



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**Πτυχιακή Εργασία:**

**ΠΙΘΑΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ  
ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**Όνοματεπώνυμο: Φίλιππος Διονυσόπουλος**  
**ΑΜ: 17155**

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:**  
**Κυριακή Λαμπροπούλου**

**Αθήνα, Μάρτιος 2023**



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA**  
**SCHOOL OF FOOD SCIENCE**  
**DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**Thesis:**

**POTENTIAL HAZARDS OF VIRUS TRANSMISSION THROUGH  
THE FOOD CHAIN**

**Student Name and Surname: Filippos Dionysopoulos**

**Registration Number: 17155**

**Supervisor:**

**Kyriaki Lampropoulou**

**Athens, March 2023**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**ΠΙΘΑΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ**  
**ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

Η πτυχιακή εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

<b>A/α</b>	<b>ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ</b>	<b>ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ</b>
1	ΚΥΡΙΑΚΗ ΛΑΜΠΡΟΠΟΥΛΟΥ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ – ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ/ ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
2	ΕΥΣΤΑΘΙΑ ΤΣΑΚΑΛΗ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ/ ΜΕΛΟΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ	
3	ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΚΟΝΤΕΛΕΣ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ – ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΣ ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ/ ΜΕΛΟΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ	

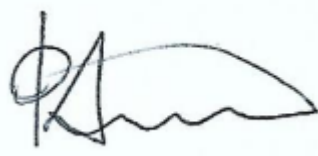
## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΦΙΛΙΠΠΟΣ ΔΙΟΝΥΣΟΠΟΥΛΟΣ του ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗ, με αριθμό μητρώου 17155 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ του Τμήματος ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



Φίλιππος Διονυσόπουλος



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία ήταν εφικτή χάρις την επιβλέπουσα καθηγήτριά κα Κυριακή Λαμπροπούλου. Θα ήθελα να την ευχαριστήσω για την καθοδήγηση και για τη βοήθεια που μου προσέφερε.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που μου έχει σταθεί σε όλα τα χρόνια της φοίτησής μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το θέμα της πτυχιακής αυτής εργασίας αφορά τους τρόπους μετάδοσης των ιών μέσω της αλυσίδας τροφίμων καθώς και τους πιθανούς κινδύνους που προκύπτουν από τη μετάδοση. Αρχικά παρουσιάζονται γενικές πληροφορίες για τους ιούς σχετικά με τη δομή και τη λειτουργία τους. Μετά γίνεται αναφορά στους κυριότερους ιούς που συναντιούνται στα τρόφιμα και παρέχονται πληροφορίες για τα γενικά χαρακτηριστικά τους. Η πτυχιακή συνεχίζει αναλύοντας την μετάδοση των ιών στην αλυσίδα τροφίμων. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται λεπτομερώς οι λόγοι για τους οποίους είναι εφικτή η μετάδοση, οι διάφοροι οδοί που ακολουθούν οι ιοί για να φτάσουν σε προϊόντα της αλυσίδας τροφίμων που προορίζονται για κατανάλωση καθώς και τα τρόφιμα για τα οποία υφίσταται η μεγαλύτερη πιθανότητα να μολύνουν τον ανθρώπινο πληθυσμό με ιούς και να προκληθεί μέσω αυτών λοίμωξη. Ύστερα παρέχονται πληροφορίες σχετικά με τον κίνδυνο που εγκυμονεί η μετάδοση των τροφιμογενών ιών και η μόλυνση από αυτούς. Δηλαδή αναφέρονται τα συμπτώματα που προκαλούνται από τροφιμογενή νόσο ικής προέλευσης αλλά και η έκταση που μπορεί να λάβει μία έξαρση τροφιμογενούς λοίμωξης με επιδημιολογικά δεδομένα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι σύγχρονοι τρόποι με τους οποίους πραγματοποιείται η ανίχνευση τροφιμογενών ιών κυρίως στα ίδια τα τρόφιμα. Μετά γίνεται περιληπτική αναφορά στην εκτίμηση κινδύνου που υφίσταται για τους τροφιμογενείς ιούς. Το κυρίως θέμα τελειώνει εστιάζοντας στους τρόπους με τους οποίους μπορεί να προληφθεί η μετάδοση και να ελεγχθεί ο κίνδυνος από τροφιμογενείς ιούς στη βιομηχανία. Σε αυτό το μέρος δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στις μεθόδους επεξεργασίας των τροφίμων για απενεργοποίηση των ιών. Επίσης παρουσιάζονται και κατάλληλα μέτρα πριν από αυτή την επεξεργασία. Από όλα αυτά προκύπτει το συμπέρασμα ότι πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή από την επιστημονική κοινότητα στα τρόφιμα ως πιθανές πηγές ικής μόλυνσης και περισσότερη έρευνα πάνω στη μετάδοση των ιών στην αλυσίδα τροφίμων. Επιπλέον χρειάζεται αναβάθμιση των μικροβιολογικών κριτηρίων για ασφαλή τρόφιμα και των τρόπων αντιμετώπισης της μετάδοσης των τροφιμογενών ιών.

## ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Μετάδοση τροφιμογενών ιών, Νοροϊός, Ηπατίτιδα Α, Ηπατίτιδα Ε

## ABSTRACT

The topic of this thesis concerns the ways of transmission of viruses through the food chain as well as the possible risks that arise from transmission. First of all, general information about viruses is presented regarding their structure and function. Then, main viruses encountered in food are mentioned and information about their general characteristics is provided. The thesis continues by analyzing the transmission of viruses in the food chain. Specifically, there is a detailed presentation of the reasons which make transmission possible, the various routes that the viruses follow in order to reach products in the food chain intended for consumption as well as the foods with the highest chance of infecting the human population and causing infection. Later, information is provided regarding the dangers associated with the transmission of foodborne viruses and the infection from them. The symptoms caused by foodborne illness of filial origin are mentioned, but also the extent that a foodborne infection can take by providing epidemiological data. Then modern ways of detection of foodborne viruses, mainly in food itself, are presented. Later there is a summary of the risk assessment that exists for foodborne viruses. The main topic ends by focusing on the ways, that enable prevention of transmission of foodborne viruses in the industry and control the risk associated with them. In this part emphasis is given on food processing methods for inactivation of viruses. Appropriate measures prior to this processing are also presented. From all this, the conclusion is that the scientific community needs to give more consideration to food as a possible source of filial contamination and more research on the transmission of viruses in the food chain has to be conducted. In addition, microbiological criteria for safe food products and the ways to deal with the transmission of foodborne viruses have to be upgraded.

## KEY WORDS

Transmission of foodborne viruses, Norovirus, Hepatitis A, Hepatitis E

## Περιεχόμενα

<b>1. ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ .....</b>	<b>9</b>
<b>2. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....</b>	<b>11</b>
<b>3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>11</b>
<b>4. ΣΚΟΠΟΣ .....</b>	<b>12</b>
<b>5. ΚΥΡΙΩΣ ΘΕΜΑ .....</b>	<b>13</b>
<b>5.1 Παθογόνοι ιοί στην αλυσίδα τροφίμων .....</b>	<b>13</b>
5.1.1 Γενικά περί ιών .....	13
5.1.2 Κατηγορίες ιών που εμφανίζονται στην αλυσίδα τροφίμων .....	13
5.1.3 Καλυκοϊοί, νοροϊός και σαπροϊός .....	14
5.1.4 Ιοί της ηπατίτιδας A και E .....	15
5.1.5 Ιός Ρότα .....	15
5.1.6 Αστροϊοί .....	16
5.1.7 Αδενοϊοί .....	16
5.1.8 MERS-CoV .....	16
5.1.9 Ιός της πολιομυελίτιδας .....	17
<b>5.2 Μετάδοση ιών στην αλυσίδα τροφίμων .....</b>	<b>17</b>
5.2.1 Γιατί οι παθογόνοι ιοί μεταδίδονται εύκολα στην αλυσίδα τροφίμων; .....	17
5.2.2 Τρόποι μετάδοσης .....	19
5.2.3 Μετάδοση NoV .....	20
5.2.4 Μετάδοση HAV .....	22
5.2.5 Ομάδες τροφίμων υψηλού κίνδυνου για μετάδοση NoV και HAV .....	22
5.2.6 Μετάδοση HEV .....	24
5.2.7 Μετάδοση HRV .....	24
5.2.8 Μετάδοση SaV .....	25
5.2.9 Μετάδοση αδενοϊών .....	25
5.2.10 Μετάδοση αστροϊών .....	25
5.2.11 Μετάδοση MERS-CoV .....	25
5.2.12 Μετάδοση ιού της πολιομυελίτιδας .....	26
<b>5.3 Επιδημιολογία τροφιμογενών ιών .....</b>	<b>26</b>
5.3.1 Επιδημιολογία NoV .....	26
5.3.2 Επιδημιολογία HAV .....	27
5.3.3 Επιδημιολογία HEV .....	28
5.3.4 Επιδημιολογία άλλων τροφιμογενών ιών .....	28
<b>5.4 Συμπτώματα ασθενειών τροφιμογενών ιών .....</b>	<b>29</b>
5.4.1 Συμπτώματα NoV .....	29



5.4.2 Συμπτώματα HAV .....	29
5.4.3 Συμπτώματα HEV.....	29
5.4.5 Συμπτώματα HRV .....	30
5.4.6 Συμπτώματα αστροϊών .....	30
5.4.7 Συμπτώματα SaV .....	30
5.4.8 Συμπτώματα αδενοϊών .....	30
5.4.9 Συμπτώματα MERS-CoV.....	31
5.4.10 Συμπτώματα ιού πολιομυελίτιδας .....	31
<b>5.5 Ανίχνευση τροφιμογενών ιών .....</b>	<b>31</b>
5.5.1 Ανίχνευση σε τρόφιμα .....	31
5.5.2 Ανίχνευση τροφιμογενών ιών σε κόπρανα.....	33
<b>5.6 Εκτίμηση κινδύνου τροφιμογενών ιών.....</b>	<b>34</b>
<b>5.7 Τρόποι πρόληψης και αντιμετώπισης της μετάδοσης των ιών στην αλυσίδα τροφίμων .....</b>	<b>35</b>
5.7.1 Τρόποι πρόληψης και αντιμετώπισης πριν από την επεξεργασία τροφίμων για έλεγχο παθογόνων .....	35
5.7.2 Έλεγχος των ιών με επεξεργασία των τροφίμων .....	35
5.7.3 Έλεγχος των ιών με τη χρήση εκχυλισμάτων .....	41
<b>6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>42</b>
<b>7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>43</b>
<b>8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>44</b>

## 1. ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

NoV:

Νοροϊός

SaV:

Σαπροϊός

HAstV:

Αστροϊός

HRV:

Ιός Ρότα

HAdV:

Αδενοϊός

HAV:

Ιός ηπατίτιδας Α

HEV:

Ιός ηπατίτιδας Ε

MERS-CoV:

Κορονοϊός αναπνευστικού συνδρόμου Μέσης Ανατολής

WHO:

Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

CDC:

Κέντρο Ελέγχου για Πρόληψη Ασθενειών

PCR:

Αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης

RT-PCR:

Αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης αντίστροφης μεταγραφής

RT-q RCR:

Ποσοτική αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης αντίστροφης μεταγραφής

ELISA:

Ενζυμική ανοσοπροσροφητική δοκιμασία

FCV:

Καλυκοϊός αιλουροειδών

MNV:

Νοροϊός ποντικού

TuV:

Ιός Tulane

Gy:

Γκρέυ (μονάδα μέτρησης απορροφηθείσης δόσης ακτινοβολίας)

## 2. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 5.7.2.1.1 σελίδα 38

## 3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα στον τομέα των τροφίμων που απασχολεί μέρος της επιστημονικής κοινότητας τις τελευταίες δεκαετίες είναι η παρουσία αλλοιωγόνων και παθογόνων μικροοργανισμών. Η ανάγκη για την παραλαβή προϊόντων οργανοληπτικά αποδεκτών από τους καταναλωτές και κυρίως ασφαλών για την υγεία τους, έχει οδηγήσει σε πληθώρα επιστημονικών μελετών που αφορούν τους μικροοργανισμούς οι οποίοι μπορεί να αποτελέσουν κίνδυνο. Επιπλέον από τα ευρήματα αυτών των μελετών έχουν παρθεί μέτρα όσον αφορά την ασφάλεια των προϊόντων σε όλα τα στάδια της αλυσίδας τροφίμων. Παράλληλα

έχουν δημιουργηθεί συστήματα για την αντιμετώπιση ενός τροφιμογενή κινδύνου σε περίπτωση που δεν υπάρξει η κατάλληλη τήρηση των μέτρων ή όταν αυτά δεν επαρκούν. Η εφαρμογή αυτών των μέτρων και συστημάτων αποτελεί απαραίτητη υποχρέωση από τη νομοθεσία για τις βιομηχανίες τροφίμων σε πολύ μεγάλο αριθμό χωρών.

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί για τους οποίους έχουν πραγματοποιηθεί οι περισσότερες μελέτες στα τρόφιμα είναι τα βακτήρια και οι μύκητες. Τα κριτήρια για την παραλαβή μικροβιολογικά σταθερών τροφίμων και οι μέθοδοι επεξεργασίας τους για να θεωρούνται ασφαλή για ανθρώπινη κατανάλωση βασίζονται στη μείωση του βακτηριακού πληθυσμού. Ωστόσο τα μικροβιολογικά κριτήρια και οι μέθοδοι επεξεργασίας που υφίστανται δεν επαρκούν αρκετές φορές για την απενεργοποίηση των ιών από τα τρόφιμα. Ταυτόχρονα η επιστημονική βιβλιογραφία για την μετάδοση των ιών μέσω των τροφίμων εμφανίζεται ελλιπής σε σχέση με αυτή των βακτηρίων και μυκήτων. Το ίδιο ισχύει και για τα συστήματα που καταγράφουν λοιμώξεις τροφικής προέλευσης. Τα δεδομένα για ασθένειες που έχουν προκληθεί από τρόφιμα μολυσμένα με ιό είναι περιορισμένα. Τα κενά που υπάρχουν όσον αφορά την κατανόηση της μετάδοσης των ιών στα τρόφιμα δυσκολεύουν τη θέσπιση μέτρων και συστημάτων για την παραλαβή ασφαλών τροφίμων από ιούς και την αντιμετώπιση ιογενών λοιμώξεων.

Λόγω όσων προαναφερθήκαν και εξαιτίας του γεγονότος ότι τα τελευταία χρόνια οι ιοί αποτελούν μία από τις βασικές αιτίες τροφιμογενών λοιμώξεων, εάν όχι την πιο κοινή σε πληθώρα χωρών, η πτυχιακή αυτή εργασία χρησιμοποιώντας μέρος της διαθέσιμης επιστημονικής βιβλιογραφίας επικεντρώνεται στη μετάδοση παθογόνων ιών μέσω της αλυσίδας τροφίμων, στους κινδύνους που εγκυμονούν από τη μετάδοση και στους τρόπους πρόληψης και αντιμετώπισης των κινδύνων.

#### 4. ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της εργασίας είναι να εξοικειώσει τον αναγνώστη με τους πιο κοινούς τροφιμογενείς ιούς και κατά κύριο λόγο να τον πληροφορήσει για τρόπους μετάδοσης αυτών μέσω της αλυσίδας τροφίμων, για τις συνέπειες που προκύπτουν από τη μετάδοση και για τα τρόφιμα που συνδέονται περισσότερο με αυτή. Επιπλέον η εργασία αποσκοπεί και στην παρουσίαση τρόπων αντιμετώπισης της μετάδοσης και των συνεπειών της.

## 5. ΚΥΡΙΩΣ ΘΕΜΑ

### 5.1 Παθογόνοι ιοί στην αλυσίδα τροφίμων

#### 5.1.1 Γενικά περί ιών

Οι ιοί αποτελούν μία ευρεία κατηγορία μικροοργανισμών. Είναι ιδιαίτερα μικροσκοπικοί με μέγεθος το οποίο δεν ξεπερνά τα 400 nm (Koormans M. και άλλοι, 2003). Όσον αφορά τη δομή τους, διαθέτουν γενετικό υλικό το οποίο μπορεί να είναι DNA ή RNA, είτε μονόκλωνο είτε δίκλωνο. Το νουκλεϊκό οξύ επικαλύπτεται από ένα πρωτεϊνικό περίβλημα. Επιπλέον οι ιοί χαρακτηρίζονται ως περικαλυμμένοι ή μη ανάλογα με την ύπαρξη ή μη διπλής στοιβάδας λιπιδίων. Για να μπορέσουν να πολλαπλασιαστούν χρειάζεται να εισβάλλουν σε κύτταρα άλλων ζωντανών οργανισμών, πράγμα το οποίο τους καθιστά υποχρεωτικά ενδοκυτταρικά παράσιτα (Bosch A. και άλλοι, 2018). Τα κύτταρα στα οποία εισέρχονται ονομάζονται κύτταρα ξενιστές. Αντίστοιχα και οι οργανισμοί που διαθέτουν αυτά τα κύτταρα χαρακτηρίζονται ως ξενιστές. Η εισβολή ιών σε έναν οργανισμό καθώς και ο πολλαπλασιασμός τους μέσα σε αυτόν ενδέχεται να του προκαλέσουν ασθένεια. Για να προκληθεί ασθένεια είναι απαραίτητο συγκεκριμένος τύπος ιού να εισβάλλει σε κατάλληλο ξενιστή και συγκεκριμένα στον κατάλληλο κυτταρικό τύπο του ξενιστή. Ο τρόπος μετάδοσης των ιών ποικίλει. Η επαφή με σταγονίδια προερχόμενα από το στόμα μολυσμένου ατόμου, η έκθεση σε μολυσμένα ζώα, η επαφή με μολυσμένα κόπρανα από άτομο προσβεβλημένο με εντερικό ιό ή με μολυσμένο αίμα από άνθρωπο προσβεβλημένο με αιματογενή ιό αποτελούν χαρακτηριστικές περιπτώσεις που καθιστούν εφικτή τη μόλυνση (Koormans M. και άλλοι, 2003).

