



Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Τεχνικές ελέγχου της νοθείας και της αυθεντικότητας προϊόντων
μπαχαρικών**

English Title

**Techniques for controlling the adulteration and authenticity of spice
products**



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

ΓΕΝΝΗ ΕΛΕΝΗ

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

ΕΙΡΗΝΗ ΣΤΡΑΘΗ/ EIRINI STRATH

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2023

Επιβλέπουσα καθηγήτρια και μέλη εξεταστικής επιτροπής :

ΟΝΟΜΑ	ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ
ΕΙΡΗΝΗ ΣΤΡΑΤΗ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΑΝΘΙΜΙΑ ΜΠΑΤΡΙΝΟΥ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΚΟΝΤΕΛΕΣ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	

Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Η κάτωθι υπογεγραμμένη **Γέννη Ελένη** του Νίκου με αριθμό μητρώου **71617128** φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής **Επιστημών Τροφίμων** του Τμήματος **Επιστήμης & Τεχνολογίας Τροφίμων**, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια στην 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 τη ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια , κυρία Ειρήνη Στρατή για την ανάθεση του θέματος και την πολύτιμη βοήθεια της για την εκπόνηση της παρακάτω πτυχιακής εργασίας .

Επίσης , θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Ανθιμία Αικατερίνη Μπατρίνου και τον κύριο Σπυρίδων Κοντελέ , ως μέλη την εξεταστικής επιτροπής και τις χρήσιμες επισημάνσεις τους.

Αφιερώσεις

Θα ήθελα να αφιερώσω την εργασία στους γονείς μου για την αγάπη και την στήριξή τους σε όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.

Περίληψη

Τα μπαχαρικά είναι ένα είδος τρόφιμου με διευρυμένη χρήση όπου τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μία αυξημένη συχνότητα της νοθείας αυτών. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να περιγραφούν τα προβλήματα που παρατηρούνται μέσω της νοθείας.

Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά τα είδη των κυριότερων μπαχαρικών, η σύνθεσή τους, η χρήση τους, οι ιδιότητες τους καθώς και η χρήση αυτών.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται αναφορά περί της νοθείας, οι νόμοι που εφαρμόζονται τόσο στην Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και στην Ελλάδα, οι τύποι στους οποίους ταξινομείται, καθώς και οι επιπτώσεις που προκύπτουν στους εμπλεκόμενους.

Το τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζει τις μεθόδους που εφαρμόζονται στον εντοπισμό της νοθείας των μπαχαρικών.

Ακολουθούν τα συμπεράσματα και η Βιβλιογραφία.

Λέξεις – Κλειδιά: μπαχαρικά, νοθεία, τύποι νοθείας, επιπτώσεις μέθοδοι.

Abstract

Spices are a type of food with wide use where in recent years an increased frequency of their adulteration has been observed.

The purpose of this paper is to describe the problems observed through forgery.

The first chapter describes in detail the types of the main spices, their composition, their use, their properties as well as their use.

In the next chapter, there is a report about counterfeiting, the laws that apply both in the European Union and in Greece, the types in which it is classified, as well as the consequences that arise for those involved.

The third chapter presents the methods applied to detect the adulteration of spices.

The conclusions and Bibliography follow.

Keywords: spices, adulteration, types of adulteration, effects methods

Περιεχόμενα

Δήλωση περί λογοκλοπής	iii
Ευχαριστίες	iv
Αφιερώσεις	v
Περίληψη	vi
Abstract	vii

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1 Σημαντικές ενώσεις στα μπαχαρικά (Herrera et al., 2020).....	23
Πίνακας 1.2 Οι φαρμακευτικές ιδιότητες των κυριότερων μπαχαρικών (Herrera et al., 2020).....	25
Πίνακας 2.1 . Νοθεία μπαχαρικών με πιθανές επιπτώσεις στην υγεία(Choudhary et al., 2020).....	39
Πίνακας 2.3. Οι νοθευτές και οι επιπτώσεις στην υγεία (Momtaz et. al., 2023).....	40
Πίνακας 5.1.Χαρακτηριστικά μεθόδων προσδιορισμού νοθείας.....	69

Κατάλογος Σχημάτων/Εικόνων

Εικόνα 1.1. Κύριες εισαγωγές μπαχαρικών από την ΕΕ από χώρες εκτός ΕΕ (EC, 2021)	15
Εικόνα 1.2. Πιπέρι (Herrera et al., 2020).....	16
Εικόνα 1.3. Κανέλα (Herrera et al., 2020)	16
Εικόνα 1.4. Γαρύφαλλο(Herrera et al., 2020).....	17
Εικόνα 1.5. Μοσχοκάρυδο (Herrera et al., 2020).....	17
Εικόνα 1.6. Τζίντζερ(Herrera et al., 2020).....	18
Εικόνα 1.7. Κύμινο (Herrera et al., 2020).....	18
Εικόνα 1.8. Κάρδαμο (Herrera et al., 2020)	18
Εικόνα 1.9. Τσίλι (Herrera et al., 2020)	18
Εικόνα 1.10. Κουρκουμάς (Herrera et al., 2020)	19
Εικόνα 1.11. Βανίλια (Herrera et al., 2020).....	19
Εικόνα 1.12. Πάπρικα (Herrera et al., 2020).....	19
Εικόνα 1.13. Κρόκος (Herrera et al., 2020).....	20
Εικόνα 1.14. Ρίγανη (Herrera et al., 2020).....	20
Εικόνα 1.15. Θυμάρι (Herrera et al., 2020).....	20
Εικόνα 1.16. Φασκόμηλο (Herrera et al., 2020).....	21
Εικόνα 1.17. Δεντρολίβανο (Herrera et al., 2020).....	21
Εικόνα 1.18. Φύλλα δάφνης (Herrera et al., 2020).....	22
Εικόνα 3.1. Μικροσκοπικός έλεγχος των μπαχαρικών (Negi et.al., 2021).....	22

Εικόνα 3.2. Στάδια της χρωματογραφικής μεθόδου (Negi et.al., 2021).....	47
Εικόνα 3.3 . Τα στάδια της μεθόδου (Negi et al., 2021).....	48
Εικόνα 3.4 . Απεικόνιση των διαφορών μεταξύ Raman και τεχνικής φασματοσκοπίας Raman	50
ενισχυμένης επιφάνειας (Negi et al., 2021).....	52
Εικόνα 3.5 . Στάδια ανάπτυξης αισθητηριακής μεθόδου (Tahri, Tiebe et al., 2017).....	54
Εικόνα 3. 6. Στάδια της μεθόδου DNA (Babaei et al., 2014)	56

Εισαγωγή

Κεφάλαιο 1: Μπαχαρικά

1.1 Γενικά	12
1.2 Ιστορική Εξέλιξη.....	13
1.3 Κυριότερα είδη.....	15
1.4 Σύσταση.....	22
1.5 Ιδιότητες.....	24
1.5.1 Φαρμακευτικές ιδιότητες	27
1.6 Χρήσεις.....	27
1.6.1 Εφαρμογή ως Αρωματικές ύλες.....	28
1.6.2 Εφαρμογή ως Χρωστική ουσία.....	29
1.6.3 Εφαρμογή ως Συντηρητικό λόγω των αντιοξειδωτικών.....	30
1.6.4 Εφαρμογή ως αντιμικροβιακό	31

Κεφάλαιο 2. Νοθεία Μπαχαρικών

2.1 Γενικά.....	34
2.2 Νομοθεσία.....	36
2.3 Είδη νοθείας.....	36
2.4 Κίνητρα νοθείας.....	37
2.5 Επιπτώσεις.....	37
2.5.1 Επιχειρήσεις	38
2.5.2 Παραγωγούς	42

2.5.3. Δημόσια υγεία.....	44
2.6 Μέτρα για τη πρόληψη.....	45
Κεφάλαιο 3: Μέθοδοι Εντοπισμού νοθείας	
3.1 Γενικά.....	47
3.2 Φυσικές Μέθοδοι.....	47
3.3 Αναλυτικές Μέθοδοι	50
3.3.1 Χρωματογραφία.....	53
3.3.2 Φασματοσκοπικές μέθοδοι	54
3.3 Αισθητηριακή μέθοδος.....	54
3.4 Ανοσολογικές μέθοδοι	55
3.6 Ηλεκτροφορητικές μέθοδοι.....	63
3.7 Μέθοδος DNA.....	66
3.8 Μέθοδοι που βασίζονται σε μη PCR/υβριδισμό	65
3.9 Μοριακές Μέθοδοι Βασισμένες σε PCR.....	65
3.10 Τεχνικές ακουστικής και υπερήχων.....	67
3.11 Χημειομετρία.....	68
3.12 Σύγκριση μεθόδων.....	69
Συμπεράσματα.....	75
Βιβλιογραφία.....	76

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Η νόθευση των μπαχαρικών είναι ένα συχνό φαινόμενο με σημαντικές επιπτώσεις κυρίως στην δημόσια υγεία αλλά και σε όσους εμπλέκονται με τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας. Πλέον μέσω κανονισμών και νομοθετικών πράξεων η Ευρωπαϊκή Ένωση και τα κράτη μέλη της καταβάλλουν προσπάθειες για τη διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να εντοπιστούν και να περιγραφούν οι επιπτώσεις που προκύπτουν από τη νοθεία των μπαχαρικών καθώς και οι μέθοδοι που εφαρμόζονται για τον εντοπισμό της νοθείας αυτών.

Κεφάλαιο 2: Μπαχαρικά

1.1 Γενικά

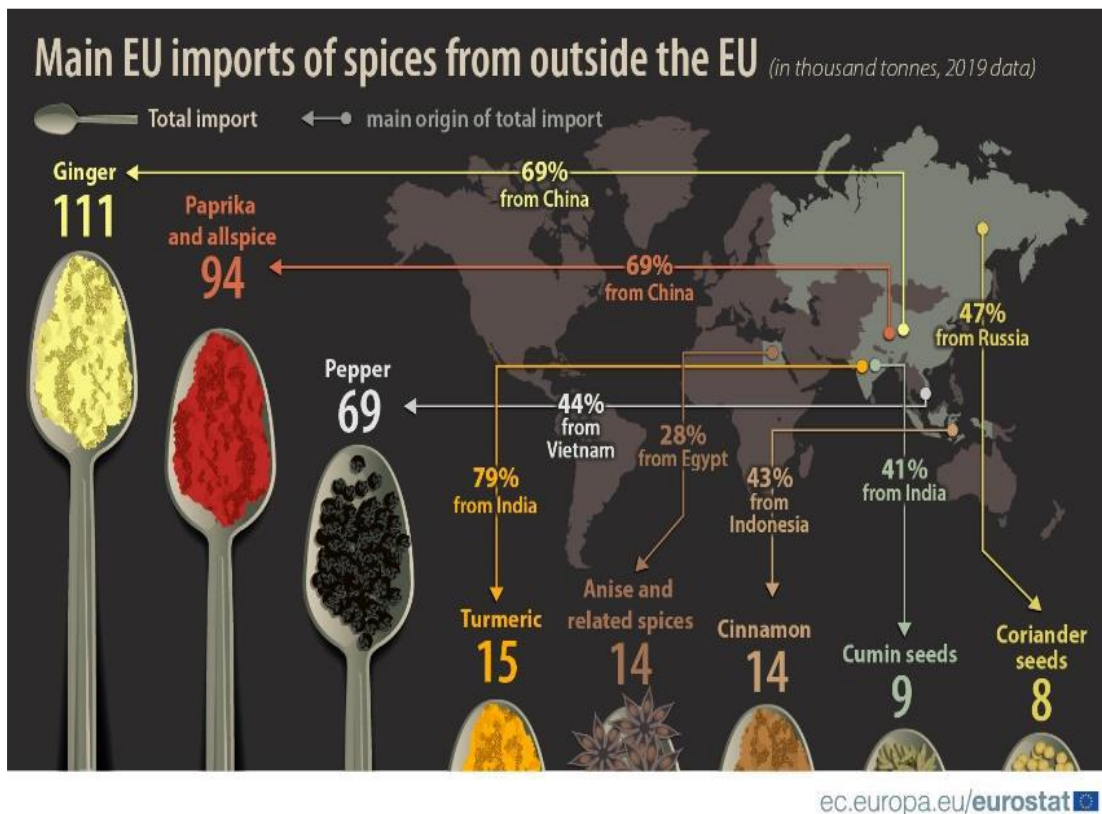
Μπαχαρικά θεωρούνται τα πικάντικα, χρωματιστά ή αρωματικά αποξηραμένα μέρη των φυτών, όπως καρπός, σπόροι, ρίζες, άνθη και φλοιός, τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως ως καρυκεύματα σε τροφές. Διαφοροποιούνται από τα βότανα, διότι χρησιμοποιούνται όλα τα αποξηραμένα μέρη εκτός των φύλλων. Επιπλέον, τα βότανα δύναται να είναι φρέσκα ή αποξηραμένα φύλλα, και παρουσιάζουν διακριτική γεύση. Η προέλευση των μπαχαρικών είναι διαφόρων περιοχών και η γεύση τους χαρακτηριστική (Wani and Kumar, 2018).

Έχει αποδειχθεί ότι έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε βιοδραστικές ενώσεις που θεωρούνται υπεύθυνες για φαρμακευτικές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες καθώς και στη διατήρηση τροφίμων, διότι επιδρούν ανασταλτικά στις αντιδράσεις οξειδωσης. Επιπρόσθετα, έχουν αντιγηραντική δράση και μειώνουν τον κίνδυνο μετάδοσης ασθενειών (Kraft et al., 2014).

Η ΕΕ παράγει ετησίως περίπου 100.000 τόνους μπαχαρικών και βοτάνων ενώ εισάγει ετησίως τριπλάσια ποσότητα κυρίως μπαχαρικών, από την Ασία, την Αφρική, τη Λατινική Αμερική και την Καραϊβική. Το 2019 εισήχθησαν 379.000 τόνους μπαχαρικών από χώρες εκτός ΕΕ (Εικόνα 1.1).

Το κλίμα της Ευρωπαϊκής Ηπείρου δρα ως ανασταλτικός παράγοντας για την καλλιέργεια φυτικών ειδών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μπαχαρικών, εκτός από αποξηραμένη πάπρικα και το τσίλι.

Η ζήτηση των μπαχαρικών έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια κυρίως λόγω του αυξημένου ενδιαφέροντος των καταναλωτών για νέες γεύσεις και ενός υγιεινότερου τρόπου ζωής. Πλέον δεν χρησιμοποιούνται μόνο για μαγειρικούς σκοπούς, αλλά είναι κύρια συστατικά για πλήθος συμπληρωμάτων διατροφής και φαρμακευτικών προϊόντων χωρίς να είναι απαραίτητη η ιατρική συνταγή, για πρόσθετα ζωοτροφών κ.λ.π. Κύριος χρήστης αυτών είναι η βιομηχανία επεξεργασίας τροφίμων σε ποσοστό 70-80%, ακολουθεί ο λιανικός τομέας με ποσοστό 15-25% και το υπόλοιπο 5-10% ανήκει στον κλάδο των υπηρεσιών τροφίμων (EC, 2021).



Εικόνα 1.1. Κύριες εισαγωγές μπαχαρικών στην ΕΕ από χώρες εκτός ΕΕ (ΕΕ, 2021).

