos, E., Velázquez Cervantes, M. A., & León Juárez, M. (2021). COVID-19, a worldwide public health emergency. *RevistaClinica Espanola*, *221*(1), 55–61. https://doi.org/10.1016/J.RCE.2020.03.001

Propan-1-ol-3D-balls - Propan-1-ol - Wikipedia. (n.d.). Retrieved March 8, 2023, from https://en.wikipedia.org/wiki/Propan-1-ol#/media/File:Propan-1-ol-3D-balls.png

Saha, T., Khadka, P., & Das, S. C. (2021). Alcohol-based hand sanitizer - composition, proper use and precautions. *Germs*, *11*(3), 408–417. https://doi.org/10.18683/GERMS.2021.1278

Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2006). *Αρχές Ενόργανης Ανάλυσης* (6th ed.). Κωσταράκη. https://books.google.com/books/about/Principles_of_Instrumental_Analysis.html?hl=el&id=D13EDQAAQBAJ

Smith, M. T. (2010). Advances in understanding benzene health effects and susceptibility. *Annual Review of Public Health*, *31*, 133–148. https://doi.org/10.1146/ANNUREV.PUBLHEALTH.012809.103646

UNDERSTANDING TOXIC SUBSTANCES An Introduction to Chemical Hazards in the Workplace. (n.d.).

Vujasinović, M., Kočar, M., Kramer, K., Bunc, M., &Brvar, M. (2007). Poisoning with 1-propanol and 2-propanol. *Human and Experimental Toxicology*, *26*(12), 975–978. https://doi.org/10.1177/0960327107087794

What is Gas Chromatography - Research & Development World. (n.d.). Retrieved March 8, 2023, from https://www.rdworldonline.com/what-is-gas-chromatography/

Κουβαράκης Γιώργος, Σ. Γ. Χ. Ν. Π. Σ. (2023). Εργαστηριακές Σημειώσεις και Πειραματικές Ασκήσεις. In *Τμήμα Χημείας Πανεπιστήμιο Κρήτης*. https://www.chemistry.uoc.gr/eclass/modules/document/file.php/CHEM-UNDER114/%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%AF%CE%BF%CF%85%20%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%BB%CF%85%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82%20%CE%A7%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82%202023.pdf

Τσιμιχόδημος, Β., Επίκουρος, Π.-Δ., Παθολογίας, Κ., Σχολή, Ι., & Ιωαννίνων, Π. (n.d.). *Μεταβολική οξέωση Αίτια-ταξινόμηση-διάγνωση-αντιμετώπιση*.

Τζατζαράκης Ε. (2000), ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΧΗΜΕΙΟΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΩΝ ΜΥΚΟΤΟΞΙΚΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΜΥΚΗΤΙΑΣΕΩΝ.