#### 5.1.2 Κατηγορίες ιών που εμφανίζονται στην αλυσίδα τροφίμων

Οι ιοί που μεταδίδονται στην αλυσίδα τροφίμων είναι εντερικής προέλευσης. Συνήθως πραγματοποιείται διαχωρισμός αυτών σε τρεις κατηγορίες βάσει του τύπου της ασθένειας που προκαλούν. Οι κατηγορίες είναι οι εξής:

- Ιοί που ευθύνονται για γαστρεντερίτιδα. Σε αυτούς συμπεριλαμβάνονται τα δύο γένη εντερικών καλυκοϊών, δηλαδή οι ιοί τύπου Norwalk (νοροϊοί) και οι τυπικοί καλυκοϊοί (σαπροϊοί). Άλλα ιοί που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι οι αστροϊοί, οι ιοί Ρότα και οι εντερικοί αδενοϊοί (Koormans M. και άλλοι, 2002).
- Ιοί που ευθύνονται για ηπατίτιδα και μεταδίδονται μέσω κοπράνων όπως ο ιός ηπατίτιδας Α και ο ιός ηπατίτιδας Ε.
- Ιοί που ευθύνονται για άλλες ασθένειες όπως εντεροϊοί ή ιοί που ενδέχεται να εντοπιστούν στον ανθρώπινο εντερικό σωλήνα και πολλαπλασιάζονται μέσα σε αυτόν αλλά προκαλούν λοιμώξεις μετά από μετανάστευσή τους σε διαφορετικά όργανα ή συστήματα οργάνων (Koormans M. και άλλοι, 2002).

Οποιοσδήποτε ιός που ευθύνεται για την πρόκληση ασθένειας μετά από κατάποση μπορεί να θεωρηθεί τροφιμογενής. Ωστόσο οι ιογενείς ασθένειες τροφικής προέλευσης που παρουσιάζονται με τη μεγαλύτερη συχνότητα είναι η γαστρεντερίτιδα από NoV, η ηπατίτιδα A από HAV και η ηπατίτιδα E από HEV (Kooormans M. και άλλοι, 2003).

### 5.1.3 Καλυκοϊοί, νοροϊός και σαπρωϊός

Οι καλυκοϊοί που συναντιούνται στον άνθρωπο είναι ο νοροϊός και ο σαπρωϊός. Διαθέτουν για γενετικό υλικό μονόκλωνο RNA μεγέθους 7,3- 8,3 kb (Rodriguez-Lázaro D. και άλλοι, 2012). Το γονιδίωμα περιλαμβάνει πληροφορίες για τη σύνθεση μη δομικών πρωτεϊνών. Οι πρωτεΐνες αυτές εντοπίζονται στο 5' άκρο του γονιδιώματος ενώ στο 3' άκρο βρίσκεται μία βασική δομική πρωτεΐνη. Το γενετικό υλικό τους εμφανίζει θετική πολικότητα (Kooormans M. και άλλοι, 2002). Οι καλυκοϊοί δεν παρουσιάζουν περίβλημα και έχουν σχήμα σφαιρικό ενώ σε σχέση με τους περισσότερους ιούς έχουν μικρή διάμετρο η οποία κυμαίνεται από 28 έως 35 nm για το νοροϊό (Kooormans M. και άλλοι, 2002) και από 30 έως 38 nm για τον σαπρωϊό (Todd CD E. και άλλοι, 2015). Ο NoV και ο SaV κατατάσσονται στην οικογένεια Caliciviridae, ως τα γένη Norovirus και Sapovirus αντίστοιχα. Άλλα γένη που ανήκουν στην οικογένεια είναι τα Lagovirus, Vasivirus και Sepovirus (B. Velebit και άλλοι, 2019).

Ο NoV χωρίζεται σε 5 διαφορετικές γονοομάδες (GI-GV). Οι γονοομάδες εμφανίζουν διαφορά στις πρωτεΐνες καψίδια, κάτι το οποίο διαπιστώνεται μετά από φυλογενετική ανάλυση. Μέχρι στιγμής έχει βρεθεί ότι οι γονοομάδες GI, GII και GV έχουν τη δυνατότητα να μολύνουν τον ανθρώπινο οργανισμό. Στελέχη της γονοομάδας GII φαίνεται ότι ευθύνονται για τη συντριπτική πλειοψηφία κρουσμάτων και ξεσπασμάτων λοίμωξης από νοροϊό. Ωστόσο παρατηρείται ότι τα στελέχη GII συνδέονται με περιπτώσεις επιδημιών που μεταδίδονται από άτομο σε άτομο και εγκαταστάσεις όπως νοσοκομεία. Αντιθέτως σε ξεσπάσματα όπου η μετάδοση του νοροϊού πραγματοποιείται μέσω τροφίμων, τα στελέχη GII σχετίζονται σε μικρό βαθμό. Πέρα από τους ανθρώπους, ο νοροϊός μπορεί να μολύνει διάφορα ζώα όπως κατοικίδια, χοίρους, αγελάδες, πρόβατα και ποντίκια (B. Velebit και άλλοι, 2019). Ο ιός αποτελεί μία από τις πιο κοινές αιτίες γαστρεντερίτιδας αλλά και γενικότερα τροφικής λοίμωξης παγκοσμίως (Newwell DG και άλλοι, 2010) (Moore M. και άλλοι, 2015).

Ο σαπρωϊός διακρίνεται σε 7 γονοομάδες (GI-GVII). Σαπρωϊοί ικανοί να μολύνουν ανθρώπους συναντιούνται στις ομάδες GI, GII, GIV και GV, ενώ ιοί από τις υπόλοιπες ομάδες μπορεί να βρεθούν σε χοίρους. Ο SaV είναι υπαίτιος για ορισμένες εξάρσεις γαστρεντερίτιδας, κάτι τέτοιο όμως αποτελεί αρκετά σπάνιο φαινόμενο σε σχέση με τα ξεσπάσματα λοίμωξης από NoV. Η γαστρεντερίτιδα από τον SaV εμφανίζεται σποραδικά (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

#### 5.1.4 Ιοί της ηπατίτιδας A και E

Ιοί που ευθύνονται για την ασθένεια της ηπατίτιδας κατηγοριοποιούνται σε εντερικά μεταδιδόμενους ιούς όπως τον HAV και τον HEV και σε ιούς που μεταδίδονται παρεντερικά, δηλαδή όταν κάποιος έρθει σε επαφή με μολυσμένα από τον ιό υγρά όπως αίμα ή σπέρμα. Οι παρεντερικά μεταδιδόμενοι ιοί όπως αυτοί της ηπατίτιδας B,C,D και G δεν μεταδίδονται μέσω της τροφής (Koormans M. και άλλοι, 2002).

Ο HAV αποτελεί μέλος του γένους Hepatovirus της οικογένειας Picornaviridae, στην οποία συμπεριλαμβάνονται και οι εντεροϊοί. Όσον αφορά τη γενετική του ποικιλομορφία, ο ιός παρουσιάζει έξι διαφορετικούς γονότυπους. Από αυτούς ο 1, 2 και 3 έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν λοίμωξη στους ανθρώπους (B. Velebit και άλλοι, 2019). Επιπλέον ο ιός έχει εντοπιστεί και σε πρωτεύοντα θηλαστικά αλλά όχι σε άλλα ζώα. Ο HAV διαθέτει για γενετικό υλικό μονόκλωνο RNA θετικής πολικότητας και μήκους 7,5 kb, το οποίο περιβάλλεται από μία εικοσάεδρη κάψουλα μήκους 30 nm. Σε αντίθεση με τους ιούς της οικογένειας Caliciviridae, στο γονιδίωμα του HAV τα γονίδια που κωδικοποιούν τις μη δομικές πρωτεΐνες συναντώνται στο 3' άκρο του γενετικού υλικού και αυτά που ευθύνονται για τη σύνθεση των δομικών πρωτεϊνών στο 5' άκρο. Ο ιός είναι μικρός, έχοντας διάμετρο μεταξύ 27 με 32 nm. Δεν παρουσιάζει περίβλημα και διαθέτει σχήμα σφαιρικό (Koormans M. και άλλοι, 2002). Ο HAV αποτελεί μία από τις πιο κοινές αιτίες ηπατίτιδας.

Ο HEV λόγω ορισμένων ιδιαζόντων χαρακτηριστικών του δεν έχει καταταχθεί σε μία επισήμως αναγνωρισμένη οικογένεια ιών. Ωστόσο εμφανίζει ορισμένα κοινά γνωρίσματα με τους ιούς της οικογένειας Caliciviridae. Ο ιός ανήκει στο γένος Heparivirus, δεν εμφανίζει περίβλημα και είναι εικοσάεδρος. Ο HAV παρουσιάζει ελαφρώς μεγαλύτερη διάμετρο από τον HAV η οποία κυμαίνεται γύρω στα 35 nm. Το γενετικό υλικό του ιού αποτελεί μονόκλωνο μόριο RNA θετικής πολικότητας και μήκους 7 kb. Τα στελέχη του μπορούν να εμφανιστούν με 4 διαφορετικούς γονότυπους. Όλοι οι γονότυποι έχει παρατηρηθεί ότι μπορούν να μεταδοθούν μέσω των ανθρώπων και να προκαλέσουν ξεσπάσματα λοίμωξης. Οι γονότυποι 1 και 2 έχουν εντοπιστεί προς το παρόν αποκλειστικά σε ανθρώπους, ενώ οι 3 και 4 έχουν εμφανιστεί και σε ζώα όπως χοίρους και κατοικίδια (B. Velebit και άλλοι, 2019).

#### 5.1.5 Ιός Ρότα

Ο ιός ρότα είναι ένας εντεροϊός ο οποίος ανήκει στην οικογένεια Reoviridae. Διαθέτει για γενετικό υλικό δίκλωνο μόριο RNA, το οποίο περιβάλλεται από τρία στρώματα εικοσάεδρης πρωτεϊνικής κάψουλας. Όπως και οι προαναφερόμενοι ιοί, ο HRV δεν εμφανίζει περίβλημα. Ωστόσο η διάμετρος ενός σωματιδίου του μπορεί να είναι ακόμα και υπερδιπλάσια σε μέγεθος σε σχέση με τους προηγούμενους, φτάνοντας τα 76,5 nm. Ο HRV προκαλεί γαστρεντερίτιδα και αφυδάτωση κυρίως σε παιδιά. Είναι αρκετά σπάνιο ο ιός να προκαλέσει λοίμωξη σε ενήλικες. Ο ιός

διακρίνεται σε πέντε διαφορετικούς τύπους / ομάδες που αναφέρονται ως A, B,C, D, E. Ο τύπος A είναι αυτός που σε συντριπτική πλειοψηφία μολύνει τις παιδικές ηλικίες και προκαλεί τις προαναφερόμενες επιπτώσεις (Newwell DG και άλλοι, 2010). Ο τύπος B έχει εντοπιστεί σε άτομα όλων των ηλικιών, ενώ ο τύπος C έχει συσχετιστεί με ορισμένα ξεσπάσματα διάρροιας σε παιδιά. Σε συνθήκες που αντικατοπτρίζουν αυτές του περιβάλλοντος του στομαχιού ατόμων άνω των 3 ετών, δηλαδή σε pH=2 και σε θερμοκρασίας 37 °C, έχει βρεθεί ότι ο ιός απενεργοποιείται γρήγορα (Todd CD E. και άλλοι, 2015). Αυτό το εύρημα φαίνεται ότι εξηγεί το λόγο για τον οποίο ο ιός ρότα προκαλεί κυρίως λοίμωξη σε μικρά παιδιά, αφού το pH του στομαχιού τους έχει υψηλότερη τιμή.

#### 5.1.6 Αστροϊοί

Το γένος *Astrovirus* αποτελείται από παθογόνους ιούς που έχουν συνδεθεί με συμπτώματα γαστρεντερίτιδας κατά κύριο λόγο, η οποία μπορεί να είναι και τροφिमογενής. Οι αστροϊοί αποτελούν μέλη της οικογένειας *Astroviridae* και χωρίζονται σε 7 διαφορετικούς ορότυπους. Πρόκειται για ιούς που δεν εμφανίζουν περίβλημα και διαθέτουν για γενετικό υλικό δίκλωνο RNA θετικής πολικότητας. Το RNA περιβάλλεται από καψίδιο διαμέτρου 35 nm (Todd CD E. και άλλοι, 2015). Οι αστροϊοί έλαβαν αυτό το όνομα διότι κατά την παρατήρησή τους σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο παρουσιάζουν μορφή που μοιάζει με αστέρι με 5 ή 6 ακτίνες (Seymour I. J. και άλλοι, 2001).

#### 5.1.7 Αδενοϊοί

Οι αδενοϊοί αποτελούν το γένος *Mastadenovirus*, το οποίο ανήκει στην οικογένεια *Adenoviridae*. Πρόκειται για εικοσάεδρους ιούς που δεν εμφανίζουν περίβλημα και διαθέτουν για γονιδίωμα δίκλωνο μόριο DNA μήκους 28 με 45 kb. Οι αδενοϊοί χωρίζονται σε είκοσι διαφορετικά είδη εκ των οποίων τα 5 παρουσιάζονται στον ανθρώπινο οργανισμό. Οι ανθρώπινοι αδενοϊοί έχουν διακριθεί σε 51 ορότυπους, οι οποίοι έχουν κατηγοριοποιηθεί σε 6 υποομάδες από A μέχρι F (Rodriguez-Lázaro D. και άλλοι, 2012). Οι αδενοϊοί αποτελούν ορισμένους από τους μεγαλύτερους τροφिमογενείς ιούς με διάμετρο που κυμαίνεται από 70 με 100 nm (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

Οι αδενοϊοί ευθύνονται για την πρόκληση διαφόρων ασθενειών και κυρίως γαστρεντερίτιδας στις παιδικές ηλικίες. Κύριοι υπαίτιοι της παιδικής γαστρεντερίτιδας είναι οι ορότυποι 40 και 41 που κατατάσσονται στην F υποομάδα (Rodriguez-Lázaro D. και άλλοι, 2012).

#### 5.1.8 MERS-CoV

Ο MERS-CoV ανήκει στο γένος *Betacoronavirus*, το οποίο κατατάσσεται στην οικογένεια *Coronavirinae*. Ο ιός διαθέτει για γενετικό υλικό μονόκλωνο RNA θετικής



πολικότητας και μήκους γύρω στις 30 kb. Σε αντίθεση με όλους τους προαναφερόμενους ιούς, ο MERS-CoV εμφανίζει περίβλημα. Θεωρείται πιθανό ότι ο ιός προκαλεί λοίμωξη και μέσω τροφίμων, αν και οι βασικοί τρόποι μετάδοσής του είναι διαφορετικοί (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

#### 5.1.9 Ιός της πολιομυελίτιδας

Ο ιός της πολιομυελίτιδας αποτελεί μέλος του γένους *Enterovirus* το οποίο ανήκει στην οικογένεια *Picornaviridae*. Είναι μικρός σε μέγεθος και διαθέτει για γενετικό υλικό μονόκλωνο RNA περικαλυμμένο με εικοσάεδρη κάψουλα. Ο ιός έχει συσχετιστεί με τροφιμογενείς ασθένειες. Ωστόσο όπως και στην περίπτωση του MERS-CoV οι βασικοί τρόποι μετάδοσής του δεν είναι μέσω των τροφίμων. Στο παρελθόν είχε αποτελέσει πρόβλημα για την επιστημονική κοινότητα, προκαλώντας εξάρσεις. Πλέον όμως έχουν εξαλειφθεί σε μεγάλο βαθμό (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

### 5.2 Μετάδοση ιών στην αλυσίδα τροφίμων

#### 5.2.1 Γιατί οι παθογόνοι ιοί μεταδίδονται εύκολα στην αλυσίδα τροφίμων;

Παρά τη συνεχή εξέλιξη της μικροβιολογίας, της επιστήμης και τεχνολογίας τροφίμων και συγκεκριμένα των συστημάτων και των προληπτικών και προστατευτικών μέτρων που έχουν παρθεί στα διάφορα στάδια της βιομηχανίας τροφίμων για την απενεργοποίηση και τον έλεγχο σε αποδεκτά επίπεδα παθογόνων και αλλοιωγόνων μικροοργανισμών, η μετάδοση ιών στην αλυσίδα τροφίμων αποτελεί ακόμα και σήμερα σημαντικό πρόβλημα για το οποίο υφίστανται αρκετοί λόγοι. Πρώτα απ' όλα για τον ποιοτικό έλεγχο της μικροβιολογικής σταθερότητας των τροφίμων στη βιομηχανία χρησιμοποιούνται κριτήρια βασισμένα σε τυπικούς αριθμούς κολοβακτηριδίων, που αποτελούν δείκτες για μόλυνση με κόπρανα (Newwell DG και άλλοι, 2010). Τα κριτήρια αυτά δεν επιβεβαιώνουν ασφάλεια από ιογενείς ασθένειες. Επιπλέον αποτελεσματικές μέθοδοι ανίχνευσης των ιών σπάνια συναντιούνται σε εργαστήρια μικροβιολογίας τροφίμων (Kooormans M. και άλλοι, 2002). Για παράδειγμα κατά την καλλιέργεια κυττάρων, διαδικασία που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό παθογόνων μικροοργανισμών, οι τροφιμογενείς ιοί αναπτύσσονται σε μικρό βαθμό ή ενδεχομένως και καθόλου (Kooormans M. και άλλοι, 2003).

Στη αλυσίδα τροφίμων προκαλεί δυσκολία και το γεγονός ότι τρόφιμα τα οποία κουβαλούν ιικό φορτίο ικανό να προκαλέσει λοίμωξη διαθέτουν γεύση, οσμή και εμφάνιση ακριβώς ίδια με ένα μη μολυσμένο προϊόν. Και αυτό υφίσταται διότι οι ιοί δεν πολλαπλασιάζονται μέσα στα τρόφιμα. Οι ιοί όπως προαναφέρθηκε

χρειάζεται να εισβάλλουν μέσα σε κύτταρα ζωντανών οργανισμών για να αναπαραχθούν και να αυξηθεί ο πληθυσμός τους (Newwell DG και άλλοι, 2010).