1.2 Ιστορική Εξέλιξη

Τα μπαχαρικά έχουν μακρά ιστορία καθώς μετρούν χιλιάδες χρόνια πριν. Το 1555 π.Χ., η αρχαία Αίγυπτος ταξινομήσε τον μάραθο, το κύμινο, το σκόρδο και τον κόλιανδρο ως μπαχαρικά που προάγουν την υγεία. Επιπλέον, υπάρχουν αρχεία όπου έχουν καταγράψει το κρεμμύδι και το σκόρδο να χρησιμοποιούνται ως παράγοντες που προάγουν την υγεία από τους εργάτες που κατασκεύασαν τις Πυραμίδες. Επιπρόσθετα, ήταν απαραίτητα συστατικά στη διαδικασία ταρίχευσης καθώς και ως αλοιφές σώματος στην αρχαία Αίγυπτο.

Μπαχαρικά που παρουσιάζουν αντιμικροβιακή δράση χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς σε χειρουργεία για σκοπούς απολύμανσης. Στην αρχαία Ινδία, τα μπαχαρικά χρησιμοποιούνταν πριν από περίπου το 1000 π.Χ. για τέτοιους σκοπούς. Τα νοσοκομεία, αλλά και τα σεντόνια των ασθενών υποκαπνίζονταν με αρωματικούς αμούς φυτών, ενώ σε πληγές έχουν εφαρμόσει κατάπλασμα σουσαμιού. Οι αρχαίοι Ινδοί έκαναν χρήση κάρδαμου, τζίντζερ, μαύρου πιπεριού, κύμινου και σπόρους μουστάρδας με σκοπό την απομάκρυνση του λίπους και των ενοχλήσεων του ουροποιητικού. Στην Κίνα χρησιμοποιούσαν ένα μπαχαρικό που ονομαζόταν κασσία, που είναι παρόμοιο με την κανέλα (<https://www.cabidigitallibrary.org/do/10.5555/blog-history-spice-trade>).

Μεταξύ των πιο διαδεδομένων μπαχαρικών ήταν η κανέλα, το πιπέρι, το γαρύφαλλο, το

μοσχοκάρυδο και το μαχλέπι. Η άνοδος και η πτώση των εθνών ήταν στενά συνδεδεμένη με την απόκτηση και τη διανομή αυτών των μπαχαρικών.

Το εμπόριο μπαχαρικών μεγάλης εμβέλειας ξεκίνησε περίπου το 1000 π.Χ. με την εμπορία της κανέλας, και ίσως του πιπεριού, από την Ινδία και την Ινδονησία στην Αίγυπτο. Για τα επόμενα 1000 χρόνια, οι Άραβες χρησίμευσαν ως οι μοναδικοί μεσάζοντες του εμπορίου μπαχαρικών, παραλαμβάνοντάς τα από τη Νοτιοανατολική Ασία και παραδίδοντάς τα στα λιμάνια της Ερυθράς Θάλασσας. Μόλις το 120 π.Χ. περίπου, αυτό το ασφυκτικό εμπόριο μπαχαρικών κατέρρευσε.

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι ένας ναυαγός Ινδός ναύτης ξεβράστηκε στις ακτές της Ερυθράς Θάλασσας της Αιγύπτου και δίδαξε στους Αιγύπτιους Έλληνες πώς να οδηγούν τους ανέμους των μουσώνων μέσω της Αραβικής Θάλασσας μέχρι την Ινδία. Λίγα ελληνικά πλοία πραγματοποίησαν αυτό το ταξίδι. Όμως, όταν οι Ρωμαίοι κατέλαβαν την Αίγυπτο το 30 π.Χ., 120 πλοία κατέπλεαν ετησίως από τα λιμάνια της Ερυθράς Θάλασσας για να φορτώσουν στα αμπάρια τους μπαχαρικά στην Ινδία.

Το 1 μ.Χ., λειτουργούσε ένα πλήρες εμπορικό δίκτυο στις θάλασσες της Άπω Ανατολής, με κέντρο την Ινδία. Είχε εξελιχθεί ένας θαλάσσιος εμπορικός δρόμος 9000 μιλίων όπου εκτεινόταν από τη Ρώμη, έως τη βόρεια Αφρική, μέσω του Ινδικού Ωκεανού στην Ινδονησία και στην Κίνα, με την Ινδία στο κέντρο.

Μετά την κατάρρευση της Ρώμης το 250 μ.Χ., το επίκεντρο του παγκόσμιου εμπορίου μετατοπίστηκε πρώτα στη Βυζαντινή Αυτοκρατορία και στη συνέχεια στην Ευρώπη. Η Βενετία έγινε μια παγκόσμια εμπορική δύναμη. Οι Μουσουλμάνοι απέκτησαν τον έλεγχο των Διαδρομών των Μπαχαρικών καθώς κατέλαβαν τη Μέση Ανατολή και ένα μεγάλο μέρος της Νοτιοανατολικής Ασίας. Οι Ευρωπαίοι πολέμησαν με τις Σταυροφορίες για να διατηρήσουν μια πύλη στο εμπόριο μπαχαρικών. Τελικά, ο Βάσκο ντα Γκάμα και οι Πορτογάλοι βρήκαν τη διαδρομή γύρω από την Αφρική προς τα μπαχαρικά της Νοτιοανατολικής Ασίας τον 15ο αιώνα. Αποτέλεσμα ήταν να ξεκινήσει μια περίοδο κατακτήσεων στην Ινδία και την Ινδονησία για τον έλεγχο αυτού του εμπορίου. Ως εκ τούτου δημιουργήθηκε μία αυτοκρατορία μπαχαρικών με κέντρο την Γκόα της Ινδίας από την ανατολική Αφρική μέχρι την Ινδονησία. Στη συνέχεια οι Ολλανδικές και Αγγλικές Εταιρείες πήραν το μεγαλύτερο μέρος του επικερδούς εμπορίου μπαχαρικών από τους Πορτογάλους και στη συνέχεια μάχονταν μεταξύ τους για κυριαρχία. Από το 1519 έως το 1522, η Ισπανία ανακάλυψε μια υδάτινη διαδρομή προς τα νησιά των Μπαχαρικών, τις Μολούκες, κοντά στην Ινδονησία, όπου παρήχθησαν γαρίφαλο, μοσχοκάρυδο και πιπέρι (Kraft et al. ,2014).

Το εμπόριο μπαχαρικών από τη Νοτιοανατολική Ασία ήταν ισχυρό για ενάμιση αιώνα, μέχρι τον

17ο αιώνα, όταν μια νέα ομάδα ποτών, διεγερτικών και γεύσεων είχε φτάσει στην Ευρώπη, όπως τσάι, καφές, σοκολάτα και καπνός. Αυτά προσέφεραν νέες γευστικές αισθήσεις και παρήγαγαν ψυχολογικά αποτελέσματα που ήταν ήπια, ή στην περίπτωση του καπνού, πολύ σοβαρά εθιστικά. Αποτέλεσμα των νέων εμπορικών οδών, ήταν τα μπαχαρικά να καταστούν φθηνότερα και περισσότερο προσιτά. Η γαστρονομική επανάσταση στη Γαλλία στα μέσα του 1600 κατέστρεψε την υπόλοιπη Ευρώπη. Οι τεράστιες ποσότητες ζάχαρης και εξωτικών μπαχαρικών αντικαταστάθηκαν από τοπικά βότανα και μανιτάρια με αποτέλεσμα οι ολλανδικές και αγγλικές εταιρείες της Ανατολικής Ινδίας να καταρρεύσουν τον 18ο και 19ο αιώνα και μαζί τους ο συγκεντρωτισμός του εμπορίου μπαχαρικών.

Στις αρχές του 1800, φυτείες μπαχαρικών δημιουργήθηκαν σε άλλες τοποθεσίες σε όλο τον κόσμο δίνοντας τέλος στο καρτέλ του εμπορίου μπαχαρικών για πάντα. Οι Ηνωμένες Πολιτείες εισήλθαν στο εμπόριο μπαχαρικών στα τέλη του 1800 και είναι ο μεγαλύτερος εισαγωγέας και καταναλωτής μπαχαρικών στον κόσμο (<https://extension.psu.edu/herb-and-spice-history>)

1.3 Κυριότερα είδη μπαχαρικών

Πιπέρι (*Piper nigrum* Linn.): Είναι περισσότερο διαδεδομένο μπαχαρικό και είναι παγκοσμίως γνωστό ως «ο βασιλιάς των μπαχαρικών». Περιγράφεται ως μαύρο, λευκό κόκκινο/ροζ και πράσινο πιπέρι. Η περιεκτικότητα σε πιπερίνη κυμαίνεται μεταξύ 2-7,4 %. Χρησιμοποιείται λόγω της ιδιαίτερης γεύσης (πικάντικης, ζεστής) και του αρώματός του. Ο καρπός του αποξηραίνεται και είναι γνωστός ως κόκκος (Duessel et al., 2008).



Εικόνα 1.2. Πιπέρι (Herrera et al., 2020)

Κανέλα (*Cinnamomum verum* or *C. zeylanicum*): Οι διάφοροι τύποι είναι κανέλα Κεϋλάνης,

κινέζικη, κοινή κανέλα, κασσία. Το μέρος του φυτού που χρησιμοποιείται είναι ο φλοιός. Η κύρια ένωση είναι η κιννεμαλδεΐδη σε ποσοστό 65-75%. Έχει γεύση και άρωμα που αναφέρεται ως πικάντικο και γλυκό (Kim et al., 2007).



Εικόνα 1.3. Κανέλα (Herrera et al., 2020)

Γαρύφαλλο(Syzygium aromaticum) : Το μέρος του φυτού που χρησιμοποιείται είναι το μπουμπούκι λουλουδιών. Κύρια ένωση που περιέχει είναι η ευγενόλη με περιεκτικότητα 80-95%. Η γεύση και το άρωμα της είναι πικάντικο και αρωματικό αντίστοιχα (Kuroda et al., 2012).



Εικόνα 1.4. Γαρύφαλλο(Herrera et al., 2020)

Μοσχοκάρυδο (Myristica fragrans Houtt): Χρησιμοποιείται ο πυρήνας, ενώ οι κύριες ενώσεις που έχουν προσδιοριστεί είναι οι ενώσεις sabinine, alpha- Pinene, όπου η περιεκτικότητά τους κυμαίνεται μεταξύ 45- 77% (Barceloux, 2009).



Εικόνα 1.5. Μοσχοκάρυδο (Herrera et al., 2020)

Τζίντζερ (*Zingiber officinale*): Αυτό που καταναλώνεται είναι η ρίζα. Η κύρια ένωση που περιέχει είναι η τζίντζερόλη σε ποσοστό 5-8%. Χαρακτηρίζεται ως πικάντικο και αρωματικό. Ειδικότερα η γεύση του είναι ένας συνδυασμός γεύσεων εσπεριδοειδών, σαπουνιού και μούχλας (Barceloux, 2009).



Εικόνα 1.6. Τζίντζερ(Herrera et al., 2020)

Κύμινο (*Cuminum cyminum*): Χρησιμοποιούνται οι σπόροι, ενώ η κύρια ένωση είναι η κουμιναλδεΐδη σε ποσοστό 8-30%, καθώς και τα α-πινένιο και β-πινένιο. Είναι αρωματικό και πικάντικο και έχει γεύση γήϊνη (Barceloux, 2009).



Εικόνα 1.7. Κύμινο (Herrera et al., 2020)

Κάρδαμο (*Elettaria cardamomum*): Χρησιμοποιούνται οι σπόροι και οι κύριες ενώσεις είναι οι οξικός τερπινυλεστέρας, λιναλοόλη και 1-8-κινεόλη. Χαρακτηρίζεται ως πικάντικο, γλυκό και αρωματικό (Barceloux, 2009).



Εικόνα 1.8. Κάρδαμο (Herrera et al., 2020)

Τσίλι (*Capsicum spp.*): Χρησιμοποιείται ο καρπός και η κύρια ένωση είναι η καψαϊκίνη με την συγκέντρωση να κυμαίνεται μεταξύ 150-300 mg/100g ξηρού βάρους. Χαρακτηριστικό είναι το κάψιμο (Barceloux, 2009).



Εικόνα 1.9. Τσίλι (Herrera et al., 2020)

Κουρκουμάς (*Curcuma longa*): Καταναλώνεται η ρίζα και οι κύριες ενώσεις είναι η κουρκουμίνη σε ποσοστό 3,14%. Η γεύση και άρωμα χαρακτηρίζονται ως γήϊνη, πικάντικη και ελαφρώς πικρή (Barceloux, 2009).



Εικόνα 1.10. Κουρκουμάς (Herrera et al., 2020)

Βανίλια (*Vanilla fragrans*): Χρησιμοποιείται ο καρπός και περιέχει κυρίως βανιλίνη σε ποσοστό 2%. Χαρακτηρίζεται ως εξαιρετικά αρωματικό και έχει γλυκιά και πικρή γεύση (Barceloux, 2009).



Εικόνα 1.11. Βανίλια (Herrera et al., 2020)

Πάπρικα (*Capsicum annuum*): Χρησιμοποιείται ο καρπός και περιέχει κυρίως την καψαϊκίνη και καροτενοειδή. Γευστικά χαρακτηρίζεται ως ελαφρώς γλυκιά και έχει ευχάριστο άρωμα (Barceloux, 2009).



Εικόνα 1.12. Πάπρικα (Herrera et al., 2020)

Σαφράν (Crocus sativus): Το μέρος του φυτού που χρησιμοποιείται είναι το στίγμα και η κύρια ένωση του είναι σαφρανάλη. Έχει γλυκόπικρη γεύση και συφή (Barceloux, 2009).



Εικόνα 1.13. Κρόκος (Herrera et al., 2020)

Ρίγανη (Origanum vulgare): Χρησιμοποιούνται τα φύλλα και οι κύριες ενώσεις είναι οι d α-pinene και p-cymene. Έντονα αρωματικό, ελαφρώς πικρό και πικάντικο (Barceloux, 2009).



Εικόνα 1.14. Ρίγανη (Herrera et al., 2020)

Θυμάρι (*Thymus vulgaris*): Χρησιμοποιούνται τα φύλλα και η κύρια ένωση είναι η θυμόλη (Barceloux, 2009).



Εικόνα 1.15. Θυμάρι (Herrera et al., 2020)

Φασκόμηλο (*Salvia Lamiacea*): Το μέρος που αξιοποιείται είναι τα φύλλα και οι κύριες ενώσεις είναι οι 1,8-κινεόλη, καμφορά, βορνεόλη, οξικός βορνυλεστέρας, καμφένιο, α- και β-θουγιόνη και η λιναλοόλη. Χαρακτηρίζονται ως έντονα αρωματικά, και έχουν γεύση πευκο-ξυλώδη (Barceloux, 2009).



Εικόνα 1.16. Φασκόμηλο (Herrera et al., 2020)

Δεντρολίβανο (*Rosmarinus officinalis L*): Συλλέγονται τα φύλλα και οι κύριες ενώσεις είναι οι 1,8-κινεόλη, καμφορά και α-πινένιο. Έχουν πικρόγλυκη γεύση (Barceloux, 2009)..