Επιπλέον από την παρατήρηση των χαρακτηριστικών της δομής των τροφιμογενών ιών, διαπιστώνεται ότι οι περισσότεροι είναι μικροί σε μέγεθος και δεν διαθέτουν περίβλημα (Koormans M. και άλλοι, 2002). Ιοί με τέτοια δομικά χαρακτηριστικά επιβιώνουν με μεγαλύτερη ευκολία σε αντίξοες συνθήκες σε σχέση με αυτούς που έχουν μεγαλύτερο μέγεθος και παρουσιάζουν περίβλημα (Newwell DG και άλλοι, 2010). Πράγματι, η πλειοψηφία των παθογόνων ιών που επιβιώνουν σε τρόφιμα και στο νερού εμφανίζουν μεγάλη ανθεκτικότητα σε διάφορες περιβαλλοντικές παραμέτρους. Για παράδειγμα δεν επηρεάζονται στον ίδιο βαθμό από τις μεταβολές pH και από τη θερμότητα σε σχέση με πληθώρα βακτηρίων. Εξαιτίας αυτής της ανθεκτικότητας είναι πιθανό οι ιοί να επιβιώσουν στα τρόφιμα μετά από επεξεργασία, επαρκή για την απενεργοποίηση βακτηρίων, αλλά ανεπαρκή για την απενεργοποίησή τους (Koormans M. και άλλοι, 2003). Μάλιστα έχουν εντοπιστεί στο λιανικό εμπόριο τρόφιμα με μεγάλο αριθμό παθογόνων ιών τα οποία πληρούν τις νομοθετικές διατάξεις μικροβιολογικού ελέγχου (Newwell DG και άλλοι, 2010). Επομένως προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα μέτρα που έχουν ληφθεί για την υγιεινή των τροφίμων και γενικότερα για την πρόληψη ανάπτυξης παθογόνων και αλλοιογόνων μικροοργανισμών, έχουν χαμηλότερη αποτελεσματικότητα απέναντι στους ιούς σε σχέση με τα βακτήρια.

Είναι επίσης σημαντικό να αναφερθεί ότι οι τροφιμογενείς ιοί εμφανίζουν διαφορές μεταξύ τους σε μεθόδους απενεργοποίησης. Για παράδειγμα θεωρείται ότι ο ιός της ηπατίτιδας Α και Ε είναι σε γενικές γραμμές πιο ανθεκτικοί απέναντι σε μεθόδους απενεργοποίησης από ότι οι αδενοϊοί και ο ιός της πολιομυελίτιδας (Bosch A. και άλλοι, 2018). Ωστόσο πέρα από αυτές τις μεθόδους η ανθεκτικότητα επηρεάζεται και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν.

Άλλο ένα πρόβλημα αποτελεί το γεγονός ότι η πλειοψηφία των τροφιμογενών ιών μπορούν με μεγάλη ευκολία να μεταδοθούν και να οδηγήσουν σε μόλυνση. Και αυτό διότι εξαπλώνονται με ταχύ ρυθμό μεταξύ των ατόμων και συνήθως η μολυσματική δόση για την πρόκληση λοίμωξης είναι αρκετά χαμηλή και κυμαίνεται από 10 έως 100 μολυσματικά σωματίδια (Newwell DG και άλλοι, 2010). Για να γίνει αντιληπτό πόσο μικρός είναι ο αριθμός των 100 σωματιδίων αρκεί να αναφερθεί ότι τα κόπρανα μολυσμένων ανθρώπων και ζώων, που αποτελούν μία από τις βασικές πηγές μόλυνσης των τροφίμων, ορισμένες φορές κουβαλούν πληθυσμό ιών  $10^7$  ανά γραμμάριο ή και μεγαλύτερο (Newwell DG και άλλοι, 2010).

Πέρα από όλα όσα προαναφέρθηκαν, υφίσταται και ένας ακόμα λόγος για τον οποίο η μετάδοση μέσω των τροφίμων είναι δύσκολο να περιοριστεί. Τα συστήματα επιτήρησης τροφιμογενών ασθενειών που έχουν υιοθετηθεί από τα περισσότερα κράτη και μεν καταγράφουν ως ένα βαθμό κρούσματα από τροφιμογενείς ασθένειες, αλλά λίγα από αυτά λαμβάνουν υπ' όψη τροφιμογενείς ασθένειες από ιούς με αποτέλεσμα τα δεδομένα για λοιμώξεις από αυτούς να είναι περιορισμένα. Πέρα από αυτό, εμφανίζεται και ένα ακόμα πρόβλημα. Τα

συστήματα επιτήρησης διαφόρων κρατών θα εντοπίσουν και θα καταγράψουν τα συμπτώματα και σύνδρομα χαρακτηριστικά των τροφιμογενών λοιμώξεων ιικής προέλευσης. Για παράδειγμα κοιλιακοί πόνοι και ίκτερος για τους ιούς της ηπατίτιδας Α και Ε ή εμετός και διάρροια για τον ΝοV και τον HRV. Με βάση αυτά τα συμπτώματα εύκολα πραγματοποιείται η σύνδεση με τον ιό που τα προκάλεσε. Ωστόσο συνήθως δεν θα δοθεί έμφαση στην εύρεση κάποιου τρόφιμου ως πηγή μόλυνσης της ασθένειας από τα ίδια συστήματα επιτήρησης. Κάτι τέτοιο έχει ως συνέπεια τα ευρήματα στατιστικών ερευνών να μην είναι αντιπροσωπευτικά των περιπτώσεων ιογενείς λοίμωξης από τρόφιμα που υφίστανται στην πραγματικότητα (Newwell DG και άλλοι, 2010). Μάλιστα φαίνεται ότι υπάρχει εξαιρετικά μεγάλη απόκλιση. Για παράδειγμα στο Ηνωμένο Βασίλειο εκτιμάται ότι τα κρούσματα τροφιμογενών λοιμώξεων είναι πάνω από 130 φορές περισσότερα από ότι αναφέρονται από το εθνικό συστήματα επιτήρησης (Newwell DG και άλλοι, 2010).

Για την απόκλιση μεταξύ των στατιστικών ευρημάτων και του τι ισχύει στην πραγματικότητα υφίσταται και ένας ακόμα λόγος. Αρκετές φορές τα συμπτώματα ιογενών λοιμώξεων τροφικής προέλευσης δεν είναι ανησυχητικά και υποχωρούν μετά από μερικές ημέρες χωρίς να χρειάζεται ο πάσχοντας να απευθυνθεί απαραίτητα σε κάποιο ειδικό. Το αποτέλεσμα σε αυτές τις περιπτώσεις είναι να μην υπάρχει αναφορά της ίωσης σε σύστημα επιτήρησης ασθενειών.

### 5.2.2 Τρόποι μετάδοσης

Οι παθογόνοι ιοί ενδέχεται να αποτελέσουν παράγοντα μόλυνσης ορισμένων κατά κύριο λόγο ομάδων τροφίμων σε πληθώρα σταδίων της αλυσίδας τροφίμων συμπεριλαμβανομένων της παραγωγής, της μεταποίησης και τις προετοιμασίας αυτών. Κατά την πρωτογενή παραγωγή διάφοροι ιοί μπορεί να εισβάλλουν τόσο στα προϊόντα γεωργίας όσο και στα εκτρεφόμενα ζώα.

Συγκεκριμένα πριν από το στάδιο της συγκομιδής τα τρόφιμα που κινδυνεύουν περισσότερο είναι τα δίθυρα μαλάκια, τα φυλλώδη λαχανικά, τα πράσινα κρεμμύδια και τα μαλακά φρούτα με χαρακτηριστικά παραδείγματα τις φράουλες και τα σμέουρα (Bosch A. και άλλοι, 2018). Η μόλυνση σε αυτό το στάδιο προέρχεται κυρίως από το περιβάλλον. Η πιο συνηθής περιβαλλοντική μόλυνση συμβαίνει όταν αυτά τα τρόφιμα βρεθούν σε επαφή με νερό μολυσμένο από κόπρανα που διαθέτουν ιικό φορτίο. Για παράδειγμα ξεσπάσματα ιογενών λοιμώξεων μπορεί να ξεκινήσουν με την κατανάλωση οστρακοειδών που είχαν αναπτυχθεί και συλλεχθεί από μολυσμένα υδάτινα περιβάλλοντα (Rodriguez-Lázaro D. και άλλοι, 2012). Τροφιμογενείς ιοί μπορεί να μεταφερθούν σε καλλιεργήσιμα τρόφιμα εάν υπάρξει παροχή μολυσμένου νερού σε αυτά κατά τη διαδικασία της άρδευσης. Ιοί ενδέχεται να επιβιώσουν σε πόσιμο νερό αν δεν υποβληθεί σε κατάλληλη επεξεργασία που να οδηγεί στην απενεργοποίησή τους. Ένα ανεπαρκώς σχεδιασμένο αποχετευτικό σύστημα είναι πιθανό να υπερχειλίσει και να απελευθερώσει λύματα στο περιβάλλον μολύνοντάς το και δημιουργώντας ιογενείς εστίες. Η μόλυνση των τροφίμων με λύματα φυσικά μπορεί να προκύψει και

γενικότερα από ακατάλληλη διαχείρισή τους. Τα πράγματα περιπλέκονται ακόμα περισσότερο αν ληφθεί υπόψη ότι η μόλυνση του νερού του περιβάλλοντος από ιούς και κατά επέκταση των τροφίμων που προαναφερθήκαν μπορεί να υποβοηθηθεί από διάφορα φυσικά φαινόμενα όπως τις βροχές, τις πλημμύρες και την παλίρροια (Rodriguez-Lázaro D. και άλλοι, 2012).

Σημαντικό μέρος των ιών που καταλήγουν στον άνθρωπο μέσω της αλυσίδας τροφίμων είναι ζωικής προέλευσης. Τα εκτρεφόμενα ζώα που μολύνονται από ιούς αποτελούν πιθανή πηγή μόλυνσης των υπόλοιπων υγείων ζώων (Rodriguez-Lázaro D. και άλλοι, 2012). Για αυτό το λόγο πρέπει να αποφεύγεται η επαφή μεταξύ τους. Ωστόσο τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά. Τα κόπρανα των μολυσμένων ζώων διαθέτουν πολύ μεγάλο ιικό φορτίο. Μέσω των κοπράνων οι ιοί διαδίδονται στο περιβάλλον μολύνοντας το έδαφος και το νερό. Το μολυσμένο νερό με τη σειρά του αποτελεί πιθανή πηγή μόλυνσης για άλλα υγιή ζώα αν το καταναλώσουν. Παράλληλα από το μολυσμένο έδαφος μπορούν ιοί να μεταφερθούν σε υγιή ζώα αν αυτό αποτελεί περιοχή βοσκής τους. Με αυτόν τον τρόπο η διάδοση τροφιμογενών ιών αυξάνεται σε εύρος και είναι δυσκολότερο να ελεγχθεί. Σημαντικό πρόβλημα επίσης αποτελεί το γεγονός ότι ορισμένοι ιοί έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Ακόμα και αν έχει θεραπευτεί το ζώο, αυτοί συνεχίζουν να επιβιώνουν και να διαθέτουν μολυσματική δράση. Επιπλέον τα μολυσμένα από ιούς ζώα μεταφέρουν ιικό φορτίο και σε προϊόντα που παράγουν όπως αυγά και γάλα. Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι ορισμένες φορές είναι δύσκολο να βρεθεί εάν τα κρούσματα και οι εξάρσεις τροφιμογενών λοιμώξεων είναι αποτέλεσμα μετάδοσης του ιού μέσω κοπράνων ζωικής ή ανθρώπινης προέλευσης. Τα περιττώματα μολυσμένων ατόμων είναι εφικτό να αποτελέσουν πηγή ιικής μετάδοσης αφού όπως και στην περίπτωση των ζώων και αυτά εμφανίζουν υψηλό υικό φορτίο

Κατά τη συγκομιδή των τροφίμων και των σταδίων που επακολουθούν βασικό παράγοντα μόλυνσης αποτελούν μολυσμένοι εργάτες που συγκομίζουν τη σοδειά ή χειριστές τροφίμων που δεν ακολουθούν τις ορθές πρακτικές υγιεινής οι οποίες έχουν επιβληθεί από τη νομοθεσία. Τα πράγματα περιπλέκονται ακόμα περισσότερο διότι ένα μολυσμένο άτομο όχι μόνο αποβάλλει τον ιό κατά την περίοδο της ασθένειας αλλά ενδεχομένως ακόμα και 20 ή και περισσότερες ημέρες μετά από την αρχή της ανάρρωσης. Επιπλέον και τα ασυμπτωματικά άτομα και αυτά που έχουν έρθει πρόσφατα σε επαφή με πάσχοντα από ίωση μπορούν να αποβάλουν σημαντικό ιικό φορτίο (Kooormans M. και άλλοι, 2003). Τα τρόφιμα που κινδυνεύουν να μολυνθούν στα στάδια αυτά είναι κυρίως τα έτοιμα προς κατανάλωση όπως σαλάτες, σάντουιτς, αλλαντικά, προϊόντα αρτοποιίας και άλλα (Bosch A. και άλλοι, 2018).

### 5.2.3 Μετάδοση NoV

Ο νοροϊός κατά κύριο λόγο μεταδίδεται με άμεση επαφή από άτομο σε άτομο. Μετάδοση υφίσταται και μέσω εμετού από μολυσμένο άτομο και συγκεκριμένα από τα βλήματα ή τα σωματίδια του εμετού που βρίσκονται στον

αέρα. Επιπλέον η μετάδοση μπορεί να πραγματοποιηθεί έμμεσα από μολυσμένο νερό ή φαγητό, τα οποία βρέθηκαν σε επαφή με εμετό ή κόπρανα που εμπεριέχουν τον ιό καθώς και από μολυσμένες επιφάνειες και περιβάλλοντα (Koormans M. και άλλοι, 2002). Ο NoV μεταδίδεται με ευκολία λόγω του γεγονότος ότι είναι ιδιαίτερα ανθεκτικός σε διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος και επειδή η δόση που απαιτείται για μόλυνση είναι χαμηλή, δηλαδή 10 με 100 ιικά κύτταρα (B. Velebit και άλλοι, 2019). Ο ιός έχει βρεθεί ότι μπορεί να επιβιώσει έως και 7 ημέρες χωρίς σημαντική μείωση του πληθυσμού του σε ανοξείδωτο ατσάλι, φορμάικα και σε κεραμικές κούπες σε θερμοκρασία δωματίου μετά από εμβολιασμό (Todd CD E. και άλλοι, 2015). Ωστόσο σε ορισμένες επιφάνειες και περιβάλλοντα εάν οι συνθήκες επιβίωσης για τον NoV είναι ευνοϊκές, αυτή μπορεί να διαρκέσει από αρκετές εβδομάδες έως και περίπου ένα ολόκληρο έτος. Επιπλέον πολλές από τις ενεργές ουσίες που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων για την καταπολέμηση παθογόνων μικροοργανισμών δεν φαίνεται να έχουν επίδραση στον ιό. Ο NoV εμφανίζει ανθεκτικότητα στα απορρυπαντικά, στην αιθυλική αλκοόλη, στα κατιόντα τεταρτοταγούς αμμωνίου και σε χαμηλές συγκεντρώσεις χλωρίου. Ανθεκτικότητα από τον ιό υφίσταται και σε πολλές μεθόδους επεξεργασίας για την απενεργοποίηση παθογόνων (Seymour I. J. και άλλοι, 2001). Στον εμετό και στα κόπρανα μολυσμένων ατόμων η συγκέντρωση του ιού είναι εξαιρετικά υψηλή και μπορεί να ανέρθει σε πάνω από 1000 σωματίδια του ανά γραμμάριο εμετού. Επιπλέον οι πρώην πάσχοντες από λοίμωξη του NOV δεν αποκτούν ανοσία για περισσότερο από 18 μήνες γεγονός που επιτρέπει τη επανεμφάνιση της γαστρεντερίτιδας ακόμα και σε πληθυσμούς ατόμων που είχαν ασθενήσει και στο παρελθόν (B. Velebit και άλλοι, 2019).

Όσον αφορά τη βιομηχανία τροφίμων ο ιός μπορεί να μεταδοθεί με διάφορους τρόπους στα προϊόντα της και από αυτά στον καταναλωτή. Ένας από τους πιο χαρακτηριστικούς είναι μέσω εστιατορίων και υπηρεσιών catering. Μάλιστα τα περισσότερα ξεσπάσματα τροφιμογενών λοιμώξεων από τον ιό θεωρείται ότι ξεκινούν μέσω αυτών των υπηρεσιών (Bosch A. και άλλοι, 2018). Η μετάδοση όμως μπορεί να προκύψει και σε οποιοδήποτε στάδιο της αλυσίδας τροφίμων όπως την παραγωγή και τη μεταφορά. Η μετάδοση του ιού τόσο στις υπηρεσίες εστίασης όσο και σε άλλους τομείς και στάδια της βιομηχανίας γίνεται κυρίως εφικτή μέσω μολυσμένων εργαζομένων. Οι μολυσμένοι χειριστές τροφίμων μην τηρώντας τους κανόνες υγιεινής έρχονται σε επαφή με τρόφιμα τα οποία δεν λαμβάνουν περεταίρω επεξεργασία που να απενεργοποιεί τον ιό. Το αποτέλεσμα είναι ο NoV να επιβιώνει σε αυτά και να καταλήγει μέσα στον οργανισμό του καταναλωτή με τη βρώση. Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι έχουν υπάρξει περιπτώσεις όπου η μετάδοση του ιού πραγματοποιήθηκε μέσω ασυμπτωματικών χειριστών (Todd CD E. και άλλοι, 2015). Τρόφιμα που ευθύνονται κυρίως για επιδημίες από NoV είναι τα οστρακοειδή, τα φρέσκα προϊόντα όπως το μαρούλι και τα μούρα και τρόφιμα έτοιμα προς κατανάλωση όπως το ζαμπόν. Επιπλέον άτομα έχουν προσβληθεί από τον ιό και από την κατανάλωση μολυσμένου νερού ή και

από την βρώση τροφίμων που είχαν πλυθεί με αυτό το νερό όπως φρούτα (Todd CD E. και άλλοι, 2015), (Rodriguez-Lázaro D. και άλλοι, 2012).