Εικόνα 1.17. Δεντρολίβανο (Herrera et al., 2020)

Φύλλα δάφνης (*Laurus nobilis* L.): Συλλέγονται τα φύλλα και οι κύριες ενώσεις είναι οι 1,8-κινεόλη, οξικός α-τερπινυλεστέρας, κινναμοαννίνη, σαβινένιο και α-πινένιο (Barceloux, 2009).



Εικόνα 1.18. Φύλλα δάφνης (Herrera et al., 2020)

1.4 Σύσταση

Τα μπαχαρικά θεωρούνται μία καλή πηγή μακροθρεπτικών και μικροθρεπτικών συστατικών. Επιπλέον, είναι πλούσιες πηγές λίπους, πρωτεϊνών και υδατανθράκων. Τα περισσότερα από τα μπαχαρικά είναι πλούσια σε ασβέστιο, φώσφορο (P), μαγνήσιο (Mg) και ψευδάργυρο (Zn). Επιπρόσθετα, περιέχουν φαινολικές ενώσεις, που έχουν αντιοξειδωτική δράση. Παρότι προστίθενται στα γεύματα σε μικρές ποσότητες, εντούτοις δίνουν επιπλέον θρεπτική αξία εκτός πέραν της ενίσχυσης της γευστικότητας των τροφίμων. Τα μπαχαρικά είναι πολύ πλούσια σε πολλές μακρο- και μικρο-διατροφικές ενώσεις. Ειδικά τα περισσότερα από αυτά είναι πλούσια σε διαιτητικές ίνες, που μοιάζουν με πρωτεΐνες μακροθρεπτικά συστατικά καθώς και βιταμίνες, μέταλλα (ασβέστιο, σίδηρος, μαγνήσιο, ψευδάργυρος, κ.λπ.), πολυφαινόλες, κ.λπ. (Ogunka-Nnoka

and Merha, 2008). Οι σημαντικότερες ενώσεις των μπαχαρικών δίνονται στον Πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1 Σημαντικές ενώσεις στα μπαχαρικά (Herrera et al., 2020)

Σύνθεση	Περιγραφή	Ένωση
Οξέα	Ξινή γεύση, συχνά αντισηπτική	Γλουταμινικό οξύ (Βρίσκεται σε πολλά μπαχαρικά όπως στο σινάπι)
Αλκαλοειδή	Πικρή γεύση, με βάση αλκαλικές αζωτούχες ενώσεις	Πιπεριά-Πιπερίνη
Φλαβόνες	Πικρές ή γλυκές, Διουρητικές, Αντισηπτικές και Αντιφλεγμονώδες	Δεντρολίβανο, Θυμάρι.
Bitters	Ιριδοειδή και Σεσκιτερπένια. Βελτίωση πέψης.	Κουρκουμάς
Κουμαρίνη	Αντιβακτηριδιακό, Αντιπηκτικό.	Κανέλα
Τζιντζερόλη	Απαλό, κολλώδες ή γλοιώδες, καταπραϋντικό και μαλακτικό	Τζιντζερ
Ρητίνες	Oleo-resins και Oleo-gum ρητίνες. Στυπτικός, Αντισηπτικό, θεραπευτικό	Κάρδαμο

Σαπωνίνες.	Σαπουνί σε νερό. Συχνά αντιφλεγμονώδη και διουρητικό.	Σινάπι
Τανίνες	Συχνά Στυπτικές και Αντισηπτικές.	Βανίλια, Κανέλα.
Πτητικά έλαια	Αρωματικά, Αντισηπτικά, Μυκητοκτόνα, Ερεθιστικά και διεγερτικό	Γαρύφαλλο, κανέλα

1.5 Ιδιότητες

1.5.1 Φαρμακευτικές ιδιότητες

Είναι γεγονός ότι πολλά μπαχαρικά παρουσιάζουν φαρμακευτικές ιδιότητες. Παρουσιάζουν αντιθρομβωτική, αντικαρκινική, αντιαρρυθμική, αντιρευματική, κατά της σκλήρυνσης της πλάκας, υπολιπιδαιμική και γαστροπροστατευτική δράση. Επιπλέον παρέχουν προστασία από την ακτινοβολία και επιδρούν στην αναστολή της οξειδωσης της γλυκοζυλίωσης των πρωτεϊνών και της λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας (LDL) (Herrera et al., 2020).

Η χρήση μπαχαρικών ως πηγής φαρμάκου για σοβαρά προβλήματα υγείας πραγματοποιείται για πολλά χρόνια χωρίς να παρατηρείται κάποια τοξική επίδραση. Επίσης, παρουσιάζουν λιγότερες παρενέργειες συγκριτικά με τα χημικά φάρμακα. Άλλο πλεονέκτημα των μπαχαρικών αποτελεί το μικρό κόστος. Τέλος είναι απαραίτητη η σωστή χρήση και δοσολογία για να μην εκδηλωθούν κάποια προβλήματα (Versprohl, 2002).

Έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες από τις οποίες έχει προκύψει ότι η χρήση μπαχαρικών δύναται να αναστρέψει ή να αποτρέψει την ανάπτυξη καρκινικών κυττάρων. Τα μπαχαρικά που αναφέρονται είναι : κουρκουμάς, κανέλα, γαρύφαλλο, μαύρο πιπέρι, τζίντζερ, θυμάρι, τσίλι κ.λ.π.. (Gutheli et al., 2012). Επιπλέον το δεντρολίβανο περιέχει καρνοσικό οξύ και μεθυλολίθιο (RC-18), που μειώνουν τον κίνδυνο καρκίνου (Jeong et al., 2009). Η κουρκουμίνη, η οποία βρίσκεται κυρίως στον κουρκουμά, δρα προστατευτικά στον καρκίνο του παχέος εντέρου και του μαστού. Το σαφράν

αναφέρεται επίσης ως συστατικό για αντικαρκινικά φάρμακα. Τέλος, η τζίντζερόλη, που περιέχει το τζίντζερ, βοηθά επίσης στον έλεγχο των όγκων του μαστού και των ωοθηκών (Lee et al., 2009). Μπαχαρικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιδιαβητική τους δράση είναι: κανέλα, τζίντζερ, τσίλι κ.λ.π. (Rhode et al., 2019).

Με τη μείωση της οξειδωσης του ανθρώπινου σώματος επιτυγχάνεται η μείωση της γήρανσης. Κατά τη διαδικασία της αναπνοής τα κύτταρα παράγουν ενέργεια και ελεύθερες ρίζες. Αυτές θεωρούνται βλαπτικές για τα κύτταρα, τα μιτοχόνδρια, ακόμη και το DNA, αλληλοεπιδρώντας με τα μόρια του ανθρώπινου κυττάρου. Με το στρες, αυτή η διαδικασία μπορεί να επιταχυνθεί. Η πλήρης εξάλειψη των ελεύθερων ριζών είναι αδύνατον να πραγματοποιηθεί, αλλά δύναται ο αριθμός των ελεύθερων ριζών να μην υπερβαίνει την αντιοξειδωτική ποσότητα. Συνεπώς, η αύξηση της κατανάλωσης μπαχαρικών τα οποία περιέχουν αντιοξειδωτικές ενώσεις είναι μια λύση χωρίς κανένα επιβλαβές αποτέλεσμα. Ένα από τα μπαχαρικά που παρουσιάζει αντιγηραντική δράση είναι ο κουρκουμάς (Karri et al., 2019).

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1.2), αναφέρονται τα κυριότερα μπαχαρικά και οι φαρμακευτικές ιδιότητες που παρουσιάζουν.

Πίνακας 1.2 Οι φαρμακευτικές ιδιότητες των κυριότερων μπαχαρικών (Herrera et al., 2020)

Μπαχαρικά	Φαρμακευτικές Ιδιότητες
Κουρκουμάς	<ul style="list-style-type: none">• αντιφλεγμονώδη δράση• κατά της ρευματοειδής αρθρίτιδας, επιπεφυκίτιδας, καρκίνου του δέρματος, ευλογιάς, ανεμοβλογιάς,• μείωση των πεπτικών διαταραχών και ενίσχυση του ανοσοποιητικού.• αντιδυσπεπτική δράση• Βελτίωση της καύσης του λίπους και βοηθά στον έλεγχο του βάρους και στη μείωση του φουσκώματος.• κατά του καρκίνου του παχέος εντέρου.• κατά της αρθρίτιδας.• ελέγχει τα επίπεδα γλυκόζης.
Κανέλα	<ul style="list-style-type: none">• Μείωση του κινδύνου εμφάνισης του καρκίνου του παχέος εντέρου.

	<ul style="list-style-type: none"> • Καλό πήκτικό του αίματος και πρόληψη της αιμορραγίας. • Αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος. • Αντικαρκινική και αντιφλεγμονώδης δράση • Ενισχύει τη στοματική υγεία • αντιδιαβητική δράση
Γαρύφαλλο	<ul style="list-style-type: none"> • βελτίωση της οδοντικής υγείας • αντιφλεγμονώδης δράση λόγω του μεγάλου αριθμού του φλαβονοειδή. • κατά της ακμής • πεπτικές διαταραχές. • Ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος. • Θεραπεία μυκητιακών παθήσεων των ποδιών και των νυχιών • Πρόληψη καρκίνου του πνεύμονα. • Αναστολή της συσσώρευσης αιμοπεταλίων.
Κάρδαμο	<ul style="list-style-type: none"> • αντισηπτικό, διουρητικό, χωνευτικό, τονωτικό και διεγερτικό • αντιφλεγμονώδη δράση • κατά βρογχίτιδας, νεφρικών λίθων, ανορεξία, αιμορροΐδες, δυσπεψία και γαστροπάθεια. • για καρδιακές και νεφρικές παθήσεις, ουρολοιμώξεις, βακτηριακές λοιμώξεις, άσθμα, στοματικές λοιμώξεις, τροφικές δηλητηριάσεις, φυματίωση, πεπτικές διαταραχές, φλεγμονές, ασθένειες της ουροδόχου κύστης, κρυολογήματα, δυσκοιλιότητα, τσίμπημα σκορπιού και φιδιού • μείωση της αρτηριακής πίεσης
Μαύρο πιπέρι	<ul style="list-style-type: none"> • για κρυολογήματα, βήχα, παθήσεις του λαιμού και αιμορροΐδες. • αντιφλεγμονώδης δράση.

	<ul style="list-style-type: none"> • προάγει την εντερική λειτουργία • αντικαρκινική δράση • μείωση του επιπέδου της χοληστερόλης • Ενίσχυση της ανοσίας. • διουρητικό
Τζίντζερ	<ul style="list-style-type: none"> • μείωση της LDL και τα επίπεδα χοληστερόλης • δρα ανασταλτικά στο άσθμα • αντιδιαβητική δράση • αντικαρκινική δράση • μείωση των επιπέδων της γλυκόζης στο αίμα
Σαφράν	<ul style="list-style-type: none"> • μείωση βάρους • μείωση LDL, VLDL και επίπεδα χοληστερόλης • αντικαρκινική, αντιτοξική και αντιδιαβητική δράση • βελτίωση της ψυχικής υγείας

1.6 Χρήσεις

1.6.1 Εφαρμογή ως αρωματικές ύλες

Συνήθως τα μπαχαρικά εφαρμόζονται στη μαγειρική σε μικρές ποσότητες, παρέχοντας με αυτό τον τρόπο μία ιδιαίτερη γεύση και άρωμα. Συχνά χρησιμοποιούνται ως συστατικό πολλών πιάτων όπως σε: σαλάτες, ζυμαρικά, λουκάνικα, σούπες, μαρινάδες, κρέας, αυγό, ξύδι, ακόμα και σε επιδόρπια, μπισκότα καθώς και σε ορισμένα αλκοολούχα ποτά όπως λικέρ και κρασί. Οι αρωματικές ενώσεις των μπαχαρικών είναι είτε φαινολικές είτε ενώσεις με βάση τα τερπένια. Μερικές σημαντικές χημικές ενώσεις για το γευστικό δυναμικό των βοτάνων είναι η καρβακρόλη, η θυμόλη στη ρίγανη και το θυμάρι και η λιναλοόλη σε φασκόμηλο και στο δεντρολίβανο (Herrera et al., 2020).

1.6.2 Εφαρμογή ως χρωστική ουσία

Γενικά ως χρωστικές θεωρούνται τα πρόσθετα των τροφίμων τα οποία επιδρούν στο χρώμα. Χρησιμοποιούνται πέραν της γεύσης και για τη βελτίωση της εμφάνισης των τροφίμων καθώς και για τη διατήρηση του φυσικού τους χρώματος κατά την επεξεργασία και την αποθήκευση (Llamas et al., 2012).

Οι χρωστικές διακρίνονται σε τέσσερις ομάδες: πράσινες χλωροφύλλες, κίτρινο-πορτοκαλο-κόκκινα καροτενοειδή, κόκκινες μπλε-μωβ ανθοκυανίνες και κόκκινη βετανίνη. Πλέον παρουσιάζεται έντονο το ενδιαφέρον από τις βιομηχανίες για την ανάπτυξη χρωστικών ουσιών από φυσικές πηγές. Το χρώμα και η φρεσκάδα είναι τα κύρια κριτήρια που επιδρούν θετικά στην κατανάλωση φυσικών προϊόντων αντί για συνθετικών εξαιτίας των παρενεργειών, της τοξικότητας και των αλλεργικών αντιδράσεων (Santos-Buelga et al., 2014).

Οι κύριες ενώσεις που είναι υπεύθυνες για το χρώμα είναι τα φλαβονοειδή που παίρνουν το χρώμα από ανοιχτό κίτρινο (ισοφλαβόνες), βαθύ κίτρινο (χαλκόνες, φλαβόνες, φλαβονόλες, αυρόνες), πορτοκαλί (αουρόνες) έως κόκκινο και μπλε (ανθοκυανίνες) (Peter and Shylaja, 2012).

Επιπρόσθετα, κάποια μπαχαρικά έχουν περιγραφεί ως φυσικές χρωστικές. Το φύλλο δάφνης έχει χρησιμοποιηθεί ως χρωστική τροφίμων λόγω της παρουσίας ανθοκυανινών. Το άνθος της καλέντουλας χρησιμοποιείται συνήθως ως χρωστική τροφών για να φέρει ένα κίτρινο χρώμα λόγω της παρουσίας καροτενοειδών. Η σταθερότητα αυτών των ενώσεων κατά τη διάρκεια της εμπορικής διάρκειας ζωής είναι πολύ σημαντική εάν τα τελικά προϊόντα πρέπει να είναι ελκυστικά και αποδεκτά. Τέλος, τα μπαχαρικά χρησιμοποιούνται πιο συχνά ως πηγή φυσικών χρωστικών από τα βότανα (Rjzk et al., 2008).

1.6.3 Εφαρμογή ως συντηρητικό λόγω των αντιοξειδωτικών συστατικών

Το Γενικό Πρότυπο του Codex για τα πρόσθετα τροφίμων ορίζει τα αντιοξειδωτικά ως πρόσθετα τροφίμων τα οποία επιδρούν στην παράταση της διάρκειας ζωής των τροφίμων προστατεύοντας από τη φθορά που προκαλείται από την οξείδωση. Πλήθος μελετών έχουν αποδείξει την εξαιρετική συντηρητική ικανότητα διαφορετικών φυτικών εκχυλισμάτων σε διαφορετικά είδη τροφίμων. Τα αντιοξειδωτικά, ακόμη και σε μικρές ποσότητες, καθυστερούν ή αποτρέπουν σε μεγάλο βαθμό τις αντιδράσεις οξείδωσης των ευαίσθητων συστατικών, όπως των λιπιδίων. Επιπλέον, είναι εξαιρετικές πηγές φυσικών αντιοξειδωτικών, και οι ιδιότητες τους συνδέονται με τις φλαβόνες, ισοφλαβόνες, φλαβονοειδή, ανθοκυανίνη, λιγνάνες κουμαρίνης, κατεχίνες και ισοκατεχίνες. Το δεντρολίβανο, η ρίγανη, το θυμάρι κ.λ.π. είναι φυσικές πηγές αντιοξειδωτικών και θεωρείται ότι δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες (FAO, 2018; Aqil et al., 2006).

Οι Kumar et al. (2014) επανεξέτασαν τη χρήση βοτάνων στο κρέας και τα προϊόντα κρέατος. Εκχυλίσματα δεντρολίβανου και ρίγανης χρησιμοποιήθηκαν σε ωμό χοιρινό κρέας για τον προσδιορισμό των κύριων αντιοξειδωτικών ενώσεων και την επίδρασή τους στο χρώμα και στην οξείδωση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα εκχυλίσματα δεντρολίβανου παρουσιάζουν υψηλή

αντιοξειδωτική δράση, ακόμη περισσότερο και από τις φαινολικές ενώσεις χωριστά. Επιπλέον παρουσίασαν την υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα, πιθανώς λόγω της παρουσίας υψηλών συγκεντρώσεων καρνοσικού οξέος και καρνοσόλης. Το φασκόμηλο παρουσίασε υψηλή αποτελεσματικότητα στον έλεγχο των λιπιδίων και στην οξείδωση της χοληστερόλης, ελαχιστοποιώντας τις προοξειδωτικές επιδράσεις του αλατιού κατά το μαγείρεμα κοτόπουλου (Mariutti et al., 2011).

Το εκχύλισμα δεντρολίβανου (E-392) έχει ταξινομηθεί ως πρόσθετο τροφίμων στην ΕΕ και στις ΗΠΑ και είναι το μόνο που διατίθεται στο εμπόριο για χρήση ως αντιοξειδωτικό. Το καρνοσικό οξύ και το παράγωγό του χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση βασικών αντιοξειδωτικών ενώσεων στα εκχυλίσματα δεντρολίβανου από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Το αντιοξειδωτικό εκχύλισμα φύλλων δεντρολίβανου παρασκευάζεται με εκχύλιση με διαλύτη (αιθανόλη, ακετόνη ή αιθανόλη ακολουθούμενη από εξάνιο) ή υπερκρίσιμη εκχύλιση διοξειδίου του άνθρακα. Σύμφωνα με τον κανονισμό της ΕΕ, μόνο τα εκχυλίσματα που περιέχουν καρνοσικό οξύ και καρνοσόλη θεωρούνται πρόσθετα. Εφαρμόζονται στα τρόφιμα ελαίων, ζωικών λιπών, σαλτσών και ειδών αρτοποιίας και κρέατος και προϊόντων ψαριών (Herrera et al., 2020).

1.6.4 Εφαρμογή ως αντιμικροβιακό

Υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για τις αντιμικροβιακές ιδιότητες των μπαχαρικών με σκοπό τη μείωση της εμφάνισης μικροβιακής μόλυνσης, όπως βακτήρια, ζυμομύκητες και μύκητες σε τρόφιμα που προκαλούνται από ανεπιθύμητους παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus cereus* και *Staphylococcus aureus*.

Οι αντιμικροβιακές ενώσεις ή τα εκχυλίσματα τους βελτιώνουν τη διάρκεια ζωής των τροφίμων και γενικά ελαχιστοποιούν τα παθογόνα και τις τοξίνες που παράγονται από μικροοργανισμούς. Ωστόσο, δρουν ως αντιμικροβιακά *in vitro*, και για την επίτευξη του στόχου στα τρόφιμα απαιτείται μεγαλύτερη συγκέντρωση. Οι αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες που περιέχουν αιθέρια έλαια από δεντρολίβανο, φασκόμηλο, θυμάρι, ρίγανη είναι ήδη διαθέσιμα στο εμπόριο. Έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία μόνα τους ή συνδυαστικά με άλλες μεθόδους συντήρησης. Για παράδειγμα το υδροαλκοολικό εκχύλισμα του δεντρολίβανου ήταν αποτελεσματικό κατά του *Streptococcus mitis*, *Streptococcus sanguinis*, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sobrinus*, και στελέχη *Lactobacillus casei* (Silva et al., 2009).

Οι Costa et al. (2009) μελέτησαν την αντιβακτηριακή δράση του αιθέριου ελαίου ρίγανης έναντι

πολυανθεκτικών βακτηρίων, όπως *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* και *Saccharomyces cerevisiae*) (Costa et al., 2009). Τα αιθέρια έλαια από ρίγανη και θυμάρι, ήταν επίσης δραστικά κατά των στελεχών της *Listeria monocytogenes* και της *Salmonella enteritidis* σε προϊόντα κρέατος αλλά περισσότερο δραστικά έναντι Gram-θετικά βακτήρια (Silva et al., 2009).

Κεφάλαιο 2. Νοθεία Μπαχαρικών

2.1 Γενικά

Η νόθευση ερευνήθηκε για πρώτη φορά το 1820 από τους Γερμανούς χημικούς Frederick και Accum, όπου εντόπισαν υψηλές συγκεντρώσεις τοξικών μετάλλων σε μπακαλιάρο και νερό και ήρθαν σε αντιπαράθεση με τους προμηθευτές όσον αφορά τη διακίνηση αυτών των προϊόντων και την ασφάλεια αυτών. Αργότερα, στις αρχές του 1850 ο γιατρός Hill Hossal διεξήγαγε εκτενείς μελέτες που δημοσιεύτηκαν στο Lancet και οδήγησαν το 1860 την αναφορά για τη νόθευση τροφίμων και μάλλον στη νομοθεσία αυτού (Choudhary et al., 2020).

Μέχρι τώρα δεν έχει θεσμοθετηθεί επισήμως ένας νομικός ορισμός της νοθείας των τροφίμων. Το 2009, ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ (FDA) υιοθέτησε τον «ορισμό λειτουργίας» ο οποίος σχετίζεται με τα οικονομικά κίνητρα της νοθείας των προϊόντων τα οποία ελέγχονται από την FDA. Για εργαστηριακούς σκοπούς έδωσε τον ορισμό της «οικονομικά υποκινούμενης νόθευσης» («economically motivated adulteration») ως μία *«δόλια, σκόπιμη υποκατάσταση ή προσθήκη μιας ουσίας σε ένα προϊόν έχοντας ως σκοπό την αύξηση της φαινομενικής αξίας του προϊόντος ή τη μείωση του κόστους παραγωγής του»*. Σε αυτό τον ορισμό εμπεριέχεται η αραιώση του τελικού προϊόντος με υψηλή ποσότητα των ήδη χρησιμοποιούμενων υλών όπως για παράδειγμα, προσθήκη νερού σε χυμό (Johnson, 2014).

Πρόσφατα η έκθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αφορά τη νοθεία των τροφίμων παρατηρεί ότι η νομοθεσία της ΕΕ δεν προβλέπει έναν γενικά αναγνωρισμένο ορισμό της νοθείας παρά το ότι έχει αναπτυχθεί ένα νομοθετικό πλαίσιο που επικεντρώνεται στην ασφάλεια των τροφίμων. Μία κατευθυντήρια γραμμή η οποία αναφέρεται στους κανονισμούς της ΕΕ θεωρεί αναγκαία την επισήμανση ότι η διαφήμιση, η παρουσίαση και η συσκευασία *«δεν θα πρέπει να παραπλανούν τους καταναλωτές»*. Αυτές οι επισημάνσεις διαφέρουν μεταξύ των κρατών- μελών της ΕΕ με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η καταπολέμηση της νοθείας (EC, 2012).

Ο Οργανισμός Προτύπων Τροφίμων του Ηνωμένου Βασιλείου (FSA) αναφέρει τη νοθεία τροφίμων ως τη *σκόπιμη διάθεση στην αγορά προϊόντων, όπου για οικονομικό όφελος, εξαπατούν τον καταναλωτή* (23). Τα τρόφιμα αυτά μπορεί να είναι ακατάλληλα και δυνητικά επιβλαβή καθώς εσκεμμένα αναγράφεται μία εσφαλμένη περιγραφή του τροφίμου (Spink and Moyer, 2011.)

Πλέον στην επιστημονική κοινότητα θεωρείται η νόθευση τροφίμων μια διαδικασία κατά την οποία η ποιότητα αυτών μειώνεται είτε αντικαθιστώντας κάποιο συστατικό είτε προσθέτοντας μη εγκεκριμένες ουσίες είτε αφαιρώντας ζωτικής σημασίας συστατικό από τα τρόφιμα για οικονομικούς σκοπούς ή λόγω κάποιας τυχαίας συγκυρίας. Γενικά, θεωρείται πολύ δύσκολο η

βιομηχανία τροφίμων να μην έχει πραγματοποιήσει κάποια νοθεία. Καθώς τα τελευταία χρόνια το φαινόμενο έχει αυξηθεί δραματικά έχει ως αποτέλεσμα να αυξηθεί και το ενδιαφέρον των καταναλωτών που αφορά την ασφάλεια και την ιχνηλασιμότητα των προϊόντων διατροφής. Συνεπώς, είναι σημαντικό για τον καταναλωτή να γνωρίζει τους νοθευτές και τις επιπτώσεις στην υγεία του (Anita and Neetu, 2013) .

Το 2005, έγινε γνωστή η νόθευση τσίλι με σκόνη της βαφή Σουδάν, η οποία αναφέρεται ως μια βιομηχανική βαφή και ανήκει στην κατηγορία καρκινογενών ουσιών. Μία βρετανική εταιρεία πρόσθεσε αυτό το υλικό στη σάλτσα Worcestershire, η οποία χρησιμοποιήθηκε στην παρασκευή εκατοντάδων προϊόντων. Εκείνο το έτος, η ΕΕ, θέσπισε το νόμο που απαιτούσε την ιχνηλασιμότητα στην εφοδιαστική αλυσίδα των τροφίμων. Λόγω αυτής της ενισχυμένης ιχνηλασιμότητα εντοπίστηκε η νοθεία και ανακλήθηκαν χιλιάδες προϊόντα ανά τον κόσμο που περιείχαν αυτή την ουσία (Johnson, 2014) .

Σε έκθεση του 2005, η επιτροπή της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων είχε καταγράψει επτά παράνομες βαφές οι οποίες είχαν εντοπιστεί σε προϊόντα διατροφής σε κράτη μέλη της Ε.Ε. Τα μπαχαρικά αποτελούν ένα σύνηθες παράδειγμα νοθείας, διότι πωλούνται έχοντας τη μορφή σκόνης, οι εφοδιαστικές τους αλυσίδες είναι περίπλοκες και μεγάλες, δεν έχει αναπτυχθεί αξιόπιστη και οικονομικά προσιτή δοκιμή και οι απώλειες απόδοσης στο τελικό φαγητό των προϊόντων εντοπίζονται δύσκολα. Έχει παρατηρηθεί ότι για τη βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και την αύξηση του βάρους τους προστίθενται σε αυτά μία ποσότητα φρεσκοαλεσμένων μπαχαρικών καθώς και υλικών που δεν είναι μπαχαρικά. Το 1994 στην Ουγγαρία απαγορεύτηκαν οι πωλήσεις και οι εξαγωγές πάπρικας διότι είχε εντοπιστεί ότι από την Ρουμανία εισήχθη πάπρικα που εμπεριείχε οξείδιο του μολύβδου για βελτίωση του χρώματος. Αποτέλεσμα ήταν να νοσηλευθούν 60 περιστατικά δηλητηρίασης. Έπειτα από έλεγχο διαπιστώθηκε ότι είχε ανιχνευτεί μόλυβδος στο 15% των δειγμάτων. Πάλι στην Ουγγαρία διαπιστώθηκε το 2004 πρόβλημα λόγω του εντοπισμού αφλατοξίνης. Το 2000, Ισπανός παραγωγός σαφράν εντοπίστηκε στη Βρετανία ότι είχε πραγματοποιήσει νόθευση στο προϊόν, διότι το πουλούσε σε πολύ χαμηλή τιμή (FDA, 2012).

2.2 Νομοθεσία περί νοθείας

Ο πρώτος νόμος εμφανίστηκε το 1954 στη Βρετανία και αναφέρεται ως *νόμος της πρόληψης της νόθευσης τροφίμων*. Με αυτόν καθορίζονταν τα πρότυπα ασφάλειας των τροφίμων στη χώρα, καθώς και τότε ένα τρόφιμο το άρθρο θεωρείται νοθευμένο.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση όρισε μεθόδους δειγματοληψίας και ανάλυσης για τον έλεγχο της νοθείας στα τρόφιμα μέσω τεσσάρων κανονισμών. Αρχικά, παρατήρησε ότι οι προσμείξεις που εντοπίζονται στα τρόφιμα θεωρούνται ως το αποτέλεσμα των διαφόρων σταδίων της εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή παραγωγή, συσκευασία, μεταφορά και αποθήκευση ή από το περιβάλλον. Δεδομένου ότι συντελούν στην αρνητική ποιότητα των τροφίμων και άρα στην αύξηση του κίνδυνου της ανθρώπινης υγείας, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έλαβε μέτρα για την ελαχιστοποίηση των προσμείξεων στα τρόφιμα. Γενικά, ορίζονται μέγιστα επίπεδα για τους μολυντές των τροφίμων, τα οποία είναι αυτά που προκαλούν τη μεγαλύτερη ανησυχία στους καταναλωτές της ΕΕ.

Οι 4 αυτοί κανονισμοί παραπέμπουν στον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 882/2004 που αφορά τους επίσημους ελέγχους, όπου το άρθρο 11 παράγραφος 4 ορίζει τις μεθόδους δειγματοληψίας και ανάλυσης. Ο κανονισμός αυτός καταργήθηκε και αντικαταστάθηκε από τον κανονισμό (ΕΕ) 2017/625, όπου το άρθρο 34 του ορίζει τις μεθόδους δειγματοληψίας και ανάλυσης.

Ειδικότερα, ο Κανονισμός (ΕΕ) 2017/644 αναφέρεται στις διοξίνες και τις ορίζει ως ενώσεις που χαρακτηρίζονται ως έμμονοι περιβαλλοντικοί ρύποι, που ω επί το πλείστον είναι δευτερεύοντα υποπροϊόντα καύσης ή βιομηχανικών διεργασιών. Τα PCB χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή ηλεκτρικού εξοπλισμού, μελανιών, συγκολλητικών, επιβραδυντικών φλόγας και χρωμάτων. Παρουσιάζουν υψηλή διαλυτότητα και ανθεκτικότητα στο λίπος και για αυτό εξακολουθούν να υπάρχουν και να συσσωρεύονται στο ζωικό λίπος και κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας. Το 5^ο τμήμα του παραρτήματος του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1881/2006 καθορίζονται τα μέγιστα επιτρεπόμενα επίπεδα, ενώ οι μέθοδοι δειγματοληψίας περιγράφονται στο παράρτημα II του κανονισμού (ΕΕ) 2017/644. Τα παραρτημάτων III και IV του κανονισμού (ΕΕ) 2017/644 αναφέρουν τις μεθόδους και την εφαρμογή των κριτηρίων απόδοσης όσον αφορά την προετοιμασία και την ανάλυση του δείγματος. Επιπλέον, ο κανονισμός 589/2014 ισχύουν ότι αναφέρονται στον κανονισμό 2017/644.