#### 5.2.4 Μετάδοση HAV

Ο HAV κατά κύριο λόγο μεταδίδεται μέσω κοπράνων και λυμάτων. Συχνά παρατηρείται άμεση μετάδοση από άτομο σε άτομο σε περιοχές που επικρατούν φτωχές συνθήκες υγιεινής. Τα λύματα κατά την απόρριψή τους ενδέχεται να μολύνουν διάφορα εδάφη, καλλιέργειες τροφίμων και φυσικά υδάτινα ρεύματα, περιβάλλοντα στα οποία ο ιός μπορεί να επιβιώσει για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Συγκεκριμένα παρατηρείται επιβίωση έως και 60 ημέρες σε νερό βρύσης, αρκετές εβδομάδες στο έδαφος, σε νερά ποταμού και υπόγεια ύδατα και έως και 7 μήνες σε θαλασσινό νερό (Rodriguez-Lázaro D. και άλλοι, 2012). Με αυτό τον τρόπο ο ιός μπορεί και καταλήγει σε προϊόντα τροφίμων και πόσιμο νερό στα οποία επίσης παρουσιάζει διάρκεια ζωής για μεγάλα χρονικά διαστήματα εφόσον αυτά δεν υποστούν την απαραίτητη επεξεργασία για την απενεργοποίησή του. Από την κατανάλωση των μολυσμένων τροφίμων ενδέχεται να προκληθεί ηπατίτιδα Α. Τα οστρακοειδή, τα φρέσκα προϊόντα όπως τα μούρα και τα τρόφιμα έτοιμα προς κατανάλωση όπως και στην περίπτωση του NoV αποτελούν τις κύριες πηγές μόλυνσης HAV (Newwell DG και άλλοι, 2010) (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

#### 5.2.5 Ομάδες τροφίμων υψηλού κινδύνου για μετάδοση NoV και HAV

Για τα οστρακοειδή, τα φρέσκα προϊόντα, και τα τρόφιμα έτοιμα προς κατανάλωση υπάρχουν εκτεταμένα στοιχεία στην επιστημονική βιβλιογραφία που επιβεβαιώνουν σε μεγάλο βαθμό τη σύνδεσή τους τόσο με λοίμωξη από τον HAV όσο και τον NoV (Newwell DG και άλλοι, 2010).

Όσον αφορά τα οστρακοειδή φαίνεται ότι αποτελούν τρόφιμο υψηλού κινδύνου λόγω της συχνής μόλυνσης των περιοχών συγκομιδής τους με λύματα που κουβαλούν τους ιούς. Παράλληλα στα μολυσμένα οστρακοειδή επιβιώνουν και άλλοι ιοί οι οποίοι καταναλώνονται με τον HAV και τον NoV αυξάνοντας τον κίνδυνο παθογένειας λόγω πιθανής γονιδιακής ανάμιξης μεταξύ των ιών και σχηματισμό καινούργιων ανασυνδυασμένων (Newwell DG και άλλοι, 2010). Η πρώτη καταγεγραμμένη περίπτωση έξαρσης ηπατίτιδας Α από οστρακοειδή έλαβε χώρα στη Σουηδία το 1955, στην οποία βρέθηκαν 629 άτομα που έπασχαν από την ασθένεια. Όλα αυτά τα άτομα είχαν καταναλώσει ωμά οστρακοειδή τα οποία συνδέθηκαν με την έξαρση. Το πιο χαρακτηριστικό όμως παράδειγμα οστρακοειδών που ευθύνονται για τροφιμογενή λοίμωξη αποτελεί η μεγαλύτερη έξαρση ηπατίτιδας Α, η οποία έλαβε χώρα στη Σαγκάη της Κίνας το 1988 με 300.000 κρούσματα και ήταν άμεσα συσχετισμένη με δίθυρα μαλάκια συλλεγμένα από νερά μολυσμένα από λύματα. Άλλα γνωστά παραδείγματα εξάρσεων ηπατίτιδας Α μέσω κατεψυγμένων δίθυρων μαλακίων αν και εξαιρετικά μικρότερα στην έκταση παρατηρήθηκαν στη Βαλένθια της Ισπανίας. Το 1998 υπήρξε έξαρση με 184

κρούσματα και το 2005 με 100. Και στις δύο περιπτώσεις τα κατεψυγμένα μύδια προέρχονταν από το Περού (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

Από την κατανάλωση φρέσκων προϊόντων όπως μαρουλιών και φρέσκων κρεμμυδιών έχουν εμφανιστεί αρκετές περιπτώσεις κρουσμάτων NoV και HAV μεγάλης εμβέλειας. Θεωρείται πιθανό σε πολλά από αυτά τα συμβάντα ότι τα προϊόντα μολύνθηκαν από νερό άρδευσης.

Ξεσπάσματα NOV έχουν συνδεθεί με την κατανάλωση μαρουλιού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η έξαρση γαστρεντερίτιδας από τον ιό το 2005 με 88 πάσχοντες μετά από γεύμα που περιείχε μαρούλι σε εθνική αλυσίδα σάντουιτς στο Μίσιγκαν. Άλλες περιπτώσεις ξεσπάσματος της ασθένειας που συνδέονται με μαρούλια παρατηρήθηκαν στη Δανία το 2010 με 11 διαφορετικές εστίες και τουλάχιστον 260 κρούσματα. Τα μαρούλια αυτά είχαν εισαχθεί από τη Γαλλία (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

Όσον αφορά τα κρεμμύδια, το 2003 έλαβε χώρα έξαρση του HAV στις ΗΠΑ στο βόρειο-δυτικό Οχάιο και στην νότιο- ανατολική Πενσιλβένια με 640 πάσχοντες από ηπατίτιδα A και 4 θανάτους (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

Όσο για τα τρόφιμα έτοιμα προς κατανάλωση, η μετάδοση του ιών σε αυτά υφίστανται από μολυσμένους χειριστές τροφίμων οι οποίοι δεν ακολουθούν σωστά τις διατάξεις του κώδικα υγιεινής (Newwell DG και άλλοι, 2010). Τα μολυσμένα παρασκευασμένα τρόφιμα, που μετά το χειρισμό τους δεν υποβλήθηκαν σε διαδικασία απενεργοποίησης του ιών, αποτελούν ενδεχόμενη πηγή μόλυνσης για τον καταναλωτή (Newwell DG και άλλοι, 2010). Για παράδειγμα το 2012 στο Σάλζμπουργκ της Αυστρίας υπήρξε ξέσπασμα NoV σε γαμήλια δεξίωση. Τόσο καλεσμένοι όσο και άτομα του προσωπικού της κουζίνας κουβαλούσαν το μικρόβιο. Τελικά αποδείχθηκε ότι το προσωπικό δεν είχε λάβει την κατάλληλη εκπαίδευση για την αποφυγή μίας τέτοιας κατάστασης. Επιπλέον τα αποχωρητήρια της κουζίνας δεν επαρκούσαν για επαρκή καθαρισμό των χεριών (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

Είναι επίσης σημαντικό να αναφερθεί ότι ο NoV και ο HAV εμφανίζουν ανθεκτικότητα στην οξύτητα, πράγμα το οποίο τους επιτρέπει να επιβιώνουν σε όξινα φρούτα, με αποτέλεσμα να έχουν συνδεθεί εξάρσεις με αυτά. Το 2013 μείγμα παγωμένων μούρων που πουλήθηκε στις ΗΠΑ συνδέθηκε με τουλάχιστον 158 περιπτώσεις ηπατίτιδας A με 69 από αυτές να καταλήγουν σε εισαγωγές σε νοσοκομείο. Τα μούρα του μείγματος προερχόντουσαν από διάφορες χώρες όπως ΗΠΑ, Τουρκία, Αργεντινή και Χιλή. Το στέλεχος του ιού ηπατίτιδας A που εντοπίστηκε στα μούρα του μείγματος είχε εμφανιστεί σπάνια στις ΗΠΑ (Todd CD E. και άλλοι, 2015). Στη Γερμανία κατεψυγμένες φράουλες εισαγόμενες από την Κίνα και προσφερόμενες από εταιρεία catering προκάλεσαν μόλυνση από NoV σε περίπου 11000 άτομα με 38 να καταλήγουν σε νοσοκομείο για θεραπεία (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

### 5.2.6 Μετάδοση HEV

Ο HEV σε αντίθεση με τους προαναφερόμενους ιούς σπάνια μεταδίδεται από άτομο σε άτομο. Ο ιός μπορεί να προσβάλλει εξημερωμένα ζώα όπως κατοικίδια με αποτέλεσμα να υπάρχει πιθανότητα μετάδοσης μέσω αυτών στους ιδιοκτήτες τους. Οι περιπτώσεις αυτές είναι όμως σποραδικές. Οι βασικές πηγές μετάδοσης είναι το μολυσμένο νερό και τα μολυσμένα τρόφιμα συνήθως από κόπρανα με υικό φορτίο. Επίσης υψηλό ρίσκο μετάδοσης του ιού υπάρχει και σε άτομα που χειρίζονται εξημερωμένα ζώα φάρμας ή σε ταξιδιώτες που επισκέπτονται χώρες με συχνές εξάρσεις της ηπατίτιδας E. Τα τρόφιμα που έχουν συνδεθεί με λοίμωξη από τον ιό είναι ζωικής προέλευσης όπως ελάφι, πατέ συκωτιού, κρέας αγριογούρουνου, ανεπαρκώς ψημένο ή ωμό χοιρινό και λουκάνικο (B. Velebit και άλλοι, 2019). Μερικά παραδείγματα ερευνών για τη σχέση της ηπατίτιδας A με την κατανάλωση τέτοιων προϊόντων είναι τα εξής:

- Στη Γερμανία είχε πραγματοποιηθεί έρευνα ελέγχοντας συστηματικά περιπτώσεις κρουσμάτων της ηπατίτιδας E και συνέδεε την κατανάλωση εντοσθίων και κρέατος αγριογούρουνου με αύξηση της πιθανότητας πρόκλησης της ασθένειας.
- Το 2007 στη Γαλλία βρέθηκε ότι 13 άτομα που κατανάλωσαν παραδοσιακό λουκάνικο παραγόμενο με συκώτι χοίρου, πάσχισαν από ηπατίτιδα E.
- Στην Ιαπωνία από μικρά ξεσπάσματα της ασθένειας που είχαν καταγραφεί θεωρήθηκε ότι πιθανότατα υφίσταται μετάδοση της ασθένειας από την κατανάλωση ανεπαρκώς μαγειρεμένου ή ωμού κρέατος (B. Velebit και άλλοι, 2019).

Ωστόσο δεν διαθέτουν όλες οι έρευνες πάνω σε αυτά τα φαγητά επαρκή στοιχεία για να αποδειχθούν με σιγουριά τα ευρήματά τους (B. Velebit και άλλοι, 2019).

### 5.2.7 Μετάδοση HRV

Οι ιοί ρότα κατά κύριο λόγο μεταδίδονται από άτομο σε άτομο. Διαφορετικοί τρόποι μετάδοσης δεν έχουν μελετηθεί σε μεγάλο βαθμό (Newwell DG και άλλοι, 2010). Όσον αφορά τα τρόφιμα, μπορεί να βρεθούν σε νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή ορισμένων. Θεωρείται πως μολυσμένο νερό αναμειγμένο με σκόνη γάλακτος για βρέφη είναι υπαίτιο για την πρόκληση λοίμωξης από HRV. Στη μετάδοση του ιού συμβάλλει το γεγονός ότι επιβιώνει για μεγάλο χρονικό διάστημα στο περιβάλλον. Επιπλέον η διάρκεια ζωής του HRV μπορεί να παραταθεί από την ψύξη. Για παράδειγμα έχει βρεθεί ότι σε θερμοκρασία δωματίου ο ιός επιβιώνει 25, 4 και 15 ημέρες σε μαρούλι, ραπανάκι και καρότο αντίστοιχα. Αντιθέτως σε θερμοκρασία ψύξης η διάρκεια ζωής του αυξάνεται σε 30, 30 και 25 ημέρες στα αντίστοιχα τρόφιμα (Todd CD E. και άλλοι, 2015).



### 5.2.8 Μετάδοση SaV

Ο SaV εμφανίζει σε μεγάλο βαθμό κοινές πηγές και παρόμοιους τρόπους μετάδοσης με τον NoV και τον HAV. Ο ιός μπορεί να μεταδοθεί από άτομο σε άτομο μέσω επαφής με μολυσμένα κόπρανα και βλήματα εμετού. Επαφή με μολυσμένες επιφάνειες επίσης ενδέχεται να οδηγήσει σε λοίμωξη. Ειδικότερα, στην αλυσίδα τροφίμων η μόλυνση των προϊόντων γίνεται από χειριστές που κουβαλούν ικό φορτίο. Επιπλέον κακή διαχείριση λυμάτων ενδέχεται να οδηγήσει σε μολυσμένα νερά μέσω των οποίων μπορεί να μεταδοθεί ο ιός σε καλλιέργειες. Φρέσκα προϊόντα και οστρακοειδή για άλλη μια φορά αποτελούν τρόφιμα με υψηλότερο κίνδυνο πρόκλησης ασθένειας σε σχέση με τα υπόλοιπα (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

### 5.2.9 Μετάδοση αδενοϊών

Οι αδενοϊοί μπορούν να μολύνουν μέσω περιπτώματων διάφορες περιβαλλοντικές εκτάσεις ή επιφάνειες μέσα σε κτίρια. Επιπλέον μπορούν να εξαπλωθούν σε νερό που χρησιμοποιείται για ψυχαγωγία ή σε νερό βρύσης (Todd CD E. και άλλοι, 2015). Από τις μολυσμένες επιφάνειες και το μολυσμένο νερό βρύσης υπάρχει κίνδυνος μετάδοσης σε τρόφιμα.

### 5.2.10 Μετάδοση αστροϊών

Τα κόπρανα είτε παιδιών είτε διαφόρων ζώων όπως κατοικίδιων, ζώων αγροκτήματος, ποντικών και νυχτερίδων αποτελούν όχημα μετάδοσης των αστροϊών. Οι αστροϊοί μέσω των κοπράνων ενδέχεται να εξαπλωθούν σε διάφορες υδάτινες μάζες όπως πόσιμο και θαλασσινό νερό. Σε υδάτινο περιβάλλον εμφανίζουν σταθερότητα. Εξαιτίας αυτού μπορούν μέσω του νερού να μολύνουν άμεσα ή έμμεσα τον άνθρωπο. Άμεσα όταν άτομα έρχονται σε επαφή με μολυσμένο θαλασσινό νερό ή νερό πισίνας. Έμμεσα όταν μολυσμένο νερό έρθει σε επαφή με δίθυρα μαλάκια και φρέσκα προϊόντα όπως φράουλες, μαρούλια και πράσινα κρεμμύδια, τα οποία θα καταναλωθούν χωρίς να υποστούν επαρκή επεξεργασία για την απενεργοποίησή τους. Επιπλέον οι αστροϊοί μπορεί να μεταδοθούν σε τρόφιμα και μέσω επιφανειών και εξοπλισμού κοπής, όπου και εμφανίζουν σημαντική διάρκεια επιβίωσης (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

### 5.2.11 Μετάδοση MERS-CoV

Ο MERS-CoV μεταδίδεται κατά κύριο λόγο από άτομο σε άτομο με επαφή, με το σάλιο ή με σταγονίδια από φτέρνισμα ή βήχα. Ωστόσο υφίστανται στοιχεία που υποστηρίζουν ότι η μετάδοση μπορεί να προκύψει και μέσω προϊόντων προερχόμενων από αραβική καμήλα, που προορίζονται για κατανάλωση όπως γάλα. Ο ιός μπορεί να εντοπιστεί στους μαστούς της καμήλας και η έλλειψη καθαρισμού τους πριν από το άρμεγμα να οδηγήσει σε μόλυνση του γάλακτος. Το

γάλα μπορεί να μολυνθεί και από κόπρανα ή σάλια της καμήλας με ιικό φορτίο ή ακόμα και από μολυσμένους χειριστές (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

### 5.2.12 Μετάδοση ιού της πολιομυελίτιδας

Γενικά οι εντεροϊοί μεταδίδονται από άτομο σε άτομο μέσω επαφής ή μέσω κοπράνων από μολυσμένο άτομο, κάτι το οποίο ισχύει και για τον ιό της πολιομυελίτιδας. Ωστόσο ο ιός μπορεί να βρεθεί και σε υδάτινες μάζες και μέσω αυτών να εξαπλωθεί στον πληθυσμό. Επίσης δεν έχει παρατηρηθεί μέχρι στιγμής μετάδοση των εντεροϊών μέσω των ζώων. Ο άνθρωπος φαίνεται πως αποτελεί αποκλειστικό ξενιστή τους (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

## 5.3 Επιδημιολογία τροφιμογενών ιών

### 5.3.1 Επιδημιολογία NoV

Ο νοροϊός αποτελεί μία από τις πιο κοινές αιτίες γαστρεντερίτιδας και την πιο συχνή αιτία τροφιμογενούς λοίμωξης σε πληθώρα χωρών (Moore M. και άλλοι, 2015). Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας αναφέρει ότι παρατηρούνται σχεδόν 15 εκατομμύρια περιπτώσεις της ασθένειας στην Ευρώπη ετησίως με περίπου 400 θανάτους εξαιτίας της. Ο WHO εκτιμά ότι ο ιός αποτελεί την μεγαλύτερη σε συχνότητα αιτία πρόκλησης τροφιμογενούς ασθένειας στην Ευρώπη (B. Velebit και άλλοι, 2019). Το CDC εκτιμά ότι 1 στους 15 κατοίκους των Ηνωμένων Πολιτειών αρρωσταίνει με γαστρεντερίτιδα από NoV μέσα σε ένα έτος. Από τα αποτελέσματα πολλών και διαφορετικών ερευνών φαίνεται ότι ο NoV ευθύνεται για 19-21 εκατομμύρια περιπτώσεις λοίμωξης στις ΗΠΑ (Moore M. και άλλοι, 2015). Η λοίμωξη από τον ιό εμφανίζεται σε πληθώρα ηλικιών και με μεγαλύτερη συχνότητα σε παιδιά ηλικίας μικρότερης των 5 ετών και σε ηλικιωμένους (B. Velebit και άλλοι, 2019). Πριν γίνει αναφορά σε συγκεκριμένες μελέτες που έχουν διεξαχθεί σχετικά με την εκτίμηση του ποσοστού των επιδημιών NoV λόγω τροφίμων, θα πρέπει να τονιστεί ότι τα ποσοστά εμφανίζουν σημαντικές διαφορές. Αυτό οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως το τι θεωρείται κρούσμα ή το πως λειτουργούν τα συστήματα επιτήρησης ανάλογα με τη χώρα από την οποία αντλούνται τα ποσοστά (Koormans M. και άλλοι, 2002).

Σύμφωνα με το Εθνικό Ινστιτούτο για τη Δημόσια Υγεία και το Περιβάλλον, το οποίο αποτελεί ανεξάρτητο ινστιτούτο της Ολλανδίας, από το 1994 μέχρι το 2000 η συντριπτική πλειοψηφία εξάρσεων τροφιμογενών ασθενειών στην χώρα αποδίδεται στον ιό με ποσοστό που ξεπερνά το 80 %. Επιπλέον περίπου τέσσερις στις πέντε περιπτώσεις εξάρσεων γαστρεντερίτιδας που καταγράφηκαν οφείλονταν στον NoV και οι περισσότερες από αυτές εμφανίστηκαν σε οίκους ευγηρίας. Αντιθέτως από πιο πρόσφατες έρευνες το ποσοστό τροφιμογενών ασθενειών που αποδόθηκαν στον ιό δεν ξεπερνούσαν το 16 % (Koormans M. και άλλοι, 2002). Σε

έρευνα που έλαβε χώρα στη Αγγλία και στην Ουαλία για γενικές επιδημίες λοιμώδους εντερικής νόσου από το 1992 έως 1994, βρέθηκε ότι ο νοροϊός αποτέλεσε το 6 % των ξεσπασμάτων τροφιμογενών ασθενειών. Κατά πάσα πιθανότητα το ποσοστό αυτό είναι αρκετά μεγαλύτερο αφού για την εξέταση των δειγμάτων που λήφθηκαν χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονική μικροσκοπία, μέθοδος με χαμηλό όριο ανίχνευσης. Στις ΗΠΑ το CDC ανέφερε ότι περίπου το 95 % των ξεσπασμάτων γαστρεντερίτιδας μη βακτηριακής προέλευσης, είχαν ως υπαίτιο τον NoV από τις αρχές του 1997 μέχρι τα μέσα του 1998. Τα μισά περίπου από αυτά τα ξεσπάσματα αποδίδονταν σε μόλυνση μέσω των τροφίμων. Από πιο πρόσφατες καταγραφές το CDC απέδιδε περίπου τις μισές λοιμώξεις από τρόφιμα στο νοροϊό. Επιπλέον το CDC εκτιμούσε ότι υπήρχαν πάνω από 56000 εισαγωγές σε νοσοκομεία λόγω της ασθένειας και πάνω από 570 θάνατοι (Todd CD E. και άλλοι, 2015), (Moore M. και άλλοι, 2015). Η θνησιμότητα εμφανιζόταν κυρίως σε ευάλωτες ομάδες ανθρώπων όπως μικρά παιδιά και ηλικιωμένους. Στον Καναδά από τα αποτελέσματα έρευνας του 2013 προκύπτει ότι κατά μέσο όρο για κάθε 20 περιπτώσεις τροφιμογενής ασθένειας, οι 13 περίπου είχαν τον NoV ως υπαίτιο. Στη Φινλανδία σε περισσότερες από τις μισές τροφιμογενείς επιδημίες βρέθηκαν ασθενείς που εμφάνιζαν τον ιό στα κόπρανά τους μετά από ιολογικό έλεγχο.

Εξάρσεις της γαστρεντερίτιδας του NoV παρατηρούνται συχνά σε κρουαζιερόπλοια με περισσότερες από 9 στις 10 περιπτώσεις ασθένειας που προκαλεί διάρροια να έχει ως αιτία τον ιό. Οι εξάρσεις αυτές συνήθως οφείλονται είτε σε τρόφιμα μολυσμένων επιβατών είτε σε μολυσμένα μέλη του πληρώματος κάτι το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε επαναλαμβανόμενα ξεσπάσματα της γαστρεντερίτιδας. Επιπλέον η μετάδοση ενδέχεται να ξεφύγει εκτός ελέγχου στα πλοία λόγω της συνεχής εναλλαγής επιβατών, του διαμοιρασμού των τραπεζαριών από μεγάλο αριθμό ατόμων και των μικρών δωματίων που περνούν οι επιβάτες αρκετό χρόνο (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

### 5.3.2 Επιδημιολογία HAV

Η ηπατίτιδα Α είναι μία από τις πιο συχνά εμφανιζόμενες μορφές ηπατίτιδας στον κόσμο. Υπολογίζεται ότι σε παγκόσμιο επίπεδο περίπου 1,4 εκατομμύρια άτομα ετησίως πάσχουν από τη λοίμωξη, εμφανίζοντας συμπτώματα, ενώ οι ασυμπτωματικοί φορείς ανέρχονται στα 200 εκατομμύρια (Todd CD E. και άλλοι, 2015). Η μετάδοση του ιού εμφανίζεται κυρίως σε αναπτυσσόμενες χώρες, λόγω φτωχών συνθηκών υγιεινής. Ο ιός προσβάλλει κατά κύριο λόγο παιδιά μικρής ηλικίας. Ωστόσο ξεσπάσματα της ασθένειας σε μεγάλο βαθμό είναι σπάνια αφού τα μικρά παιδιά δεν εμφανίζουν συμπτώματα. Μάλιστα οι ενήλικες των αναπτυσσόμενων χωρών συνήθως παρουσιάζουν ανοσία στη λοίμωξη, αφού είναι πολύ πιθανό να είχαν προσβληθεί από τον ιό κατά την παιδική τους ηλικία. Στις ανεπτυγμένες χώρες η συχνότητα προσβολής ατόμου από τον ιό είναι εξαιρετικά μικρότερη. Παρ' όλα αυτά ο ιός προκαλεί πιο εύκολα συμπτώματα σε άτομα μεγάλης ηλικίας και οι επιπτώσεις είναι πιο σοβαρές. Το αποτέλεσμα είναι να

υφίσταται μεγαλύτερη πιθανότητα ξεσπάσματος επιδημίας στις αναπτυγμένες χώρες σε σχέση με τις μη βιομηχανοποιημένες (Kooormans M. και άλλοι, 2002).

### 5.3.3 Επιδημιολογία HEV

Η ηπατίτιδα Ε αποτελεί την πιο κοινή μορφή ηπατίτιδας σε παγκόσμιο επίπεδο. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας εκτιμά ότι κάθε χρόνο παρουσιάζονται περισσότερες από 20 εκατομμύρια περιπτώσεις πασχόντων από τη λοίμωξη. Η θνησιμότητα ετησίως ξεπερνά τους 56000 θανάτους (Todd CD E. και άλλοι, 2015). Η Ευρωπαϊκή ένωση μέχρι το 2017 δεν είχε στην κατοχή της λεπτομερή επιδημιολογικά στοιχεία για την ασθένεια. Για αυτό το λόγο η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων προέτρεψε παγκοσμίως τις αρμόδιες αρχές των κρατών, υπεύθυνες για την παρακολούθηση τέτοιων λοιμώξεων, να διαθέσουν τις πληροφορίες που είχαν συλλέξει σχετικά με την παρουσία του ιού και την εμφάνιση της ασθένειας. Βάση των συλλεγόμενων πληροφοριών παγκοσμίως εκτιμάται ότι δύο δισεκατομμύρια άτομα έχουν εκτεθεί στον HEV (B. Velebit και άλλοι, 2019). Οι χώρες με σημαντική παρουσία κρουσμάτων ηπατίτιδας Α βρίσκονται κυρίως στην Ασία, στην Αφρική και την κεντρική Αμερική (Seymour I. J. και άλλοι, 2001). Όχημα μετάδοσης του σε αυτές της περιοχές αποτελούν συνήθως τα μολυσμένα κόπρανα. Στις Ευρωπαϊκές χώρες εξάρσεις του ιού συμβαίνουν με χαμηλότερη συχνότητα και είναι πιο μικρές σε έκταση.

### 5.3.4 Επιδημιολογία άλλων τροφιμογενών ιών

Η συχνότητα εμφάνισης λοιμώξεων από τους υπόλοιπους παθογόνους ιούς που μπορεί να βρεθούν σε τρόφιμα είναι μικρότερη σε σχέση με ασθένειες από NoV, HAV και HEV. Η συχνότητα όμως δεν παύει να είναι σημαντική για ορισμένους από αυτούς. Ο HRV, και κυρίως ο τύπος Α του ιού, αποτελεί βασικό υπαίτιο για την πρόκληση διάρροιας και αφυδάτωσης σε παιδιά παγκοσμίως. Επιπλέον έχει καταγραφεί σε ενήλικες πληθώρα ξεσπασμάτων επιδημιών από τον τύπο Β του ιού στην Κίνα (Todd CD E. και άλλοι, 2015). Παλαιότερα εκτιμόταν ότι ο HRV ήταν υπαίτιος για την πρόκληση περισσότερων από 1 εκατομμύρια θανάτους μικρών παιδιών σε αναπτυσσόμενες χώρες (Seymour I. J. και άλλοι, 2001). Ο SaV και οι HAstV παίζουν ακόμα σημαντικό ρόλο στην πρόκληση ξεσπασμάτων τροφιμογενών ασθενειών. Περιπτώσεις γαστρεντερίτιδας από SaV εντοπίζονται πιο συχνά στην Ιαπωνία. Αντιθέτως οι αδενοϊοί και οι εντεροϊοί δεν ευθύνονται συχνά για εξάρσεις τροφιμογενών ιώσεων. Ο HAdV έχει παρατηρηθεί ότι προκαλεί εξάρσεις γαστρεντερίτιδας σε κλειστές κοινότητες. Ο MERS-CoV ήταν υπεύθυνος πριν από μερικά χρόνια για έξαρση σε χώρες της Μέσης Ανατολής. Ο ιός της πολιομυελίτιδας ευθύνεται για ξεσπάσματα ασθένειας συσχετισμένα με την κατανάλωση νερού στο Πακιστάν (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

## 5.4 Συμπτώματα ασθενειών τροφιμογενών ιών

### 5.4.1 Συμπτώματα NoV

Ο νοροϊός εισβάλλοντας στον ανθρώπινο οργανισμό και καταφέροντας να επωαστεί μπορεί να προκαλέσει οξεία γαστρεντερίτιδα. Η γαστρεντερίτιδα από NoV παρουσιάζει μεγαλύτερη συχνότητα τον χειμώνα. Τα κύρια συμπτώματα της ασθένειας είναι διάρροια, εμετός, πυρετός, στομαχικοί πόνοι και πονοκέφαλος (Koormans M. και άλλοι, 2002). Τα συμπτώματα εμφανίζονται αφού έχει επωαστεί ο ιός μέσα στον οργανισμό και διαρκούν από μισή ημέρα έως 3 ημέρες. Συνήθως δεν είναι έντονα και υποχωρούν 2 με 3 ημέρες μετά από την εμφάνισή τους. Ωστόσο υφίστανται περιπτώσεις στις οποίες συνεχίζονται ακόμα και για περισσότερο από 10 ημέρες. Ορισμένες φορές χρειάζεται νοσηλεία για την αντιμετώπιση της ασθένειας (Koormans M. και άλλοι, 2002).

### 5.4.2 Συμπτώματα HAV

Ο HAV ευθύνεται για την πρόκληση ηπατίτιδας Α. Η επώαση του ιού έχει διάρκεια από 15 έως 50 ημέρες. Τα συμπτώματα ποικίλουν και ενδέχεται να μην είναι ίδια σε κάθε άτομο. Αρχικά εμφανίζονται συμπτώματα όπως πυρετός, πονοκέφαλος, κοιλιακοί πόνοι και ναυτία. Μετά από 1 με 2 εβδομάδες παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά συμπτώματα της ηπατίτιδας όπως ίκτερος (Koormans M. και άλλοι, 2002). Ίκτερος χαρακτηρίζεται η κιτρινωπή χροιά που εμφανίζεται στο δέρμα, στον σκληρό χιτώνα των ματιών και στις βλεννογόνες μεμβράνες λόγω ανόδου των επιπέδων χολερυθρίνης στο αίμα ως αποτέλεσμα βλάβης του ήπατος (Gillot G. και άλλοι, 2022). Παιδιά ηλικίας μικρότερης των 6 ετών που έχουν μολυνθεί συνήθως είναι ασυμπτωματικά. Αντιθέτως οι υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες όχι μόνο συνήθως εμφανίζουν συμπτώματα αλλά υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να παρουσιάσουν και ίκτερο. Η ασθένεια διαρκεί συνήθως 4 μήνες με αυτοπεριορισμό των συμπτωμάτων. Οι περισσότεροι ασθενείς αναρρώνουν κάτω από κατάλληλη νοσοκομειακή περίθαλψη. Σε ηλικίες άνω των 50 ετών η θνησιμότητα είναι αρκετά μεγαλύτερη από τις νεότερες ηλικιακές ομάδες και σύμφωνα με το CDC κυμαίνεται σε ποσοστό 1,8 % των πασχόντων (Koormans M. και άλλοι, 2002).

### 5.4.3 Συμπτώματα HEV

Για να επωαστεί ο HEV χρειάζεται να περάσουν 15 έως 60 ημέρες. Μετά την επώαση ξεκινούν τα συμπτώματα. Για τις πρώτες περίπου 10 ημέρες της ασθένειας αυτά περιλαμβάνουν πυρετό, πονοκέφαλο, κοιλιακούς πόνους και ναυτία. Η περίοδος αυτών των ημερών θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως η πρώτη φάση της ασθένειας. Η δεύτερη φάση αρχίζει περίπου δύο εβδομάδες μετά το τέλος της επώασης και διαρκεί συνήθως μέχρι την τεσσαρακοστή ημέρα μετά το τέλος της

επώασης. Κατά την περίοδο αυτή εμφανίζεται ίκτερος και συνοδεύεται αρχικά με συμπτώματα που περιλαμβάνουν μυϊκούς πόνους, αύξηση μεγέθους του ήπατος και ανορεξία. Επιπλέον οι πάσχοντες εμφανίζουν σκουρόχρωμα ούρα. Ύστερα ακολουθεί εξάπλωση του ιού στο σώμα μέσω της κυκλοφορίας του αίματος που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των ενζύμων και τη δημιουργία ειδικών αντισωμάτων για την καταπολέμηση του ιού (Todd CD E. και άλλοι, 2015). Η ασθένεια συνήθως είναι αυτοπεριοριζόμενη. Ωστόσο εάν ο ιός προσβάλλει άτομα που πάσχουν από χρόνια ηπατική νόσο, τότε αυξάνεται σημαντικά ο κίνδυνος θνησιμότητάς τους. Επιπλέον ο κίνδυνος είναι εξαιρετικά μεγάλος για ανοσοκατεσταλμένα άτομα, ασθενείς με χρόνιες νόσους και σε περίπτωση μόλυνσης από τους γονότυπους 1 και 2 για έγκυες και για τα νεογέννητα παιδιά τους (Ricci A. και άλλοι, 2017).

#### 5.4.5 Συμπτώματα HRV

Ο HRV χρειάζεται 2 με 4 ημέρες για να επωαστεί. Προκαλεί γαστρεντερίτιδα η οποία περιλαμβάνει συμπτώματα όπως πυρετό, εμετό, υγρή διάρροια, στομαχικούς πόνους και αφυδάτωση. Η αφυδάτωση μπορεί να αποβεί επικίνδυνη για άτομα που δεν τρέφονται σωστά, έχουν αδύναμο ανοσοποιητικό σύστημα ή είναι νεογνά. Σε χώρες αναπτυσσόμενες μπορεί να παρατηρηθούν και θάνατοι νεογνών (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

#### 5.4.6 Συμπτώματα αστροϊών

Όπως οι ιοί NoV και HRV έτσι και οι αστροϊοί εμφανίζουν χαρακτηριστικά συμπτώματα γαστρεντερίτιδας όπως πυρετό, διάρροια, στομαχικούς πόνους και εμετό. Η διάρροια όπως και αυτή στον HRV είναι υγρή, αλλά ο εμετός εμφανίζεται σε μικρότερη συχνότητα από ότι σε λοίμωξη από NoV και HRV. Ορισμένες φορές παρά την εισβολή του ιού σε άτομο, μπορεί να μην εμφανιστούν συμπτώματα. Η λοίμωξη από HAsTV συνήθως δεν είναι ανησυχητική κάτι το οποίο αντικατοπτρίζεται από τη σπάνια εισαγωγή πασχόντων σε νοσοκομεία (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

#### 5.4.7 Συμπτώματα SaV

Ο SaV προκαλεί γαστρεντερίτιδα με κλασσικά συμπτώματα όπως διάρροια, εμετό ναυτία, στομαχικό πόνο και πυρετό. Η επώασή του διαρκεί από μισή έως δύο ημέρες (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

#### 5.4.8 Συμπτώματα αδενοϊών

Η επώαση των αδενοϊών μπορεί να χρειαστεί από δύο ημέρες έως δύο εβδομάδες για να ολοκληρωθεί. Οι ιοί ενδέχεται να προκαλέσουν πληθώρα

διαφορετικών λοιμώξεων και επιπλοκών. Σε αυτές περιλαμβάνονται νόσος του αναπνευστικού, μολύνσεις της αναπνευστικής οδού, γαστρεντερίτιδα, ηπατίτιδα, μυοκαρδίτιδα, μηνιγγοεγκεφαλίτιδα, κερατοεπιπεφυκίτιδα (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

#### 5.4.9 Συμπτώματα MERS-CoV

Ο MERS-CoV αν και λιγότερο διαδεδομένος από πολλούς από τους προαναφερόμενους ιούς, εμφανίζει ασθένεια εξαιρετικά επικίνδυνη. Από τις εξάρσεις της λοίμωξης του ιού εκτιμάται ότι για κάθε 10 ασθενείς, τρεις έχασαν τη ζωή τους. Η επώαση του ιού διαρκεί από δύο ημέρες έως δύο εβδομάδες. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν πυρετό, βήχα, δυσκολία στην αναπνοή και πολλές φορές πνευμονία ή σύνδρομο οξείας αναπνευστικής δυσφορίας (Todd CD E. και άλλοι, 2015).