Ο κανονισμός 2015/705 έχει να κάνει με το ερουκικό οξύ, το οποίο έχει εντοπιστεί ως συστατικό σε ορισμένα σπορελαίων και σε μεγάλες ποσότητες επιφέρει έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των καταναλωτών. Το 8^ο τμήμα του παραρτήματος του κανονισμού 1881/2006 καθορίζει τα μέγιστα επιτρεπόμενα επίπεδα, ενώ οι μέθοδοι της δειγματοληψίας και της ανάλυσης περιγράφονται στο παράρτημα του κανονισμού 2015/705. Η οδηγία 80/891/ΕΟΚ έχει καταργηθεί και έχει συγχωνευτεί στον 2015/705.

Ο κανονισμός 333/2007 καθορίζει τις μεθόδους δειγματοληψίας και ανάλυσης ιχνοστοιχείων καθώς και των επιπέδων μόλυνσης στα τρόφιμα. Τα ιχνοστοιχεία και οι προσμείξεις επεξεργασίας

μπορεί να υπάρχουν στα τρόφιμα ως αποτέλεσμα περιβαλλοντικής μόλυνσης ή μετανάστευσης από τη συσκευασία και μπορούν επίσης να εισέλθουν στην τροφική αλυσίδα κατά την επεξεργασία και δύναται να συσσωρευτούν στον ανθρώπινο ιστό.

Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH) και το υπερχλωρικό άλας υπάρχουν στα τρόφιμα εξαιτίας της περιβαλλοντικής μόλυνσης ή μετανάστευσης από τη συσκευασία με αποτέλεσμα να εισέλθουν στην τροφική αλυσίδα μέσω της επεξεργασίας. Ο μόλυβδος, το αρσενικό, το κάδμιο, ο υδράργυρος και το υπερχλωρικό ανιχνεύονται στα τρόφιμα ως αποτέλεσμα της μόλυνσης του περιβάλλοντος και των βιομηχανικών διεργασιών καθώς και από συγκεκριμένους τύπους υλικών, τα οποία έρχονται σε επαφή με τρόφιμα. Ο κασσίτερος υπάρχει στα κονσερβοποιημένα τρόφιμα και ως εκ τούτου να μεταναστεύσει στο φαγητό. Άλλο παράδειγμα αποτελούν οι εστέρες λιπαρών οξέων 3-MCPD και οι εστέρες λιπαρών οξέων γλυκιδυλίου οι οποίοι εντοπίζονται στα εξευγενισμένα φυτικά έλαια και σε τρόφιμα που περιέχουν αυτά τα έλαια, ως αποτέλεσμα της διαδικασίας εξευγενισμού των ελαίων. Το ακρυλαμίδιο δύναται να σχηματιστεί σε τρόφιμα πλούσια σε υδατάνθρακες κατά το ψήσιμο, το τηγάνισμα κ.λ.π.. Τέλος, το βενζο(α)πυρένιο και άλλοι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες προκύπτουν από ατελή καύση οργανικής ύλης και βρίσκονται σε πολλά τρόφιμα, ειδικά στα ψητά κρέατα.

Το 3, 4, 6 και 9 τμήματα του παραρτήματος του κανονισμού 1881/2006 ορίζουν τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια των παραπάνω. Η δειγματοληψία και η ανάλυση πραγματοποιούνται σύμφωνα με τις μεθόδους του παραρτήματος του κανονισμού 333/2007.

Εξαιτίας του υψηλού κόστους δείγματος για συμπληρώματα διατροφής, αποξηραμένα μπαχαρικά ή βότανα, αποξηραμένους μύκητες, φύκια ή λειχήνες, που έχουν υψηλό κόστος ανά μονάδα βάρους, ο κανονισμός 2021/705 τροποποιεί τον 333/2007, ορίζοντας συγκεκριμένες μεθόδους δειγματοληψίας για αυτά τα εμπορεύματα. Εφαρμόζεται από τις 19 Μαΐου 2021 και από τις 15 Δεκεμβρίου 2022 ο 2022/685 τροποποιεί το παράρτημα του κανονισμού 333/2007 που αφορά τις απαιτήσεις δειγματοληψίας για τα ψάρια και τα χερσαία ζώα. Οι οδηγίες 2001/22/ΕΚ, 2004/16/ΕΚ και 2005/10/ΕΚ καταργούνται και κάθε αναφορά σε αυτές αφορά τον κανονισμό 333/2007.

Ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 401/2006 αφορά τις μυκοτοξίνες, οι οποίες είναι τοξικές ουσίες που παράγονται από μύκητες και ενδέχεται να μολύνουν τα τρόφιμα και τις ζωοτροφές σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ορισμένες μυκοτοξίνες μπορεί να έχουν καρκινογόνες επιδράσεις στο ήπαρ και τα νεφρά. Το 2ο τμήμα του παραρτήματος του κανονισμού 1881/2006 ορίζει τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια σε ορισμένες μυκοτοξίνες συγκεκριμένων τροφίμων. Οι μέθοδοι δειγματοληψίας περιγράφονται στο παράρτημα Ι του 401/2006. Η προετοιμασία και η

ανάλυση του δείγματος πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας τις μεθόδους και εφαρμόζοντας τα παραρτήματα III και IV του κανονισμού 401/2006. Οι οδηγίες 98/53/ΕΚ, 2002/26/ΕΚ, 2003/78/ΕΚ και 2005/38/ΕΚ καταργούνται και κάθε αναφορά σε αυτές αφορά πλέον γίνεται με τον κανονισμό 401/2006. (<https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/methods-of-sampling-and-analysis-for-the-control-of-levels-of-certain-contaminants-in-foodstuffs.html>)

Σύμφωνα με το Κέντρο Προώθησης Εισαγωγών από αναπτυσσόμενες χώρες της ΕΕ από τον Μάιο του 2020 υπάρχουν πρωτοβουλίες με στόχο την καταπολέμηση της νοθείας των τροφίμων στον τομέα των μπαχαρικών και των βοτάνων. Μέσα από αυτή την πρωτοβουλία γίνεται αντιληπτή η δυσκολία του όλου εγχειρήματος. Θεωρούν δεδομένο ότι η εφοδιαστική αλυσίδα των μπαχαρικών και βοτάνων είναι πολύπλοκη και κυρίως για τα θρυμματισμένα και τα αλεσμένα, όπου εκεί τα κρούσματα νοθείας είναι κατά πολύ συχνότερα. Για την καταπολέμηση της νοθείας στην ευρωπαϊκή αγορά τροφίμων, έχουν αναπτυχθεί πλήθος αξιόπιστων τεστ. Οι επίσημες αρχές τροφίμων και οι ιδιωτικοί οργανισμοί θέτουν νέες πρωτοβουλίες με στόχο τη διασφάλιση της αυθεντικότητας των μπαχαρικών στην αγορά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Ασφάλειας Τροφίμων EFSA και η Ευρωπαϊκή Ένωση Μπαχαρικών ESA.

Η European Spice Association δημοσίευσε το έγγραφο Adulteration Awareness , το οποίο περιλαμβάνει οδηγίες σχετικά με την αυθεντικότητα των βοτάνων και των μπαχαρικών. Άλλη σημαντική πρωτοβουλία είναι η Food Integrity η οποία ολοκληρώθηκε πρόσφατα. Μέσω αυτού του έργου δημιουργήθηκε στο YouTube το κανάλι Food Integrity καθώς και μια εφαρμογή smartphone (<https://www.cbi.eu/news/european-initiatives-fight-food-fraud-spices-and-herbs-sector>).

Όσον αφορά την Ελλάδα , υπήρχε ο παλιός ποινικός κώδικας, όπου το άρθρο 281 αναφέρει τι είναι η νοθεία υλικών και η τιμωρία όταν αυτή αποδειχθεί. Επίσης διαχωρίζει και την περίπτωση όπου αυτό προκλήθηκε από αμέλεια τι ποινή θα επιβληθεί.

Ο Νόμος 4619/2019 είναι ο Ενημερωμένος Ποινικός Κώδικας , ο οποίος καταργεί το παραπάνω άρθρο. Τα πρόστιμα επιβάλλονται από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων . Τέλος, το 2014 με το Ν. 4235/2014 δόθηκε ο επίσημος νομικός ορισμός των νοθευμένων τροφίμων ως «*τρόφιμα των οποίων οι πρόσθετες ύλες είναι μικρότερης οικονομικής αξίας με σκοπό την αύξηση του κέρδους ή τη βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών που είναι ψεύτικη*» (http://www.efet.gr/portal/page/portal/efetnew/news/news_per_category7par_newCatlcE2).

2.3 Είδη νοθείας

Τα είδη νοθείας διακρίνονται στους ακόλουθους τύπους (Moore et al., 2012):

1. Αντικατάσταση :

Σε αυτό τον τύπο νοθείας πραγματοποιείται είτε η πλήρης είτε η μερική αντικατάσταση ενός συστατικού του τροφίμου με ένα υποκατάστατο μικρότερου κόστους. Συνηθέστερα επιτυγχάνεται μέσω της διαδικασίας της προσθήκης, της αραιώσης ή της επέκτασης ενός αυθεντικού συστατικού με ένα νοθευμένο ή μείγμα αυτού. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η προσθήκη μελαμίνης στο γάλα με σκοπό την αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, η προσθήκη νερού και κιτρικού οξέος στο χυμό λεμονιού για της οξύτητας του χυμού και η υπερ-επεξεργασία κατεψυγμένων ψαριών με πάγο, όπου προστίθεται επιπλέον νερό που ενδεχομένως είναι ανθυγιεινό. Επιπρόσθετα περιλαμβάνονται :

- ✓ Ψευδής δήλωση της γεωγραφικής προέλευσης, των ειδών και των ποικιλιών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η αντικατάσταση του πρόβειου ή κατσικίσιου γάλατος από αγελαδινό, του σκληρού σιταριού από μαλακό, του ελληνικού ελαιόλαδο που επισημαίνεται ως ιταλικό και της φυσικής βανιλίνη με τη συνθετική.
- ✓ Ψευδής δήλωση προέλευσης με στόχο τη φοροδιαφυγή και τους δασμούς. Παράδειγμα αποτελεί το γατόψαρο από τις ΗΠΑ και από το Βιετνάμ όπου φέρει την ένδειξη ροφός για την αποφυγή δασμών.
- ✓ Ψευδής δήλωση της διαδικασίας παραγωγής. Για παράδειγμα δηλώνεται μία συνθετική χημική ουσία γεύσης ως φυσική ή ως πιστοποιημένη βιολογικής παραγωγής. Άλλο παράδειγμα αποτελεί η χρήση κακής ποιότητας φιλτραρισμένου μελιού ή ένα προϊόν υποκατάστατου μελιού με την ένδειξη νέας σοδειάς μέλι το οποίο παρέχει φαρμακευτικές ιδιότητες.

Τέτοιες πρακτικές αποσκοπούν στην μείωση του κόστους παραγωγής μέσω της αντικατάστασης ενός συγκεκριμένου τροφίμου ή συστατικού με ένα άλλο συστατικό χαμηλότερης τιμής ή ποιότητας. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι σε περιπτώσεις όπου παρατηρείται έλλειψη προμήθειας συγκεκριμένου συστατικού τότε δύναται να εισαχθεί μια άλλη.

2. Προσθήκη:

Σε αυτή τη περίπτωση μικρές ποσότητες μη αυθεντικής ουσίας προστίθενται με σκοπό την κάλυψη κάποιου συστατικού κατώτερης ποιότητας. Παράδειγμα αποτελεί η βαφή Sudan Red, η οποία ενισχύει το χρώμα της ποιοτικά υποδιέστερης πάπρικας

3. Αφαίρεση:

Σε αυτό το τύπο νοθείας πραγματοποιείται η σκόπιμη παράλειψη ενός αυθεντικού και σημαντικού συστατικού χωρίς να έχουν λάβει γνώση οι καταναλωτές. Παράδειγμα αποτελεί η αφαίρεση από την πάπρικα λιπιδίων και αρωματικών ενώσεων και η προσθήκη αρωματικών εκχυλισμάτων που προέρχονται από την πάπρικα, ή την απολιπασμένη πάπρικα. Άλλο παράδειγμα είναι το μέλι κακής ποιότητας το οποίο φιλτράρεται για να απομακρυνθούν τα υπολείμματα της γύρης ή της κυψέλης, για να είναι δύσκολο να προσδιοριστεί η γεωγραφική και βοτανική του προέλευση.

2.4 Κίνητρα νοθείας

Το κύριο κίνητρο της νοθείας είναι η αύξηση του κέρδους μέσω της μείωσης του κόστους παραγωγής. Συνήθως πραγματοποιείται μέσω της υποκατάστασης των υλών παραγωγής με άλλα κατώτερης ποιότητας για αύξηση του βάρους ή του όγκου (Momtaz et al., 2023). Άλλο κίνητρο αποτελεί η βελτίωση της εμφάνισης των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών μέσω της ενσωμάτωσης τεχνητών χημικών και χρωστικών ουσιών με σκοπό την αύξηση της πώλησης του προϊόντος (Fiorino et al., 2018). Σημαντικό κίνητρο θεωρείται το μικρό ποσοστό των ελέγχων που πραγματοποιούνται καθώς και οι ελλειπίες νόμοι όπου δίνουν τη δυνατότητα της νοθείας εφόσον οι ενδιαφερόμενοι γνωρίζουν ότι υπάρχει πολύ μικρή πιθανότητα να εντοπιστούν. Επιπρόσθετα, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι πολύ ακριβή και δεν θεωρούνται αξιόπιστες, οπότε οι περισσότερες νοθείες εντοπίζονται έπειτα από εμφανείς επιδράσεις στους καταναλωτές (Asrat and Zelalem, 2014). Υπάρχει η άποψη ότι λόγω της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού για να καλυφθούν οι ανάγκες σε τρόφιμα προβαίνουν σε αυτό το παράπτωμα. Άλλο ένα κίνητρο νοθείας είναι ότι πολλές φορές αναθέτεται σε εξωτερικούς παραγωγούς να παρασκευάσουν ένα υλικό που χρησιμοποιείται στον τομέα των τροφίμων και θα πρέπει αυτοί να έχουν προμηθευτεί τις πρώτες ύλες (Sicra, 2012). Ο Cofie (2012) υποστηρίζει ότι η νοθεία είναι ένας φαινόμενο που συνεχώς εξαπλώνεται, λόγω της βελτίωσης της τεχνογνωσίας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Σύμφωνα με τον Narayan (2014) γενικά τα τρόφιμα και τα ποτά νοθεύονται όταν:

- ✓ η ζήτηση είναι μεγαλύτερη της προσφοράς
- ✓ για αύξηση της ανταγωνιστικότητας με μείωση του κόστους παραγωγής,
- ✓ η απληστία για αυξημένα περιθώρια κέρδους,
- ✓ όταν ο μέσος καταναλωτής αδυνατεί να αγοράσει τρόφιμα με τα αρχικά συστατικά,
- ✓ έλλειψη εκπαιδευμένου ανθρώπινου δυναμικού και η χρήση απαρχαιωμένων μεθόδων επεξεργασίας τροφίμων και τεχνικών και

- ✓ η ελλιπής γνώση για τις επιπτώσεις που θα προκληθούν στους καταναλωτές

2.5 Επιπτώσεις

Τα συνεχώς αυξανόμενα περιστατικά νοθείας μετατρέπουν τα τρόφιμα και κυρίως αυτά που χρησιμοποιούνται σε καθημερινή βάση να χαρακτηρίζονται ως ανασφαλή και ανθυγιεινά για χρήση εξαιτίας κακών χειρισμών. Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται ότι έχει μετατραπεί ως ένα από τα σοβαρά προβλήματα με την κατανάλωση αυτών των τροφίμων να επιδρούν αρνητικά στην υγεία προκαλώντας σοβαρές ασθένειες όπως καρκίνος, διάρροια, άσθμα, έλκη. Γενικά μπορεί να λεχθεί ότι η νοθεία τροφίμων επιδρά αρνητικά στους παραγωγούς, στους μεταποιητές ή κατασκευαστές/επιχειρήσεις, στους καταναλωτές και στο κράτος (Asrat et al., 2012).