#### 5.4.10 Συμπτώματα ιού πολιομυελίτιδας

Ο ιός ενδέχεται να προκαλέσει πυρετό, παράλυση και μηνιγγίτιδα (Bosch A. και άλλοι, 2018).

### 5.5 Ανίχνευση τροφιμογενών ιών

#### 5.5.1 Ανίχνευση σε τρόφιμα

##### 5.5.1.1 Μέθοδοι βασισμένες σε PCR

Η ανίχνευση παθογόνων ιών σε τρόφιμα μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορες μεθόδους. Η πλειοψηφία αυτών έχουν ως βάση την μέθοδο αλυσιδωτής αντίδρασης πολυμεράσης. Σε αντίθεση με τις μεθόδους καλλιέργειας κυττάρων για τον εντοπισμό των ιών, η PCR διαθέτει μεγαλύτερη ευαισθησία και προσφέρει αποτελέσματα σε μικρότερο χρονικό διάστημα.

Μία μέθοδος PCR που έχει αναπτυχθεί είναι αυτή του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης (ISO) για ποσοτική και ποιοτική ανίχνευση αλυσιδωτής αντίδρασης πολυμεράσης αντίστροφης μεταγραφής (RT-PCR). Ο Οργανισμός έχει διαθέσει πρωτόκολλα με βήματα για την εκχύλιση RNA διαφόρων τροφιμογενών ιών από υπόστρωμα τρόφιμου. Η εκχύλιση πραγματοποιείται με διάσπαση του ιικού καψιδίου μέσα στο οποίο βρίσκεται το RNA με τη χρήση χαστροπικού παράγοντα και με την προσρόφηση αυτού σε σωματίδια πυριτίου. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε τρόφιμα που είναι σε σημαντικό βαθμό συνδεδεμένα με τη μετάδοση των πιο κοινών παθογόνων ιών όπως τα δίθυρα μαλάκια, τα φυλλώδη πράσινα λαχανικά και τα μούρα. Επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί και

γενικότερα για επιφάνειες διαφόρων τροφίμων αλλά και για εμφιαλωμένα νερά. Ωστόσο η μέθοδος δεν διαθέτει πρωτόκολλα για την ανίχνευση ιών σε υποστρώματα επεξεργασμένων τροφίμων (Bosch A. και άλλοι, 2018).

Η μέθοδος ISO διαθέτει κριτήρια για την καλύτερη δυνατή ερμηνεία των αποτελεσμάτων τις και μέτρα για να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα της εκχύλισης των ιών. Όλα αυτά όμως οδηγούν σε αυξημένο κόστος για τη διεξαγωγή της.

Η RT-q PCR είναι ικανή να αποτελέσει βάση μεθόδου ποσοτικού προσδιορισμού των ιών. Η ποσοτικοποίηση μπορεί να πραγματοποιηθεί με την εκπόνηση τυπικής καμπύλης συγκέντρωσης γνωστών ποσοτήτων της αλληλουχίας στόχου. Οι ποσότητες αυτές είναι γνωστές, αφού αντιστοιχούν στο συνθετικό ή in vitro μεταγραφόμενο RNA ή DNA που έχει προκύψει κατά την RT-q PCR (Bosch A. και άλλοι, 2018). Η συλλογή αποτελεσμάτων από πληθώρα ποσοτικοποιήσεων ενδέχεται να παρέχει μία καλή εικόνα για τα ανώτατα επιτρεπτά όρια των ιών στα τρόφιμα. Κάτι τέτοιο μπορεί να αποβεί σημαντικό αφού οι περισσότερες εταιρείες τροφίμων και οι αρμόδιες αρχές ζητούν από τα μικροβιολογικά εργαστήρια ποιοτικό προσδιορισμό για τους ιούς με αποτέλεσμα οποιοδήποτε τρόφιμο θετικό σε ιό να απορρίπτεται κατά πάσα πιθανότητα.

Για να είναι η ποσοτικοποίηση αξιόπιστη χρειάζεται να παρθούν υποστρώματα από διάφορα μέρη του τροφίμου, αφού η κατανομή του ιικού πληθυσμού ποικίλει. Επιπλέον για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα διαφορετικών εργαστηριακών μονάδων είναι αναγκαίο να χρησιμοποιούνται τα ίδια πιστοποιημένα τυπικά αντιδραστήρια για την RT-q PCR (Bosch A. και άλλοι, 2018).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η RT-q PCR δεν εντοπίζει σίγουρα γενετικό υλικό ιών που αντιστοιχεί σε σωματίδια με μολυσματική ικανότητα. Οι ιοί έχουν τη δυνατότητα να μολύνουν όταν διαθέτουν άθικτο καψίδιο, κάτι το οποίο δε λαμβάνεται υπ' όψη με τη RT-q PCR. Άρα υπάρχει πιθανότητα υπερεκτίμησης του μολυσματικού ιικού πληθυσμού. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος έχουν γίνει προσπάθειες ανίχνευσης των άθικτων ιικών καψιδίων με διαφορετικές μεθόδους ανάλογα με τον ιό. Για παράδειγμα για τον ιό της ηπατίτιδας Α έχει χρησιμοποιηθεί RNAση ή μονοαζίδιο του προπιδίου. Οι δύο αυτές ουσίες διεισδύουν σε τραυματισμένα ή κατεστραμμένα καψίδια επιτρέποντας τη διάκρισή τους από τα άθικτα. Για τον νοροϊό μία μέθοδος που έχει συστηθεί βασίζεται στη χρήση συγκεκριμένης ομάδας γλυκάνων. Οι γλυκάνες αντιγόνα του ιστού του αίματος έχουν τη δυνατότητα να δεσμεύουν τον NoV και θεωρείται ότι μέσω αυτής της δέσμευσης μπορεί να ελεγχθεί η ακεραιότητα του καψιδίου του. Κάτι τέτοιο υποστηρίζεται από το γεγονός ότι έχουν πραγματοποιηθεί δοκιμασίες στις οποίες μέρος του πληθυσμού NoV είχε υποστεί απενεργοποίηση με διάφορες επεξεργασίες και οι γλυκάνες αυτές έδειξαν μείωση στον συνολικό αριθμό γονιδιωμάτων υϊκών σωματιδίων σε σχέση με πριν από την απενεργοποίηση (Bosch A. και άλλοι, 2018).



Οι μέθοδοι που βασίζονται στην PCR μπορούν να βελτιωθούν σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό λόγω τεχνολογικών εξελίξεων που επιτρέπουν μεγαλύτερη ακρίβεια στην ανίχνευση, ποσοτικοποίηση και ταυτοποίηση των τροφιμογενών ιών με χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτό της ψηφιακής PCR (Bosch A. και άλλοι, 2018).

#### 5.5.1.2 Μέθοδος βασισμένη σε καλλιέργεια κυττάρων

Ο εντοπισμός ορισμένων μολυσματικών ιών, όπως συγκεκριμένων εντεροϊών και στελεχών του HAV, μπορεί να επιτευχθεί με μεθόδους που έχουν ως βάση την καλλιέργεια κυττάρων. Για την πραγματοποίηση αυτών των μεθόδων ακολουθείται διαδικασία συλλογής και καθαρισμού των ιών, ώστε να εκλουστούν από το υπόστρωμα των τροφίμων (Bosch A. και άλλοι, 2018). Κατά τη διάρκεια των μεθόδων πρέπει να μην ελαττωθεί η μολυσματικότητα των ιών για αυτό απαιτείται προσοχή στα βήματά τους.

Οι μέθοδοι καλλιέργειας κυττάρων μπορούν να εφαρμοστούν για να βοηθήσουν άλλες διαδικασίες ανίχνευσης όπως την RT-q PCR. Συγκεκριμένα μπορούν να ενισχύσουν τα νουκλεϊκά οξέα και να απομακρύνουν τους αναστολείς πριν από την ανίχνευση των ιών με RT-q PCR (Bosch A. και άλλοι, 2018), έτσι ώστε αυτή να επιτευχθεί σε μικρότερο χρονικό διάστημα από ότι συνήθως. Αυτός ο συνδυασμός μεθόδων έχει πραγματοποιηθεί για τον εντοπισμό αδενοϊών, αστροϊών, εντεροϊών και ιών της ηπατίτιδας A (Bosch A. και άλλοι, 2018).

#### 5.5.2 Ανίχνευση τροφιμογενών ιών σε κόπρανα

Μέθοδοι που βασίζονται στην PCR όπως η RT-PCR μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την ανίχνευση ιών σε άτομα που πάσχουν από τροφιμογενή λοίμωξη με έλεγχο δείγματος κοπράνων. Ωστόσο σε αυτές τις περιπτώσεις η υψηλή ευαισθησία της PCR ενδέχεται να προκαλέσει πρόβλημα στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων, αφού η μέθοδος ενδέχεται να δώσει θετικά αποτελέσματα ακόμα και για χαμηλό ιικό πληθυσμό στα κόπρανα. Ιδιαίτερα χαμηλός πληθυσμός δεν συνεπάγεται απαραίτητα με λοίμωξη. Για αυτό το λόγο ο εντοπισμός των ιών σε αυτές τις περιπτώσεις πραγματοποιείται και με τη σάρωση εναιωρήματος κοπράνων με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (Koormans M. και άλλοι, 2003), μέθοδος που εμφανίζει μικρότερη ευαισθησία. Για τον εντοπισμό ιών σε τρόφιμα αλλά και σε διαφορά περιβάλλοντα όμως, η ηλεκτρονική μικροσκοπία όπως γίνεται αντιληπτό δεν χρησιμοποιείται πλέον. Διαθέτει χαμηλότερη ευαισθησία από τις μεθόδους που βασίζονται στην PCR, παίρνει πολύ χρόνο, απαιτεί αρκετά περισσότερη εργασία και επηρεάζεται σε μεγαλύτερο βαθμό από σφάλματα λόγω ανθρώπινου παράγοντα.

Για την ανίχνευση ιών εντερικής προέλευσης υπάρχουν ανοσολογικά τεστ όπως η δοκιμασία ELISA (Koormans M. και άλλοι, 2003). Οι δοκιμές αυτές είναι εύκολα διαθέσιμες στο εμπόριο και η διαδικασία που ακολουθείται για την

πραγματοποίησή τους είναι απλή. Ωστόσο η αποτελεσματικότητά τους δεν είναι καλή ειδικά για περιβαλλοντικά δείγματα.

## 5.6 Εκτίμηση κινδύνου τροφιμογενών ιών

Η εκτίμηση κινδύνου αποτελεί μία σειρά διαδικασιών απαραίτητη για να προσεγγιστεί ως ένα βαθμό η πιθανότητα μόλυνσης και νόσους που μπορεί να προκληθεί από παθογόνο μικροοργανισμό (Rodriguez-Lázaro D. και άλλοι, 2012). Η εκτίμηση κινδύνου μπορεί να προσφέρει πληροφορίες σχετικά με την αποτελεσματικότητα των επεξεργασιών στις οποίες υποβάλλονται τα τρόφιμα, ώστε να ελεγχθούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, με αποτέλεσμα τη βελτίωση αυτών. Επιπλέον τα ευρήματα των εκτιμήσεων κινδύνου παίζουν σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση εξάρσεων ασθενειών από μικροοργανισμούς που βρίσκονται στα τρόφιμα, αλλά και γενικότερα στον έλεγχο ενδεχόμενου κινδύνου σε κάποιο στάδιο της αλυσίδας τροφίμων.

Διαδικασίες εκτίμησης κινδύνου, όσον αφορά τους τροφιμογενείς ιούς, έχουν προωθηθεί από διάφορους διεθνείς οργανισμούς με ολόένα και περισσότερα κράτη να τις λαμβάνουν υπ' όψη, θεσπίζοντας νομοθετικούς κανόνες για την αλυσίδα τροφίμων βασισμένους σε αυτές. Γενικά οι βασικοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να εφαρμοστεί εκτίμηση κινδύνου είναι δύο. Ο ένας έχει να κάνει με μία επιδημιολογική προσέγγιση ή αλλιώς γνωστή ως από πάνω προς τα κάτω προσέγγιση. Στην προσέγγιση αυτή η εκτίμηση κινδύνου ξεκινάει χρησιμοποιώντας τις διαθέσιμες πληροφορίες για την ασθένεια που υφίσταται και ύστερα ερευνώντας τον κίνδυνο στα προϊόντα τροφίμων που συνδέονται με αυτόν. Ο άλλος αφορά τη λεγόμενη προσέγγιση τροφικής αλυσίδας ή αλλιώς από κάτω προς τα πάνω προσέγγιση. Σε αυτήν την περίπτωση πρώτα πραγματοποιείται εστίαση στον κίνδυνο που υφίσταται στα προϊόντα και μετά η διαδικασία προχωρά σε εκτίμηση της πιθανότητας για λοίμωξη. Ένα παράδειγμα τέτοιου τύπου εκτίμησης κινδύνου αποτελούν οι μελέτες επιβάρυνσης ασθενειών. Μέσω αυτών γίνεται προσπάθεια να προσεγγιστεί η συχνότητα εμφάνισης ιογενών λοιμώξεων στον πληθυσμό. Άλλο παράδειγμα είναι οι μελέτες κατάταξης κινδύνου, μέσω των οποίων οι ερευνητές ξεχωρίζουν τα τρόφιμα με υψηλό κίνδυνο μετάδοσης παθογόνων. Κάτι τέτοιο επιτυγχάνεται με την απόδοση διαφορετικών βαθμολογιών σε πληθώρα τροφίμων, βάση της πιθανότητας που υφίσταται να προκληθεί ιογενής λοίμωξη μέσω αυτών (Bosch A. και άλλοι, 2018).

Η εκτίμηση κινδύνου μπορεί να διακριθεί περαιτέρω σε ποιοτική ή ποσοτική (Bosch A. και άλλοι, 2018). Η ποσοτικοποίηση του κινδύνου στην περίπτωση των ιών μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη μέθοδο RT-q PCR. Η ποσοτική εκτίμηση

κινδύνου έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί έναν έμπιστο τρόπο για να εκτιμηθεί η πιθανότητα πρόκλησης ασθένειας από ιό (Rodriguez-Lázaro D. και άλλοι, 2012).

## 5.7 Τρόποι πρόληψης και αντιμετώπισης της μετάδοσης των ιών στην αλυσίδα τροφίμων

### 5.7.1 Τρόποι πρόληψης και αντιμετώπισης πριν από την επεξεργασία τροφίμων για έλεγχο παθογόνων

Οι παθογόνοι ιοί μολύνουν τα τρόφιμα κατά κύριο λόγο μέσω του μολυσμένου από κόπρανα νερού ή μέσω μολυσμένων χειριστών (Koormans M. και άλλοι, 2003). Συνεπώς είναι σημαντικό πρώτα από όλα νερό που χρησιμοποιείται σε οποιοδήποτε στάδιο της αλυσίδας τροφίμων να μην παραβιάζει τους κανόνες της νομοθεσίας. Το νερό με το οποίο θα ποτιστούν οι καλλιέργειες τροφίμων και θα καταναλώσουν τα εκτρεφόμενα ζώα πρέπει να μην έχει έρθει σε επαφή με περιττώματα. Το νερό που χρησιμοποιείται για την προετοιμασία τροφίμου επιβάλλεται να είναι πόσιμο (Koormans M. και άλλοι, 2003). Ωστόσο κάτι τέτοιο δεν είναι αρκετό. Όπως διαπιστώθηκε και προηγουμένως οι νομοθετικές διατάξεις δεν αρκούν ορισμένες φορές για την παραλαβή νερού και τροφίμων απαλλαγμένων από παθογόνους ιούς. Είναι σαφές λοιπόν ότι πρέπει να υφίστανται μικροβιολογικά κριτήρια και κανονισμοί που να λαμβάνουν υπ' όψη τους ιούς.

Όσο για τους χειριστές τροφίμων πρέπει να υφίσταται αυστηρός έλεγχος υγιεινής. Εννοείται ότι χειριστές που εμφανίζουν συμπτώματα λοίμωξης δεν πρέπει να έρθουν σε επαφή με τα τρόφιμα διότι η αποβολή των ιών λαμβάνει χώρα κυρίως κατά το χρονικό διάστημα της νόσου. Η αποφυγή επαφής θα πρέπει να συνεχίζεται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και μετά την ανάρρωση διότι όπως έχει προαναφερθεί η αποβολή ενδέχεται να συνεχιστεί ακόμα και για τρεις ή και περισσότερες εβδομάδες μετά την υποχώρηση των συμπτωμάτων. Επιπλέον θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη και το γεγονός των μολυσμένων αλλά ασυμπτωματικών χειριστών και αυτών που έχουν έρθει σε επαφή με άρρωστο άτομο ειδικά αν πάσχει από γαστρεντερίτιδα (Koormans M. και άλλοι, 2003). Επομένως είναι απαραίτητο οι χειριστές τροφίμων να μην παραμελούνε την προσωπική τους υγιεινή και να προσέχουν με ποια άτομα έρχονται σε επαφή. Επιπλέον θα πρέπει να λάβουν την κατάλληλη εκπαίδευση έτσι ώστε να γνωρίζουν πως λειτουργεί η μόλυνση και η μετάδοση των τροφιμογενών ιών.

### 5.7.2 Έλεγχος των ιών με επεξεργασία των τροφίμων

Για την απενεργοποίηση των ιών ή τουλάχιστον για τον έλεγχό τους έτσι ώστε να αποφευχθεί η μετάδοσή τους χρειάζεται τα τρόφιμα να υποβάλλονται σε κατάλληλη επεξεργασία. Αυτή μπορεί να αποτελεί θερμική επεξεργασία, κατάψυξη και ψύξη, αλάτιση, προσθήκη ουσιών με αντική δράση, εμβάπτιση σε όξινο

διάλυμα χαμηλού pH ή και συνδυασμό των αναφερόμενων διαδικασιών. Φυσικά για την παραλαβή επεξεργασμένου τρόφιμου μικροβιολογικά σταθερού όσον αφορά και την παρουσία ιών, χρειάζεται να γνωρίζει κανείς τους χρόνους που πρέπει να υποβληθούν τα τρόφιμα σε αυτές τις διεργασίες καθώς και τις τιμές θερμοκρασίας, pH, συγκέντρωσης άλατος, αντικών ουσιών ή άλλων συνθηκών που είναι αναγκαίο να επιτευχθούν. Εννοείται πως η επεξεργασία θα πρέπει να δίνει τρόφιμο ασφαλές, όσον αφορά τους ιούς. Θα πρέπει όμως να λαμβάνονται υπό όψη, στο βαθμό που είναι εφικτό, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και θρεπτικά συστατικά του, ώστε να παραμένει αποδεκτό από τον καταναλωτή.

Δυστυχώς τα στοιχεία που διατίθενται σχετικά με την ανθεκτικότητα των ιών που αποτελούν κίνδυνο για τη βιομηχανία τροφίμων καθώς και του μεγέθους των προβλημάτων που προκαλούν στην αλυσίδα τροφίμων, είναι σχετικά ελλιπή για ορισμένους από αυτούς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο νοροϊός. Για τον NoV δεν διατίθεται κάποιο σύστημα καλλιέργειάς του και ενώ έχει πραγματοποιηθεί αντιγραφή ανθρώπινων στελεχών του, η διεργασία αυτή δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη (Bosch A. και άλλοι, 2018). Για αυτούς τους λόγους για να προσεγγιστούν σε σημαντικό βαθμό οι συνθήκες απενεργοποίησης του, χρησιμοποιούνται καλλιεργήσιμοι υποκαταστάτες ιοί που ανήκουν στην οικογένεια Caliciviridae όπως και ο NOV και εμφανίζουν παρόμοια βιολογικά, βιοχημικά και βιοφυσικά χαρακτηριστικά (Bosch A. και άλλοι, 2018). Παραδείγματα τέτοιων ιών είναι ο FCV, ο νοροϊός ποντικού MNV, ο TuV και οι βακτηριοφάγοι MS2. Ο FCV συγκεκριμένα αποτελεί αρκετά καλό υποκαταστάτη, μιας και εμφανίζει σημαντικές ομοιότητες με τον NoV όσον αφορά το γενετικό υλικό και κατατάσσεται στην ίδια οικογένεια όπως και ο NoV. Οι εντεροϊοί με μία πρώτη ματιά επίσης φαίνεται ότι μπορούν να αποτελέσουν έναν καλό υποκαταστάτη. Παρουσιάζουν δομικά χαρακτηριστικά που αποκλίνουν σε μικρό βαθμό με αυτά του NoV και υπάρχει παρουσία δεδομένων στη βιβλιογραφία σχετικά με την αδρανοποίησή τους. Από την άλλη πλευρά οι εντεροϊοί είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν ως υποκαταστάτες, λόγω των ιδιαζόντων χαρακτηριστικών τους και της ποικιλίας που εμφανίζουν τα διάφορα είδη τους όσον αφορά την καλλιέργειά τους και τον εντοπισμό τους (Bosch A. και άλλοι, 2018).

Για την αντιμετώπιση της μετάδοσης του HAV υπάρχει μεγαλύτερος όγκος δεδομένων σχετικά με τη μολυσματικότητα και την αδρανοποίησή του στη βιβλιογραφία από ότι στον NoV. Παρ' όλα αυτά στελέχη από άγριο τύπο HAV όπως και HEV είναι δύσκολο να καλλιεργηθούν στο εργαστήριο. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται συνήθως αντί για HAV ένα το στέλεχος HAV HM-175, το οποίο είναι εύκολα καλλιεργήσιμο. Παράλληλα για τον HEV εφαρμόζεται μία πρόσφατα αναπτυγμένη μέθοδος που βασίζεται στην καλλιέργειας κυττάρων (Bosch A. και άλλοι, 2018).

#### 5.7.2.1 Επίδραση στις εξωγενείς και ενδογενείς ιδιότητες του τρόφιμου

Ένας από τους πιο χαρακτηριστικούς τρόπους για την παραλαβή μικροβιολογικά σταθερών τροφίμων είναι η επέμβαση στις ενδογενείς και εξωγενείς ιδιότητες τους. Η μείωση του pH και της ενεργότητας ύδατος, η ψύξη και κατάψυξη ή και ο συνδυασμός αυτών των μεθόδων οδηγούν στον έλεγχο του μικροβιακού πληθυσμού, αναστέλλοντας την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των βακτηρίων και μυκήτων και ορισμένες φορές αδρανοποιώντας μεγάλο μέρος αυτών των μικροοργανισμών. Στην περίπτωση των ιών όμως δεν έχει σημασία ο εμποδισμός του πολλαπλασιασμού τους. Ούτως ή άλλως όπως έχει ήδη γίνει γνωστό οι ιοί δεν πολλαπλασιάζονται μέσα στα τρόφιμα. Επιπλέον μολυσμένα τρόφιμα κουβαλούν υικό φορτίο το οποίο είναι σχεδόν πάντα αρκετό για να προκαλέσει λοίμωξη. Οπότε αυτό που έχει σημασία στην περίπτωση των ιών είναι η αδρανοποίησή τους και η επαρκής μείωση του πληθυσμού τους.

Όσον αφορά την ψύξη, παρατηρείται ότι το υικό φορτίο παραμένει σχετικά σταθερό σε ορισμένα τρόφιμα ακόμα και για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Για παράδειγμα έχει βρεθεί ότι δεν υπήρξε καθόλου μείωση του πληθυσμού MNV σε σπανάκι και σε κρεμμύδια παρόλο που αυτά είχαν υποστεί ψύξη για διάρκεια μεγαλύτερη των έξι μηνών. Σε άλλα τρόφιμα όμως όπως τις φράουλες παρουσιάστηκε ελάττωση του πληθυσμού λίγο μεγαλύτερη της τάξεως ενός δεκαδικού λογαρίθμου μέσα σε περίπου ένα μήνα, μείωση που παραμένει μικρή για τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα (Bosch A. και άλλοι, 2018).

Η επίδραση στον πληθυσμό του FCV με μείωση της  $a_w$  με διάλυμα άλατος και η επίτευξη όξινου περιβάλλοντος με γαλακτικό οξύ σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες μελετήθηκε από έρευνα του 2011. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε πάνω στον ιό ECHO και στον FCV. Για θρεπτικό υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε αλατούχο ρυθμιστικό διάλυμα φωσφορικών (PBS). Από την έρευνα βρέθηκε ότι έκθεση του FCV σε διάλυμα γαλακτικού οξέος 0,4 % για 7 ημέρες στους 20 ° C προκαλεί μείωση του πληθυσμού του κατά 100 φορές, ενώ σε θερμοκρασία 4 ° C κατά ένα εκατομμύριο. Η επίδραση του γαλακτικού οξέος στους 20 ° C για 3 ώρες μείωσε τον πληθυσμό κατά 1,5 log του 10. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ορισμένα αποτελέσματα (Bosch A. και άλλοι, 2018).

Σε έρευνα του 2012 μελετήθηκε η επίδραση όξινου και βασικού περιβάλλοντος στους MNV και TuV. Παρουσιάστηκε μεγαλύτερη μείωση του υικού πληθυσμού σε βασικό περιβάλλον. Τα αποτελέσματα της φαίνονται στον πίνακα 5.7.2.1.1.

Συνθήκες	Υπόστρωμα	Ιός	Μείωση πληθυσμού σε log του 10
Ph=2, για 1 ώρα στους 25	Μέσο κυτταρικής καλλιέργειας εμπλουτισμένο με HCl	MNV	Περίπου μηδαμινή
Ph=2, για 1 ώρα στους 25	Μέσο κυτταρικής καλλιέργειας εμπλουτισμένο με HCl	TuV	0,4
Ph=10, για 1 ώρα στους 25	Μέσο κυτταρικής καλλιέργειας εμπλουτισμένο με NaOH	MNV	Περίπου 1,2
Ph=2, για 1 ώρα στους 25	Μέσο κυτταρικής καλλιέργειας εμπλουτισμένο με NaOH	TuV	Περίπου 1

Πίνακας 5.7.2.1.1

(Bosch A. και άλλοι, 2018)

### 5.7.2.2 Θέρμανση

Η θερμική επεξεργασία αποτελεί μία από τις καλύτερες μεθόδους απενεργοποίησης παθογόνων ιών στα τρόφιμα. Και αυτό διότι καθιστά εύκολη την καταστροφή μεγάλου μέρους ιικών πληθυσμών σε μικρό χρονικό διάστημα, δεδομένου ότι πραγματοποιείται σε επαρκή θερμοκρασία. Σύμφωνα με τον Codex Alimentarius επεξεργασία σε θερμοκρασίες ίσες ή μεγαλύτερες από 90 ° C για περισσότερο από 90 δευτερόλεπτα γενικά αρκούν για την παραλαβή τροφίμων ασφαλών όσον αφορά τους ιούς, συμπεριλαμβανομένων και των πιο κοινών παθογόνων όπως ο ανθρώπινος NoV, ο HAV και ο HEV Κάτι τέτοιο ισχύει ακόμα και για τρόφιμα με περίπλοκη δομή όπως τα μύδια (Bosch A. και άλλοι, 2018).

Η θερμική επεξεργασία φαίνεται ότι παρουσιάζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα σε μικρότερο χρονικό διάστημα σε υγρά τρόφιμα και σε τρόφιμα με υψηλή ενεργότητα ύδατος. Σύμφωνα με το CDC το βράσιμο νερού τουλάχιστον για 1 λεπτό είναι αρκετό για την απενεργοποίηση των παθογόνων ιών συμπεριλαμβανομένων των εντεροϊών, των ανθρώπινων HRV και HAV και των ιών της ηπατίτιδας A και E. Το ιικό φορτίο συνήθως μειώνεται περισσότερο από 10000 φορές. Σε νερό και τρόφιμα όπως γάλα, κρέμα και πουρές βατόμουρου, η θέρμανση

σε θερμοκρασία 70 °C με 75 °C, δηλαδή κοντά σε αυτή της παστερίωσης (72 °C) για μικρά χρονικά διαστήματα, μπορεί να προκαλέσει ελάττωση ιών όπως MNV και HAV που προσεγγίζει ή ξεπερνά τα 3 log του 10. Για το νερό, το γάλα και τον πουρέ αρκεί μόλις ένα λεπτό ή και λιγότερο. Για την κρέμα χρειάζεται λίγο περισσότερο από επτά λεπτά (Bosch A. και άλλοι, 2018).

Αντιθέτως τρόφιμα με χαμηλή ενεργότητα νερού απαιτούν σημαντικά περισσότερο χρόνο θερμικής επεξεργασίας για να υπάρξει απενεργοποίηση των παθογόνων ιών. Για παράδειγμα αποξηραμένα μούρα απαιτούν θέρμανση στους 80 °C για 20 λεπτά για να ελαττωθεί ο HAV περίπου κατά 100 φορές (Bosch A. και άλλοι, 2018).

### 5.7.2.3 Άσκηση πίεσης

Η επεξεργασία των τροφίμων με υψηλή πίεση (HPP) περιλαμβάνει συμπίεση τροφίμων που αιωρούνται σε υγρό και απελευθέρωση της πίεσης με ταχύ ρυθμό. Η μέθοδος παρουσιάζει μεγάλη αποτελεσματικότητα όσον αφορά την απενεργοποίηση κοινών παθογόνων ιών που βρίσκονται στα τρόφιμα και υποκαταστατών του ανθρώπινου νοροϊού (Bosch A. και άλλοι, 2018). Συγκεκριμένα:

- Η άσκηση πίεσης 275 MPa για 5 λεπτά στους 22 °C σε θρεπτικό μέσο με FCV, ελάττωσε τον πληθυσμό του κατά 7 log του 10.
- Πίεση 300 MPa για 2 λεπτά στους 25 °C μείωσε τον ιό ρότα κατά 8 log του 10
- Πίεση 500 MPa για 5 λεπτά στους 25 °C μείωσε τον HAV λίγο περισσότερο από 3,5 log του 10 (Bosch A. και άλλοι, 2018).

Φυσικά υφίστανται μελέτες που χρησιμοποίησαν ως θρεπτικό υπόστρωμα και δείγματα τροφίμων. Ένα παράδειγμα είναι αυτό έρευνας στην οποία ασκήθηκε πίεση 375 MPa για 5 λεπτά στους 22 °C σε πουρέ φράουλας και σε κομμένα πράσινα κρεμμύδια, που είχαν μολυνθεί με HAV. Στον πουρέ μειώθηκε το υικό φορτίο κατά 4,3 log του 10 και στα κρεμμύδια κατά 4,8 log του 10 (Bosch A. και άλλοι, 2018).

Η αποτελεσματικότητα της HPP εξαρτάται από τις εγγενείς ιδιότητες του τροφίμου όπως το pH και τη συγκέντρωση άλατος και από εξωγενείς παράγοντες όπως τη θερμοκρασία. Σε χαμηλές θερμοκρασίες παρατηρείται έκθεση των μη πολικών πλευρικών αλυσίδων των ιών στο νερό. Οι μη πολικές αλληλεπιδράσεις που δημιουργούνται έχουν μεγάλη ευαισθησία στην πίεση. Λόγω αυτού του φαινομένου παρατηρείται ευκολότερη απενεργοποίηση των ιών σε μικρότερες τιμές θερμοκρασίας. Επιπλέον το αλάτι μπορεί να αποτελέσει παράγοντα που βοηθά στη σταθεροποίηση των πρωτεϊνών καψιδίου των διάφορων ιών. Συνεπώς τρόφιμα με υψηλότερες συγκεντρώσεις άλατος απαιτούν μεγαλύτερες τιμές πίεσης για να επέλθει απενεργοποίηση των ιών. Τέλος η HPP εμφανίζει μεγαλύτερη απόδοση σε χαμηλότερες τιμές pH (Bosch A. και άλλοι, 2018).

#### 5.7.2.4 Ιοντίζουσα ακτινοβολία

Η ιοντίζουσα ακτινοβολία που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία τροφίμων είναι είτε η γάμμα είτε η δέσμης ηλεκτρονίων (E-δέσμη). Η ιοντίζουσα ακτινοβολία στα τρόφιμα μπορεί να προκαλέσει μείωση του ιικού τους φορτίου. Ωστόσο η μείωση αυτή πολλές φορές δεν είναι αρκετή ώστε να θεωρηθεί ένα τρόφιμο ασφαλές όσον αφορά τους ιούς. Οι ιοί εμφανίζουν σημαντικά μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην ακτινοβολία σε σχέση με τα παράσιτα, τους μύκητες και τα βακτήρια που συναντά κανείς στα προϊόντα φυτικής προέλευσης. Αυτό φαίνεται ότι οφείλεται στο μικρότερο μέγεθος του γενετικού υλικού τους αλλά και γενικότερα στο μικρότερο μέγεθος τους ως οργανισμοί. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ η ανώτατη επιτρεπτή δόση απορρόφησης ακτινοβολίας για τρόφιμα είναι 4 kGy (Bosch A. και άλλοι, 2018). Η δόση αυτή δεν επαρκεί για να υπάρξει επιθυμητή ελάττωση μεγάλο ιικού πληθυσμού, αφού προκαλεί περίπου υποδεκαπλασιασμό του. Στην Ευρώπη η μέγιστη επιτρεπτή δόση απορρόφησης ακτινοβολίας είναι 10 kGy (Bosch A. και άλλοι, 2018). Μία τέτοια δόση εμφανίζει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα. Ωστόσο και σε αυτή την περίπτωση δεν είναι σίγουρη η απενεργοποίηση των ιών.

#### 5.7.2.5 Απολυμαντικά

Η έκθεση σε απολυμαντικά αποτελεί μία από τις πιο βασικές μεθόδους που συμβάλλουν στον έλεγχο του μικροβιακού φορτίου των τροφίμων συμπεριλαμβανομένων και των ιών. Η αποτελεσματικότητα της δράσης του απολυμαντικού εξαρτάται από το είδος του, τη συγκέντρωσή του, το χρόνο δράσης, το είδος του ιού, τη μέθοδο απολύμανσης και τον τύπο του τροφίμου (Bosch A. και άλλοι, 2018).