2.5.1 Επιχειρήσεις

Οι επιχειρήσεις επηρεάζονται άμεσα έπειτα από την εμφάνιση ενός τέτοιου γεγονότος. Οι καταναλωτές χάνουν την εμπιστοσύνη τους όχι μόνο σε αυτό το προϊόν, αλλά και γενικότερα στην επωνυμία της επιχείρησης. Επιπλέον, τα παράπονα των καταναλωτών αυξάνονται, ενώ ακολουθείται η ανάκληση του προϊόντος και η καταστροφή αυτού. Συνεπώς, υπάρχει αύξηση των εξόδων καθώς τα ασφάλιστρα και τα κόστη σχετίζονται με την αντικατάσταση εξοπλισμού ή τον καθαρισμό αυτού. Ακόμη το λάθος ενός προμηθευτή δημοσιοποιείται στα μέσα ενημέρωσης θέτοντας αμφιβολίες για τη φήμη της εταιρείας. Οπότε θα επηρεαστούν όχι μόνο οι πωλήσεις αυτού του προϊόντος, αλλά και οι πωλήσεις των υπολοίπων προϊόντων που βρίσκονται στην αποθήκη, στους λιανοπωλητές κ.λ.π. (Pandral et al., 2012)

Στην περίπτωση όπου τα προϊόντα θα απαγορευτούν και θα χαρακτηριστούν ως μη βρώσιμα οδηγούνται στην απόρριψη και στον χαρακτηρισμό ως απόβλητου. Οι επιπτώσεις που θα προκύψουν θα είναι πολλαπλές, βαθιές και εκτενείς. Όταν ο παραγωγός εξαρτάται από αυτό το εισαγόμενο τρόφιμο έχει ως αποτέλεσμα την οικονομική ζημιά καθώς και την μείωση των πωλήσεων λόγω απώλειας της εμπιστοσύνης του κοινού. Η ζημιά μπορεί είναι καταστροφική και η ανάκτηση της επωνυμίας του προϊόντος δύναται να χρειαστεί μεγάλο χρονικό διάστημα και αύξηση του κόστους καθώς οι καταναλωτές θα έχουν στρέψει την αγορά τους σε ίδιο προϊόν άλλης εταιρείας. Οι Qian et al. (2011) παρατήρησαν ότι στην περίπτωση νοθείας γάλατος με μελαμίνη περίπου το 40 έως 60% των καταναλωτών είτε σταμάτησαν είτε δεν ήταν πρόθυμοι να αγοράσουν εγχώρια γαλακτοκομικά προϊόντα, ενώ η αγορά εισαγόμενης σκόνης γάλατος αυξήθηκε από 34% σε 47% στην Κίνα (Ibens, 2014).

2.5.2 Παραγωγούς

Η νοθεία ενός τροφίμου δεν επηρεάζει μόνο τις μεγάλες επιχειρήσεις αλλά και τους παραγωγούς που έχουν αναπτύξει δική τους επιχείρηση για την προμήθεια του προϊόντος που παράγουν, όπως γαλακτοκομικά, μέλι, σιτάρι κ.λπ.. Αναφέρεται ως τον πιο αδύναμο κύκλο του κλάδου. Έχουν καταγραφεί σημαντικές περιπτώσεις νοθείας εξαιτίας της αύξησης της τιμής των ζωοτροφών, της έλλειψης αγελάδων γαλατοπαραγωγής από μαζικές πωλήσεις ή σφαγής (Qian et al., 2011).

2.5.3. Δημόσια υγεία

Όλα που αναφέρθηκαν παραπάνω, όπως περιγράφονται και στον Πίνακα 2.1, εγκυμονούν για τη δημόσια υγεία σημαντικοί κίνδυνοι. Παρατηρείται μία συνεχώς αυξανόμενη ανησυχία για τους κινδύνους που προκύπτουν από την νοθεία. Η ανησυχία αυτή τα τελευταία χρόνια είναι συνεχής και αυξανόμενη κυρίως στη βιομηχανία τροφίμων. Οι κίνδυνοι που θεωρούνται απειλή για το κοινωνικό σύνολο διακρίνονται σε τρεις τύπους (Choudhary et al., 2020):

- ✓ **Άμεσος**, όπου ο καταναλωτής εκτίθεται σε άμεσο κίνδυνο έπειτα από βραχυπρόθεσμη έκθεση η οποία επιφέρει οξεία τοξικότητα ή θνησιμότητα,
- ✓ **Έμμεσο**, όπου ο καταναλωτής τίθεται σε κίνδυνο εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης με πιθανές χρόνιες επιπτώσεις,
- ✓ **Τεχνικά**, όπου υπάρχει η πιθανότητα η τεκμηρίωση των τροφίμων να μην είναι αντιπροσωπευτική του περιεχομένου τους

Χαρακτηριστικό παράδειγμα κινδύνου τεχνικής απάτης δύναται να είναι η αλλεργική αντίδραση σε άγνωστο προϊόν , το οποίο δεν αναγράφεται στην ετικέτα. Το 2015 καταγράφηκε η ανίχνευση αδήλωτης πρωτεΐνης ξηρών καρπών σε κύμινο και πάπρικα, όπου αυτή η νοθεία πέρα από οικονομικές επιπτώσεις είχε και επιπτώσεις στη δημόσια υγεία . Οι τροφικές αλλεργίες ανέρχονται στο 3-4% του ενήλικου πληθυσμού και περίπου το 0,6% είναι αλλεργικό στο φιστίκι και το 0,5% είναι αλλεργικό στο καρύδι. Για τον λόγο αυτό, τα προϊόντα που έρχονται σε επαφή με πρωτεΐνη ξηρών καρπών επιβάλλεται να φέρουν ετικέτα η οποία ενημερώνει για τους πιθανούς κινδύνους όταν θα έρθει σε επαφή σε ένα αλλεργικό άτομο. Οι Bock, Muñoz-Furlong και Sampson, παρατήρησαν ότι σε 32 θανατηφόρες περιπτώσεις αναφυλαξίας κατά τη χρονική περίοδο 1994-1999, το 94% των περιπτώσεων προέκυψε από φιστίκια ή ξηρούς καρπούς. Η νοθεία των μπαχαρικών με ξηρούς καρπούς αποτελεί σοβαρό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία και κυρίως για τα αλλεργικά άτομα (Choudhary et al., 2020) .

Πίνακας 2.1 . Νοθεία μπαχαρικών με πιθανές επιπτώσεις στην υγεία (Choudhary et al., 2020)

Νοθευτές	Πιθανές επιπτώσεις	Μπαχαρικό
Σουδάν 1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Γονιδιοτοξικό και ✓ καρκινογόνο 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ τσίλι, ✓ Πάπρικα, ✓ Κάρυ ✓ πιπέρι καγιέν, ✓ κουρκουμάς,
Σουδάν 4	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Δυνητικά γονιδιοτοξικό και ✓ πιθανώς καρκινογόνο 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Κάρυ, ✓ Κουρκουμάς, ✓ Τσίλι, ✓ Πάπρικα, ✓ Σουμάκι
Para Red	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Δυνητικά γονιδιοτοξικό και ✓ πιθανώς καρκινογόνο 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ τσίλι, ✓ πιπέρι ✓ καγιέν, πάπρικα
Orange II	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Δυνητικά γονιδιοτοξικά, ✓ ανεπαρκή δεδομένα για καρκινογένεση 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Τσίλι, ✓ Κνήμα, ✓ Σουμάκ, ✓ Πάπρικα
Κίτρινο μεθυλίου	Πιθανώς καρκινογόνο για τον άνθρωπο	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Κάρυ
Ροδαμίνη Β	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Δυνητικά γονιδιοτοξική ✓ δυνητικά καρκινογόνος 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Σουμάκ, ✓ Τσίλι, ✓ Πάπρικα, ✓ Κουρκουμάς, ✓ κάρυ

Τα τελευταία χρόνια έχει καταγραφεί πλήθος στοιχείων τα οποία σχετίζονται με τον κίνδυνο για την υγεία που προκύπτει από τη νοθεία. Ορισμένοι από τους νοθευτές δεν επιδρούν στην υποβάθμιση της υγείας. Τα υλικά που προσθέτουν επηρεάζουν μόνο τη διατροφική παράμετρο και στην

υποβάθμιση της ποιότητας αυτών. Η αντικατάσταση προϊόντων καφέ είναι ένα τέτοιο παράδειγμα. Άλλοι νοθευτές μπορεί να επιδρούν στην εμφάνιση ήπιας έως σοβαρής ασθένειας. Οι οικονομικές ζημιές που συνδέονται με τη νοσηλεία και τη φαρμακευτική αγωγή δεν είναι επίσης αμελητέα. Η κατανάλωση φρούτων νοθευμένων με παράγοντες ωρίμανσης έχει αποδειχθεί ότι είναι καρκινογόνες για τον ανθρώπινο οργανισμό (Goonatilake, 2008).

Άλλα περισιτικά, όπως πονοκέφαλος, ζάλη, ναυτία και νεφρική ανεπάρκεια έχουν και αυτά καταγραφεί. Οι τεχνητές χρωστικές ουσίες θεωρούνται ότι έχουν καρκινογόνες και γονιδοτοξικές ιδιότητες. Επιπλέον, οι τεχνητοί γλυκαντικοί παράγοντες έχουν έχει αποδειχθεί ότι είναι κλαστογόνα και γονιδοτοξικά. Ο καρκίνος της μήτρας, η εξάντληση και η απώλεια έχει επιβεβαιωθεί ότι σχετίζεται με την κατανάλωση αυξητικών ορμονών. Η κατανάλωση μελαμίνης σε προϊόντα διατροφής προκαλεί νεφρική ανεπάρκεια, πέτρες στα νεφρά και λοίμωξη στο ουροποιητικό (Haughey et al., 2013).

Όσοι έχουν καταναλώσει τρόφιμα διατηρημένα σε φορμαλδεΐδη έχουν παρουσιάσει διαταραχές στο νευρικό σύστημα, στους νεφρούς, στο ήπαρ και στους πνεύμονες. Η αντικατάσταση των τροφίμων δύναται να είναι επικίνδυνη για την υγεία. Η υποκατάσταση της αλιείας έχει ως αποτέλεσμα την κατανάλωση παράνομων δηλητηριωδών ειδών ψαριών τα οποία δύναται να επιφέρουν ακόμη και τον θάνατο (Fox et al., 2018).

Τα υποκατάστατα προϊόντα κρέατος αναφέρεται ότι προκαλούν αλλεργικές αντιδράσεις, διαβήτη και καρδιαγγειακές ασθένειες. Η αντικατάσταση μπαχαρικών μπορεί να επιφέρει δηλητηρίαση, καθώς και νευρολογικά και γαστρεντερικά προβλήματα στα παιδιά. Επιπρόσθετα, έχουν καταγραφεί αναφυλαξία, ηπατικά και στομαχικά προβλήματα. Η αντικατάσταση είδους στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα μπορεί να προκαλέσει αλλεργικές αντιδράσεις. Η αντικατάσταση λαδιού οδηγεί σε καρκίνο της χοληδόχου κύστης, επιδημική υδρωπικία, γλαύκωμα, απώλεια όρασης, παράλυση, ηπατική βλάβη, και καρδιακή ανακοπή (Chang et al., 2011). Τα μέσα νοθείας και οι πιθανές επιπτώσεις τους στην υγεία περιγράφονται στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3. Τα μέσα νοθείας και οι επιπτώσεις στην υγεία (Momtaz et. al., 2023).

Νοθευτές	Επίδραση στην υγεία
Τεχνητοί παράγοντες ωρίμανσης	✓ Καρκινογόνες, ✓ πονοκέφαλος, ✓ ζάλη, ✓ διαταραχές διάθεσης, ✓ υπνηλία,

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ψυχική σύγχυση, ✓ έμετος, ✓ διάρροια, ✓ μόνιμη βλάβη του δέρματος, ✓ νεφρική ανεπάρκεια κ.λπ.
Τεχνητοί γλυκαντικοί παράγοντες	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Κλαστογόνο, ✓ γονιδιοτοξικό, ✓ πονοκέφαλος, ✓ ξηροστομία, ✓ ναυτία, ✓ έμετος, ✓ ζάλη, ✓ βλάβη του DNA, ✓ καρκίνο
Τεχνητές χρωστικές ουσίες	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Γονιδιοτοξικότητες, ✓ καρκινογόνες, ✓ ολυοργανικός τραυματισμός ✓ δυσμενείς επιπτώσεις στο ανοσοποιητικό σύστημα ✓ δυσμενείς επιπτώσεις στο αναπαραγωγικό σύστημα, ✓ καρδιακά προβλήματα, ✓ μεταλλαξιογένεση, ✓ αλλεργική αντίδραση, ✓ υπερκινητικότητα, ✓ αναιμία, ✓ όγκοι εγκεφάλου, ✓ στομαχικές παθήσεις, ✓ εγκέφαλος τραυματισμό, ✓ μελαγχρωστική δερματίτιδα εξ επαφής και ✓ στομαχικά προβλήματα
Συντηρητικά	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Διαταραχή του νευρικού συστήματος,

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ των νεφρών, ✓ συκώτι και ✓ πνεύμονες
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Υποκατάστατα προϊόντα κρέατος 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Αλλεργικές αντιδράσεις, ✓ διαβήτη και ✓ καρδιαγγειακά ασθένειες
Αντικατάσταση μπαχαρικών	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Μέθη, ✓ Νευρολογικά και γαστρεντερικά προβλήματα στα παιδιά, ✓ αναφυλαξία ✓ συκώτι και ✓ στομαχικά προβλήματα
Αντικατάσταση λαδιού	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Καρκίνος της χοληδόχου κύστης, ✓ επιδημική υδρωπικία, ✓ γλαύκωμα, ✓ απώλεια όρασης, ✓ παράλυση, ✓ ήπαρ βλάβη και ✓ καρδιακή ανακοπή

2.6 Μέτρα για τη πρόληψη

Είναι γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει σημαντική αύξηση στα περιστατικά νοθείας γενικά στον τομέα των τροφίμων με αποτέλεσμα οι συνέπειες από αυτά τα περιστατικά να θεωρούνται σημαντικές στη δημόσια υγεία. Αποτέλεσμα αυτών των περιστατικών είναι οι καταναλωτές να γίνουν περισσότερο δύσπιστοι και πλέον όσοι εμπλέκονται στα διάφορα στάδια ενός προϊόντος (καταναλωτές, επιχειρήσεις, βιομηχανίες, κρατικοί φορείς) να εστιαστούν στην ασφάλεια των τροφίμων. Επιπλέον, θεωρείται επιτακτική η ανάγκη τα μέτρα ασφάλειας να εμπεριέχουν και όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας ενός τροφίμου (Ades et al., 2012).