Το πιο συνηθισμένο στη βιομηχανία είναι να χρησιμοποιείται χλώριο το οποίο παρουσιάζει πολύ καλή αντιμικροβιακή δράση σε μικρό χρονικό διάστημα ακόμα και σε υδατικά διαλύματα. Επιπλέον δεν κοστίζει πολύ και είναι εύκολο στη χρήση (Seymour I. J. και άλλοι, 2001). Το χλώριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορες μορφές όπως αυτή του υποχλωριόδου νατρίου, του υποχλωριόδου ασβεστίου και του υποχλωριόδου οξέος. Φρέσκα φυτικά προϊόντα όπως πιπεριές, καρότα, αγγούρια και φυλλώδη λαχανικά υφίστανται πλύση με 30 με 40 ppm ελεύθερου χλωρίου σε τιμές pH που κυμαίνονται από 6,8 με 7,1. Σε μαλακά φρούτα όπως φράουλες και σμέουρα για να αποφευχθεί κάποιος τραυματισμός χρησιμοποιείται ταχύς ψεκασμός ή βύθιση για 10 δευτερόλεπτα σε ελεύθερο χλώριο 15-20 ppm (Bosch A. και άλλοι, 2018). Άλλα απολυμαντικά που ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν είναι το υπεροξείδιο του υδρογόνου και το όζον. Ανάμεσα στους μικροοργανισμούς που θανατώνονται από το όζον βρίσκονται και οι τροφιμογενείς ιοί. Παρ' όλα αυτά μετά την παραγωγή όζοντος πρέπει να γίνεται άμεση χρήση του, αφού είναι ουσία ασταθής, με αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η αποθήκευσή του



(Seymour I. J. και άλλοι, 2001). Ακόμα και το ξέπλυμα νωπών λαχανικών με πόσιμο νερό για επαρκή χρονικά διαστήματα μπορεί να προκαλέσει μείωση του πληθυσμού των ιών αν και σε μικρότερο βαθμό από ότι τα προαναφερόμενα απολυμαντικά. Ωστόσο η πλύση με νερό εγκυμονεί τον κίνδυνο μεταφοράς ιών από το ένα νωπό προϊόν στο άλλο, αφού το νερό δεν απενεργοποιεί τα μικρόβια αλλά τα απομακρύνει. Κάτι τέτοιο μπορεί να περιοριστεί με την προσθήκη απολυμαντικού στο νερό πλύσης (Bosch A. και άλλοι, 2018).

### 5.7.3 Έλεγχος των ιών με τη χρήση εκχυλισμάτων

Έχει αποδειχθεί ότι τα φυτικά εκχυλίσματα διαθέτουν αντιμικροβιακή δράση. Τα φυτικά εκχυλίσματα έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν τον πληθυσμό παθογόνων μικροοργανισμών και να αδρανοποιήσουν σημαντικό μέρος αυτού σε ένα τρόφιμο. Προστίθενται σε πληθώρα τροφίμων είτε νωπών είτε επεξεργασμένων ως παράγοντας που αυξάνει τη διάρκεια συντήρησής τους. Όσον αφορά τους παθογόνους ιούς εντερικής προέλευσης, τα φυτικά εκχυλίσματα αποτελούν ένα καλό μέσο ελέγχου της μετάδοσής τους (Bosch A. και άλλοι, 2018).

Υπάρχουν επαρκή στοιχεία στην επιστημονική βιβλιογραφία που υποστηρίζουν ότι η προσθήκη συγκεκριμένων εκχυλισμάτων κατά την επεξεργασία των τροφίμων μπορεί να αδρανοποιήσει μέρος του υικικού φορτίου τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το εκχύλισμα σπόρων σταφυλιού. Συγκεκριμένα η προσθήκη εκχυλίσματος συγκέντρωσης 1-4 mg/ml σε γάλα μολυσμένο με MNV, προκαλεί υποδεκαπλασιασμό του πληθυσμού του ιού μετά από 24 ώρες. Στην περίπτωση μολυσμένου χυμού μήλου, η χρήση του εκχυλίσματος έχει πολύ καλά αποτελέσματα αφού 1-2 mg/ml είναι αρκετά για να ελαττώσουν τον πληθυσμό του ιού κατά 100.000 φορές μέσα σε 1 ώρα (Bosch A. και άλλοι, 2018). Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η επίδραση του εκχυλίσματος απέναντι στον ίδιο ιό μπορεί να επηρεαστεί από τη σύσταση του τροφίμου. Ωστόσο στην ίδια έρευνα πέρα από MNV το γάλα και ο χυμός είχαν μολυνθεί και από ιό ηπατίτιδας Α. Το εκχύλισμα όμως δεν είχε καμία ουσιαστική επίδραση στον πληθυσμό του. Αντιθέτως σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2013 πάνω σε μολυσμένη πιπεριά και μαρούλι με τους ίδιους ιούς, βρέθηκε ότι το εκχύλισμα σπόρων σταφυλιού είχε καλύτερη δράση απέναντι στον HAV παρά στον MNV. Συγκεκριμένα εκχύλισμα συγκέντρωσης 0,25 mg/ml προστέθηκε και στα δυο τρόφιμα και μετρήθηκαν οι πληθυσμοί των ιών μετά από ένα λεπτό. Στην πιπεριά υπήρξε ελάττωση του MNV κατά 0-0,3 log του 10 και του HAV κατά 0,7-1,3. Στο μαρούλι ο MNV μειώθηκε κατά 0-0,8 log του 10 και ο HAV κατά 0,7-1,3 (Bosch A. και άλλοι, 2018). Από όλα τα παραπάνω μπορεί να βγει το συμπέρασμα ότι η σύσταση των τροφίμων επηρεάζει τη δράση του εκχυλίσματος απέναντι σε διαφορετικούς ιούς με διαφορετικό τρόπο. Υπάρχουν και άλλα εκχυλίσματα που μπορούν να αδρανοποιήσουν ιούς όπως από κράνμπερι, μούρα και άλλα φρούτα. Επιπλέον και έλαια όπως αυτά του λεμονόχορτου και του μπαχαριού εμφανίζουν αποτελεσματικότητα στην αδρανοποίηση των ιών. Έχει βρεθεί ότι τα έλαια λεμονόχορτου και μπαχαριού

προκαλούν ελάττωση πληθυσμού MNV κατά 2,7 και 3,4 log του 10 αντίστοιχα μέσα σε 24 ώρες (Bosch A. και άλλοι, 2018).

Φυσικά για την καλύτερη δυνατή αποτελεσματικότητα των εκχυλισμάτων και ελαίων χρειάζεται να βρίσκονται στην κατάλληλη συγκέντρωση και να είναι επαρκής ο χρόνος δράσης τους.

## 6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι κίνδυνοι που εγκυμονούν από τη μετάδοση των ιών μέσω της αλυσίδας τροφίμων απασχολούν σημαντικό μέρος της επιστημονικής κοινότητας. Η συχνότητα εμφάνισής των τροφιμογενών λοιμώξεων παραμένει σε μεγάλο βαθμό σταθερή σε αντίθεση με άλλες ασθένειες που προκαλούνται από την κατανάλωση τροφίμων. Η γαστρεντερίτιδα από NoV συνεχίζει να αποτελεί μία από τις πιο κοινές τροφιμογενείς λοιμώξεις ακόμα και στις αναπτυγμένες χώρες. Επίσης μεγάλο μέρος των τροφιμογενών ασθενειών καταλαμβάνουν οι ηπατίτιδες A και E, ενώ ιογενείς λοιμώξεις όπως αυτές των ιών HRV αν και εμφανίζονται σε μικρότερη συχνότητα, δεν θεωρούνται αμελητέες ακόμα και τα τελευταία χρόνια (Koortmans M. και άλλοι, 2003), (Todd CD E. και άλλοι, 2015). Η αντιμετώπιση των ιώσεων που προκαλούνται από τρόφιμα είναι αποτελεσματική σε σημαντικά μεγάλο βαθμό. Ωστόσο τα συμπτώματά αυτών δεν παύουν να είναι δυσάρεστα στην εμπειρία, να προκαλούν εξουθένωση και σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως αυτή της ηπατίτιδας, να διαρκούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Επιπλέον αν και συμβαίνει σπάνια υπάρχει πιθανότητα ανθρώπινης απώλειας από τις τροφιμογενείς ιώσεις.

Η μετάδοση των ιών ακόμα και σήμερα συνεχίζει να αποτελεί πρόβλημα στη βιομηχανία τροφίμων. Αυτό το γεγονός οφείλεται σε διάφορους λόγους. Τα κενά που υφίστανται στην κατανόηση της μετάδοσης των ιών στην αλυσίδα τροφίμων και τα διάφορα χαρακτηριστικά των ιών όπως η υψηλή ανθεκτικότητα σε αντίξοες συνθήκες, η επιβίωση για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε νερό και προϊόντα που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση και η απουσία αλλοίωσης οργανοληπτικών χαρακτηριστικών σε τρόφιμα με ικό φορτίο δυσκολεύουν τον έλεγχο της (Newwell DG και άλλοι, 2010). Οι ιοί εισχωρούν συνήθως στη βιομηχανία τροφίμων είτε μέσω μολυσμένων χειριστών είτε λόγω κακής διαχείρισης πρώτων υλών οι οποίες έχουν μολυνθεί με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα νερό μολυσμένο από κόπρανα με ικό φορτίο (Koortmans M. και άλλοι, 2003). Ο έλεγχος της μετάδοσης επιτυγχάνεται ως ένα σημαντικό βαθμό με την τήρηση κανόνων υγιεινής και με την επεξεργασία των τροφίμων. Ωστόσο φαίνεται ότι χρειάζεται αυστηρότερη τήρηση των κανόνων και βελτίωση των μεθόδων επεξεργασίας

Οι συμβατικές μέθοδοι ανίχνευσης των τροφιμογενών ιών που έχουν ως βάση την PCR παρουσιάζουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα απ' ότι αυτές που βασίζονται σε καλλιέργεια κυττάρων. Η αποτελεσματικότητα είναι μεγαλύτερη

λόγω αυξανόμενης ευαισθησίας και μειωμένης χρονικής διάρκειας. Ακόμα, ορισμένες από τις μεθόδους που βασίζονται στην PCR παρέχουν τη δυνατότητα ποσοτικοποίησης και διάκρισης μεταξύ μολυσματικών και μη υικίων σωματιδίων (Bosch A. και άλλοι, 2018). Ωστόσο μπορεί να υπάρξει χώρος για τη βελτίωσή των μεθόδων σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό.

## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από όλα τα παραπάνω φαίνεται ότι χρειάζεται να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή στους τροφιμογενείς ιούς έτσι ώστε να αποκτηθούν περισσότερες γνώσεις για τη μετάδοσή τους μέσω της αλυσίδας τροφίμων και κατ' επέκταση να βελτιωθεί η πρόληψη και η αντιμετώπιση των κινδύνων που υφίστανται από αυτή. Συγκεκριμένα προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Για να βελτιωθεί η κατανόηση των διόδων που ακολουθούν οι ιοί μέσω της αλυσίδας τροφίμων έτσι ώστε να μολύνουν τον ανθρώπινο πληθυσμό, χρειάζεται μεγαλύτερος αριθμός συστημάτων επιτήρησης των εξάρσεων ιογενών λοιμώξεων να θεωρεί ως πιθανό παράγοντα μόλυνσης και τα τρόφιμα. Κάτι τέτοιο θα βοηθήσει ακόμα περισσότερο στην εξακρίβωση των τροφίμων υψηλού κινδύνου και ίσως οδηγήσει σε πραγματοποίηση περισσότερων ερευνών σχετικά με το πως οι τροφιμογενείς ιοί καταλήγουν σε αυτά.

Για την αποτροπή της μετάδοσης ή τουλάχιστον για τον όσο το δυνατόν καλύτερό έλεγχο της πρέπει να υπάρξει αναθεώρηση των μικροβιολογικών κριτηρίων για τα τρόφιμα που κυκλοφορούν στην αγορά. Τα κριτήρια είναι αναγκαίο να λαμβάνουν υπ' όψη τον ικό πληθυσμό. Φυσικά για να επιτευχθεί η τήρηση νέων κριτηρίων πρέπει και οι τρόποι επεξεργασίας των τροφίμων που χρησιμοποιούνται για την απενεργοποίηση των μικροοργανισμών να αρκούν και για την επαρκή καταστροφή ικού φορτίου. Για τους ιούς θέρμανση στους 90 °C για τουλάχιστον 90 δευτερόλεπτα, χρήση ισχυρού απολυμαντικού όπως χλωρίου και άσκηση πίεσης σε χαμηλές τιμές θερμοκρασίας, pH και συγκέντρωσης άλατος αποτελούν αποτελεσματικές μεθόδους για να υπάρξει σημαντική μείωση του ικού πληθυσμού στα τρόφιμα (Bosch A. και άλλοι, 2018). Επιπλέον η κατάλληλη εκπαίδευση των χειριστών τροφίμων αποτελεί απαραίτητο μέτρο για την αποτροπή της μετάδοσης.

Όσο για την ανίχνευση των ιών στα τρόφιμα, οι μέθοδοι που βασίζονται στην PCR είναι αποτελεσματικές. Ωστόσο μπορεί να υπάρξει βελτίωσή τους σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό λόγω τεχνολογικών εξελίξεων που επιτρέπουν μεγαλύτερη ακρίβεια στην ανίχνευση, ποσοτικοποίηση και ταυτοποίηση των τροφιμογενών ιών με χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτό της ψηφιακής PCR και μεθόδων που βασίζονται σε αυτή (Bosch A. και άλλοι, 2018).

## 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Antonia Ricci, Ana Allende, Declan Bolton, Marianne Chemaly, Robert Davies, Pablo Salvador Fernandez Escamez, Lieve Herman, Kostas Koutsoumanis, Roland Lindqvist, Birgit Nørrung, Lucy Robertson, Giuseppe Ru, Moez Sanaa, Marion Simmons, Panagiotis Skandami. (2017, July 11). *Public health risks associated with hepatitis E virus (HEV) as a food ...* EFSA JOURNAL. Retrieved January 20, 2023, from <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2017.4886>

B. Velebit, V. Djordjevic, L. Milojevic, M. Babic, N. Grkovic, V. Jankovic, Y. Yushina (2019). *The Common Foodborne Viruses: A review - iopscience*. OP Conference Series: Earth and Environmental Science. Retrieved January 20, 2023, from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/333/1/012110/pdf>

Bosch A., Gkogka E., Le Guyader FS, Loisy-Hamon F., Lee A., van Lieshout L., Marthi B., Myrmel M., Sansom A., Schultz AC, Winkler A., Zuber S., Phister T. (2018, November 20). *Foodborne viruses: Detection, risk assessment, and control options in food processing*. International journal of food microbiology. Retrieved January 20, 2023, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160518303064>

Caroline Gillot, Jenna Fletcher, Reviewed by Adam Bernstein (2022, February 23). *Jaundice: Causes, symptoms, and treatments*. Medical News Today. Retrieved January 20, 2023, from <https://www.medicalnewstoday.com/articles/165749>

Ewen CD Todd, Judy D Greig. (2015, April 29). *Viruses of foodborne origin: A review - proquest*. Dove Press Journal: Viral Adaptation and Treatment. Retrieved January 20, 2023, from

<https://www.proquest.com/openview/db20d758acd5882c2445636e5d0dc1a1/1?pq-origsite=gscholar&cbl=3948569>

I. J. Seymour, H. Appleton . (2001, November). *Foodborne viruses and fresh produce*. Journal of applied microbiology. Retrieved January 20, 2023, from

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7167029/>

Marion Koopmans, Carl-Henrik von Bonsdorff, Jan Vinjé, Dario de Medici, Steve Monroe. (2002, June 1). *Foodborne Viruses*. Academic.oup.com. Retrieved January 20, 2023, from <https://academic.oup.com/femsre/article/26/2/187/653395>

Marion Koopmans, Erwin Duizer. (2003, October 27). *Foodborne viruses: An emerging problem*. International Journal of Food Microbiology. Retrieved January 20, 2023, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160503001697>

Moore M., Jaykus L.-A., Goulter R. (2015, April). *Human norovirus as a foodborne pathogen: Challenges and developments*. ResearchGate. Retrieved January 20, 2023, from [https://www.researchgate.net/profile/Rebecca-](https://www.researchgate.net/profile/Rebecca-Goulter/publication/275048609_Human_Norovirus_as_a_Foodborne_Pathogen_Challenges_and_Developments/links/55351d7b0cf2222bcc406c57/Human-Norovirus-as-a-Foodborne-Pathogen-Challenges-and-Developments.pdf)

[Goulter/publication/275048609 Human Norovirus as a Foodborne Pathogen Challenges and Developments/links/55351d7b0cf2222bcc406c57/Human-Norovirus-as-a-Foodborne-Pathogen-Challenges-and-Developments.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rebecca-Goulter/publication/275048609_Human_Norovirus_as_a_Foodborne_Pathogen_Challenges_and_Developments/links/55351d7b0cf2222bcc406c57/Human-Norovirus-as-a-Foodborne-Pathogen-Challenges-and-Developments.pdf)

Newell DG, Koopmans M., Verhoef L., Duizer E., Aidara-Kane A., Sprong H., Opsteegh M., Langelaar M., Threlfall J., Scheutz F., van der Giessen J., Kruse H. (2010, May 30). *Food-borne diseases - the challenges of 20 years ago still persist while new ones continue to emerge*. International journal of food microbiology. Retrieved January 20, 2023, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160510000383>

Rodríguez-Lázaro D., Cook N., Ruggeri FM, Sellwood J., Nasser A., Nascimento MS, D'Agostino M., Santos R., Saiz JC, Rzeżutka A., Bosch A., Gironés R., Carducci A., Muscillo M., Kovač K., Diez-Valcarce M., Vantarakis A., von Bonsdorff CH, de Roda Husman AM, Hernández M., van der Poel WH (2012, July 1). *Virus hazards from food, water and other contaminated environments*. FEMS microbiology reviews. Retrieved January 20, 2023, from <https://academic.oup.com/femsre/article/36/4/786/518976>