Αρχικά, είναι απαραίτητο σε επίπεδο αγρού κατά την διαδικασία της παραγωγής συμπεριλαμβανομένης και της συγκομιδής να υιοθετηθούν γεωργικές πρακτικές οι οποίες θα περιορίζουν τη μόλυνση των γεωργικών προϊόντων που παράγονται, όπως για παράδειγμα η

ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων. Μέσα από αυτή την ενέργεια με τη μειωμένη χρήση χημικών ουσιών επιτυγχάνεται ο έλεγχος της αλφατοξίνης (Kumar and Porat, 2010).

Ακολούθως στον τομέα της μεταποιητικής βιομηχανίας η τήρηση των κανόνων υγιεινής και ασφάλειας που ισχύουν στα συστήματα ποιότητας, όπως η χρήση ατομικών μέτρων προστασίας θα συντελέσουν στην ελαχιστοποίηση του μικροβιακού φορτίου. Σε περίπτωση όπου κάποια από τα στάδια της αλυσίδας επιτελούνται σε βιομηχανικές περιοχές θεωρείται απαραίτητος ο έλεγχος τυχόν απόρριψης στο περιβάλλον απόρριψης επικίνδυνων αποβλήτων. Άλλα προληπτικά μέτρα περιλαμβάνουν τον αυστηρό έλεγχο πιθανών εστιών μόλυνσης, την τακτική παρακολούθηση των αρμόδιων φορέων για την τήρηση των κανόνων που προβλέπονται σε όσους εμπλέκονται στα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στην περίπτωση όπου υπάρχει η ένδειξη κάποιας επιμόλυνσης τότε επιβάλλεται η ταχεία δειγματοληψία και η χημική και βιολογική ανάλυση με σκοπό τον έλεγχο των προϊόντων. Ο FAO και WHO είναι οι αντίστοιχοι οργανισμοί που έχουν θεσπίσει κανόνες που αφορούν τις χημικές ουσίες που είναι δυνητικά επικίνδυνες και προκαλούν νοθεία σε ένα τρόφιμο (FAO, 2011) .

Σε επίπεδο καταναλωτών είναι δυνατή η πρόληψη της πρόσμιξης κατά την αγορά τροφίμων εφαρμόζοντας μέσα σε επίπεδο νοικοκυριού και στην περίπτωση που παρατηρούνται κάποια σημάδια νοθείας θα πρέπει να ενημερώνουν τις αρμόδιες αρχές. Συνιστάται από τους αρμόδιους φορείς να προτιμώνται επώνυμα προϊόντα, διότι συνήθως σε αυτά έχουν υπάρξει έλεγχοι τόσο από τους κρατικούς φορείς όσο και από την ίδια τη βιομηχανία.

Κατά τα στάδια παραγωγής, μεταποίησης και αποθήκευσης θα πρέπει τα μπαχαρικά να ελέγχονται για τυχόν προσμίξεις με ξένα υλικά, όπως άμμος, σωματίδια σκόνης κ.λ.π. καθώς και αν παρατηρούνται μουχλιασμένοι κόκκοι όπου δύναται να περιέχουν τη φουμονισίνη-Β1, η οποία παράγεται από το *Fusarium moniliforme* ή *F. verticillioides*. Επιπλέον, θεωρείται απαραίτητη μιας ενεργούς επικοινωνίας των καταναλωτών με τους αρμόδιους φορείς με στόχο την καταγραφή των κρουσμάτων νοθείας και των αντίστοιχων ελέγχων (Choudhary et al., 2012) .

Όσον αφορά τους κρατικούς φορείς και ειδικότερα τις υγειονομικές αρχές θα πρέπει να παρακολουθούν για τυχόν περιστατικά παράνομης δραστηριότητας που σχετίζεται με την ύπαρξη χημικών ουσιών σε προϊόντα, όπως οι χημικές βαφές στα μπαχαρικά. Η επιθεώρηση και ο έλεγχος θεωρούνται απαραίτητα για τον αποτελεσματικό εντοπισμό της οποιας πρόσμιξης με το προϊόν. Είναι γεγονός ότι η τακτική δειγματοληψία και ο έλεγχος σε επίπεδο λιανικής συμβάλει στη διασφάλιση των σωστών συνθηκών αποθήκευσης των προϊόντων (Choudhary et al., 2012) .

Τα μέτρα που προβλέπονται για την ασφάλεια των τροφίμων είναι υψίστης σημασίας και αφορούν τους παραγωγούς, λιανοπωλητές, δημόσιες αρχές και υγειονομικούς επιθεωρητές. Στις μέρες μας, τα προγράμματα για την ασφάλεια των τροφίμων επικεντρώνονται στη μείωση των τροφιμογενών ασθενειών (Gahukar, 2009) .

Οι καταναλωτές και οι κοινωνικές οργανώσεις είναι αναγκαίο να έχουν μία περισσότερο ενεργό δράση και να είναι περισσότερο ενημερωμένοι και ευαισθητοποιημένοι στα φαινόμενα νοθείας. Είναι αναγκαία η εθελοντική συμμετοχή τους σε δειγματοληψίες τροφίμων και ανάλυση αυτών όταν παρατηρούνται περιπτώσεις πιθανούς νοθείας.

Επιπρόσθετα, είναι αναγκαία η εκπαίδευση και η ενημέρωση τόσο των καταναλωτών όσο και των εν δυνάμει. Η πραγματοποίηση προγραμμάτων εκπαίδευσης των καταναλωτών επιδρούν θετικά στη μετάδοση γνώσεων που αφορά την αγορά, τα συστήματα ποιοτικού ελέγχου καθώς και η ασφαλή χρήση τροφίμων.

Σε επίπεδο κράτους και κρατικών φορέων είναι σημαντική η ίδρυση της Εθνικής Επιστήμης Τροφίμων και του Κέντρο Εκτίμησης Κινδύνων με στόχο τη διενέργεια όλο και περισσότερων ελέγχων και αναλύσεων τροφίμων, η καταγραφή των δεδομένων σε μία επικαιροποιημένη βάση , όπου θα καταγράφονται η συχνότητα λήψεων, η εταιρεία που ελέγχθηκε, οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, τα αποτελέσματα αυτών και οι κίνδυνοι που ενδεχομένως παρατηρήθηκαν. Αυτά τα δεδομένα θα ήταν χρήσιμα για την πρόληψη, παρέμβαση και τον έλεγχο σε περιπτώσεις όπου παρατηρείται μία υψηλή συχνότητα περιστατικών νοθείας (Choudhary et al., 2012) .

Όσον αφορά τον έλεγχο και την ανάλυση των δειγμάτων είναι επιβεβλημένη η κατασκευή σύγχρονων εργαστηριακών εγκαταστάσεων με την στελέχωση αυτών προσωπικού που είναι άρτια εκπαιδευμένο όσον αφορά την τεχνική των μεθόδων και τους κανόνες που υπάρχουν σε έναν τέτοιο χώρο. Είναι αναγκαία η διαπίστευση αυτών των εργαστηρίων σύμφωνα με τα θεσμοθετημένα πρότυπα ποιότητας (Gahukar, 2014).

Είναι δεδομένο ότι το κράτος θα πρέπει να θεσπίσει ή να αναθεωρήσει νόμους οι οποίοι σχετίζονται με τη νοθεία τροφίμων. Οι νόμοι είναι αναγκαίο να αυστηροποιηθούν με συχνότερο έλεγχο των εμπλεκόμενων, με αυστηρότερα όρια ανίχνευσης και αυστηρότερη επιβολή των κανονισμών. Στην περίπτωση που επιβεβαιώνεται μία νοθεία το κράτος μέσω ισχυρών νόμων θα πρέπει να επιβάλει αλλά και να ζητά την επιβολή πρόσθετων μέτρων που διασφαλίζουν ότι δεν θα εμφανιστεί ξανά τέτοια φαινόμενα. Ακόμη θα πρέπει να προβλέπεται η ενημέρωση του κοινού από θεσμοθετημένους φορείς για τα περιστατικά νοθείας που παρατηρούνται.

Το ινστιτούτο καταναλωτών είναι απαραίτητο να συνεργάζεται στενά με τους κρατικούς φορείς για να δρουν συνεργαστικά στα όποια φαινόμενα νοθείας επιβεβαιώνονται. Επιπλέον θα πρέπει μέσω δράσεων να ενημερώνει το καταναλωτικό κοινό για τα είδη νοθείας που γενικά υπάρχουν και τον αντίκτυπο που προκαλούν στο κοινωνικό σύνολο (Choudhary et al., 2012).

Κεφάλαιο 3: Μέθοδοι εντοπισμού νοθείας

3.1 Γενικά

Βασιζόμενοι στις φυσικές και χημικές τεχνικές για τον έλεγχο της νοθείας εφαρμόζονται τρεις βασικές στρατηγικές (Dhanaya and Sasikumar, 2011):

- Εντοπισμός της διαφοροποίησης της εικόνας ενός συστατικού
- Διαφοροποίηση της πρότυπης ένωσης
- Αναγνώριση ενός ξένου υλικού στο προϊόν

Όσον αφορά τις φυσικές μεθόδους ταυτοποίησης σχετίζονται σύμφωνα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, δηλαδή με το σχήμα, το χρώμα, την οσμή και την υφή των υλών καθώς και από μικροσκοπική εξέταση της δομής των ιστών και της διάταξης του στα τρόφιμα. Παρότι είναι οικονομικά συμφέρουσες δεν θεωρούνται αξιόπιστες. Πλέον έχουν αναπτυχθεί χημικές και βιοχημικές μέθοδοι όπως η χρωματογραφία, η φασματοσκοπία, η ηλεκτροφόρηση και η ανοσολογία οι οποίες εφαρμόζονται ευρέως για την ανίχνευση ξένων συστατικών. Οι μέθοδοι αυτοί είναι υψηλής ακρίβειας σε σχέση με τις φυσικές μεθόδους, όμως είναι υψηλού κόστους, και εξειδικευμένης τεχνογνωσίας και είναι αναγκαία η εκπαίδευση του ανθρώπινου δυναμικού (Dhanaya and Sasikumar, 2011)

3.2 Φυσικές Μέθοδοι

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η ανίχνευση της νοθείας των μπαχαρικών περιλαμβάνει τη μακροσκοπική, μικροσκοπική εξέταση καθώς και την εξέταση των φυσικών ιδιοτήτων τους. Εφαρμόζονται μακροσκοπικές και μικροσκοπικές τεχνικές, οι οποίες έχουν να κάνουν με τη δομή της επιφάνειας, το χρώμα και τη διάταξη των ιστών. Παράλληλα ακολουθείτε και η αισθητηριακή μέθοδος όπου ελέγχονται η γεύση και το άρωμα των μπαχαρικών (Choudhary and Sekhon, 2011).

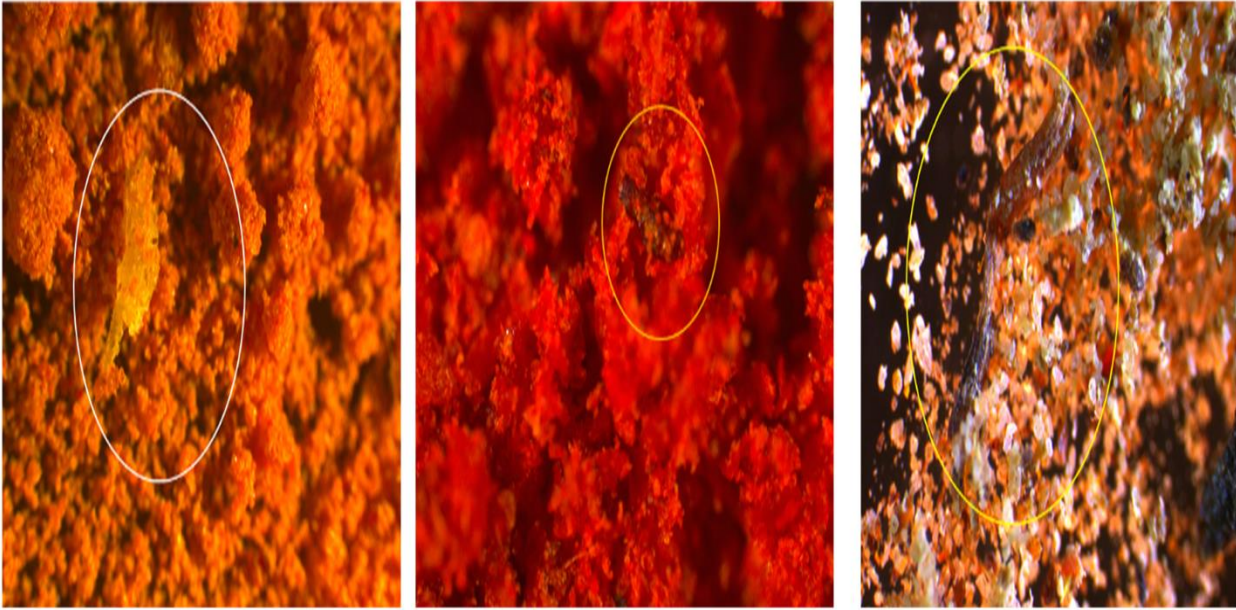
Ένας σημαντικός παράγοντας που επιδρά στη ποιότητα των μπαχαρικών είναι η προέλευση των φυτών. Η προσθήκη εναλλακτικών φυτικών ειδών είναι εύκολα αναγνωρίσιμη μέσω της μικροσκοπικής εξέτασης. Επιπρόσθετα, χρησιμοποιούνται και μακροσκοπικά χαρακτηριστικά, όπως το σχήμα, το μέγεθος, η υφή, η μορφολογία και η διάταξη των ιστών. Λόγω του ότι χρησιμοποιούνται διαφορετικά μέρη των φυτών, δηλαδή ρίζα, στέλεχος, φύλλα, λουλούδια, μπουμπούκια και καρποί η μακροσκοπική ανάλυση είναι περισσότερο διαδεδομένη (Choudhary and Sekhon, 2011).

Οι μικροσκοπικές τεχνικές εξειδικεύονται περισσότερο στη διαφοροποίηση της κυτταρικής δομής και των χαρακτηριστικών του εσωτερικού ιστού κυρίως όμως αυτών που οδηγούνται σε

κονιορτοποίηση. Επιπλέον αναλύονται ανατομικά χαρακτηριστικά του μπαχαρικού όπως τα επιδερμικά κύτταρα, οι σπόροι, η γύρη, μέρη εντόμων κ.λ.π. Ακολουθεί η σύγκριση με πρότυπο δείγμα για τον χαρακτηρισμό της ποιότητας του προϊόντος. Για παράδειγμα η ανίχνευση αμύλου δύναται να εντοπιστεί εύκολα σε σκόνη κουρκουμά, κύμινου, κόλιανδρου, γαρύφαλλου και τσίλι με την μικροσκοπική μέθοδο (FSSAI , 2015).

Η μέθοδος της επίπλευσης μαζί με οπτικό μικροσκοπικό έλεγχο χρησιμοποιείται σε αρκετές περιπτώσεις. Για παράδειγμα το μαύρο πιπέρι πολλές φορές νοθεύεται από σπόρους παπάγιας που όμως παρουσιάζουν τελείως διαφορετικά χαρακτηριστικά τόσο στο χρώμα όσο στην υφή, στη δομή, στο άρωμα στο μέγεθος των σπόρων κ.λ.π. Το μαύρο πιπέρι χαρακτηρίζεται ως λεπτή σκόνη, έχει μικρού μεγέθους κόκκους και εμπεριέχει κρυστάλλους οξαλικού ασβεστίου, ίνες, κύτταρα παρεγχύματος, κύτταρα σκληρεγχύματος, σκληροειδή και τριχώματα, ενώ το χρώμα κυμαίνεται από μαύρο κίτρινο έως σκούρο καφέ και το άρωμα είναι καυτερό πικάντικο. Από την άλλη η σκόνη των σπόρων της παπάγιας έχουν σταυρωτές ίνες, λιπαρό έλαιο, ενδοσπέρμιο και τα κύτταρα έχουν δομή σωληνοειδή (FSSAI , 2015).

Τα υλικά νοθείας είναι ποιοτικά κατώτερα, με τα φυτικά συστατικά να προσδιορίζονται από τη δομή του φυλλώματος, την παρουσία μυκήτων σε σκόνες μπαχαρικών. Η παρουσία μυκήτων σχετίζεται με τις λανθασμένες διαδικασίες συγκομιδής και αποθήκευσης, τη παρουσία εντόμων στο προϊόν κ.λ.π. Τα τελευταία χρόνια εφαρμόζονται προηγμένες ηλεκτρονικές μικροσκοπικές μέθοδοι, οι οποίες αναλύουν τα ανατομικά χαρακτηριστικά. Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) είναι ένα σημαντικό εργαλείο για τον εντοπισμό σημαντικών διαφορετικών χαρακτηριστικών , όπως η ανίχνευση της νόθευσης του αστεροειδούς γλυκάνισου με τον Ιαπωνικό γλυκάνισο όπου διαφέρουν στη μορφολογία του επικάρπιου. Οι Joshi et al. (2005) παρατήρησαν αυτή τη διαφοροποίηση με τη μικροσκοπία φθορισμού. Τέλος το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης είναι υψηλής ακρίβειας. Για την χρήση των παραπάνω είναι αναγκαία η εμπειρία και η δεξιότητα στην προετοιμασία του δείγματος. Η μικροσκοπική μέθοδος θεωρείται ακριβή και δεν ενδείκνυται για εξέταση ρουτίνας. Στα υψηλής επεξεργασίας δείγματα τροφίμων απαιτεί τεχνογνωσία (Negi and Meenatchi , 2021).



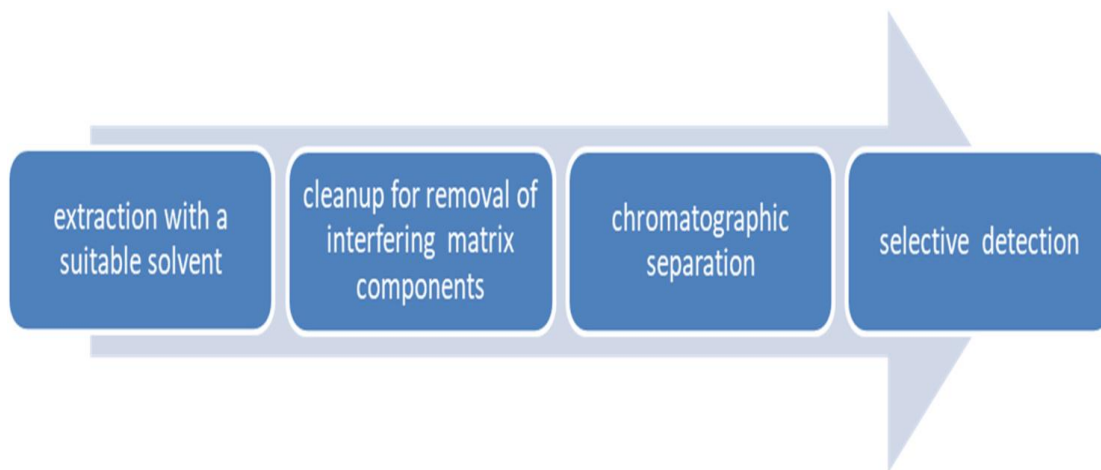
Εικόνα 3.1. Μικροσκοπικός έλεγχος των μπαχαρικών (Negi et al., 2021)

3.3 Αναλυτικές Μέθοδοι

Η μέθοδος αυτή εμπεριέχει διαφορετικές προσεγγίσεις για τον προσδιορισμό της γεωγραφικής προέλευσης και της χημικής σύνθεσης, ενώ για την ανίχνευση διαφορετικού είδους εμπεριέχονται μοριακές τεχνικές. Οι περισσότερο διαδεδομένες είναι οι χρωματογραφικές, οι φασματοσκοπικές και οι μοριακές μέθοδοι.

3.3.1 Χρωματογραφία

Οι τεχνικές που βασίζονται στη χρωματογραφία παρουσιάζουν ως κύριο πλεονέκτημα τον αποτελεσματικό διαχωρισμό του μείγματος των συστατικών. Συνεπώς χρησιμοποιείται ευρέως στον ποιοτικό έλεγχο με σκοπό τον εντοπισμό ή τον χαρακτηρισμό των υλικών που χρησιμοποιούνται για τη νοθεία του μπαχαρικού. Τα βασικά στάδια της μεθόδου αυτής περιγράφονται στην Εικόνα 3.2.



Εικόνα 3.2. Στάδια της χρωματογραφικής μεθόδου (Negi et.al., 2021)

Η χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας (TLC) χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της βαφής του Σουδάν σε σκόνη τσίλι καθώς και για τον προσδιορισμό της καθαρότητας του σαφράν (Mohamad, Shukla et al., 2015). Η χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας και η χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας υψηλής απόδοσης (HPTLC) εφαρμόστηκαν για την ανίχνευση του σπόρου *Argemone* σε μορφή ελαίου που είχε προστεθεί σε λάδι μουστάρδας. Επιπλέον με την HPTLC εντοπίστηκαν οι βαφές του Σουδάν (I, II, III και IV) στον κουρκουμά και τη σκόνη τσίλι έχοντας υψηλή ακρίβεια $R > 0,99$ (Rani, Medhe et al., 2015).

Μία απλή και γρήγορη μέθοδος θεωρείται αυτή των δακτυλικών αποτυπωμάτων TLC, η οποία εφαρμόζεται για την αξιολόγηση της ποιότητας των μπαχαρικών. Παράδειγμα αποτελεί ο κρόκος από το Ιράν του οποίου η ποιότητα επηρεάζεται σημαντικά από την αλατότητα του εδάφους, δηλαδή το pH και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC). Με την εφαρμογή μιας σειράς τεχνικών προεπεξεργασίας σε εικόνες TLC για την αφαίρεση των όποιων μετατοπίσεων της γραμμής βάσης και της κακής ευθυγράμμισης έχει ως αποτέλεσμα να μετατρέπονται σε ένα μονοδιάστατο χρωματογράφημα.. Η ανάλυση με TLC έδειξε νοθεία του σαφράν με βαφές (Sereshti, Poursorkh et al., 2018).

Με την τεχνική ESI-MS προσδιορίζονται οι συνθετικές βαφές ματζέντα III και ταυτοποιήθηκε η ροζ βαφή ως ροδαμίνη Β. Η HPLC επιβεβαίωσε την παρουσία ματζέντα III και ροδαμίνης Β που είναι χρωστικές οι οποίες χαρακτηρίζονται ως πιθανώς καρκινογόνες στη φύση.

Η μέθοδος της υγρής χρωματογραφίας (HPLC) χαρακτηρίζεται ως γρήγορη, αξιόπιστη και συμμετέχει στον διαχωρισμό και την ταυτοποίηση χημικά παρόμοιου συστατικού σε ένα σύνθετο τρόφιμο. Χρησιμοποιείται κατά κόρον για το διαχωρισμό και την ταυτοποίηση πρωτεϊνών, πεπτιδίων, αμινοξέων, φαινολικών οξέων, εντομοκτόνων και παρασιτοκτόνων. Μέσω αυτής της

μεθόδου προσδιορίστηκε σε πληθώρα Αιγυπτιακών μπαχαρικών (κύμινο, τσίλι, πάπρικα, κάρυ και κουρκουμά) η γονιδιοτοξική βαφή του Σουδάν (Sudan I, II, III, IV, Para Κόκκινο, Πορτοκαλί G και Κόκκινο 7B).

Η μέθοδος της υγρής χρωματογραφίας υψηλής πίεσης αντίστροφης φάσης (RP-HPLC) αναφέρεται ως χρήσιμη για τον ταυτόχρονο προσδιορισμό και διαχωρισμό της κουρκουμίνης, δισδεμεθοξικουρκουμίνης, δεμεθοξικουρκουμίνης και κίτρινης μετανίλης καθώς και υψηλής ταχύτητας για την ανίχνευση της νοθείας στα μπαχαρικά. (Sahu, Panda et al., 2020).

Μια νέα μέθοδος HPTLC με πλάκες πυριτικής γέλης εμποτισμένες με καφεΐνη εφαρμόζεται για την αναγνώριση και τον ποσοτικό προσδιορισμό λιποδιαλυτών χρωστικών. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό αυτών των χρωστικών σε μπαχαρικά, μείγματα μπαχαρικών κ.α Η ποσοτικοποίηση διαρκεί μόνο 20 min με τα όρια του προσδιορισμού ανίχνευσης και ποσοτικοποίησης να είναι 2–3 ng/ζώνη και 6–9 ng/ζώνη, αντίστοιχα. Τέλος, είναι δυνατή η προέλευση και οι συνθήκες αποθήκευσης των μπαχαρικών μέσω της ανίχνευσης συγκεκριμένου συστατικού μέσω της μεθόδου HPLC (Negi et al., 2021).

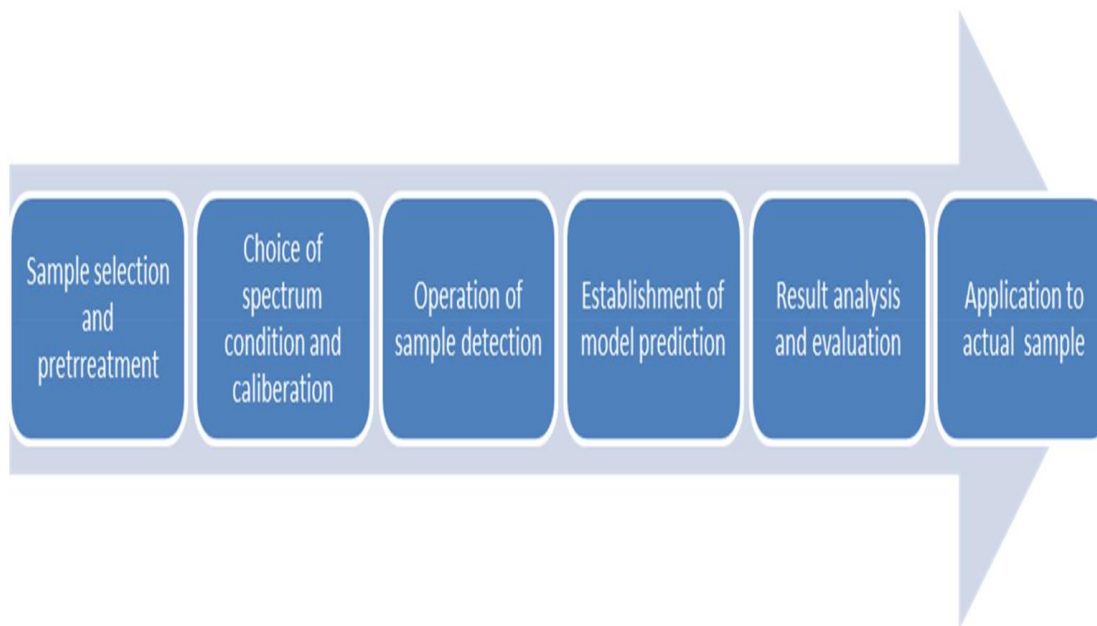
Η μέθοδος της αέριας χρωματογραφίας χρησιμοποιεί πτητικά από στερεά και υγρά. Χαρακτηρίζεται ως μια γρήγορη τεχνική διαχωρισμού, υψηλής ανάλυσης και ευαισθησίας σε σχέση με τις χρωματογραφικές μεθόδους. Για διάφορους λόγους, όπως η πολυπλοκότητα των τροφίμων μήτρα και η αυξημένη ζήτηση για προϊόντα πιστοποιημένης ποιότητας, χρησιμοποιούνται τεχνικές υψηλής ανάλυσης, όπως αέρια χρωματογραφία (GC) ή υγρή χρωματογραφία (LC) σε συνδυασμό με φασματομετρία μάζας (MS). Ο συνδυασμός μεθόδων GC-MS/MS, LC-MS/MS, χρησιμοποιούνται ευρέως. Η μέθοδος GC-MS εφαρμόζεται για τη διαφοροποίηση του μεθανολικού εκχυλίσματος μαύρου πιπεριού από τους σπόρους παπάγιας βάση του προφίλ των πτητικών συστατικών τους (Negi et al., 2021). Με υγρή χρωματογραφία διαδοχικής μάζας φασματομετρία (LC– MS/MS) ανιχνεύτηκαν και ποσοτικοποιήθηκαν στη ρίγανη φύλλα ελιάς, Μυρτιάς και διογκωτικά, όπως σουμάκ και φύλλα φουντουκιού

Χρησιμοποιήθηκε η αέρια χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας (GC-MS) με χημειομετρικές μεθόδους για τον προσδιορισμό της καθαρότητας, της αυθεντικότητας, και των προσδιορισμό δεικτών αρώματος και γήρανσης των διαφόρων μπαχαρικών, π.χ. σαφράν. Το μειονέκτημα των τεχνικών με MS απαιτεί υψηλότερη καθαρότητα δειγμάτων και επομένως θεωρείται απαραίτητος ο εξοπλισμός διαχωρισμού και καθαρισμού όπως GC/LC. Επιπρόσθετα, το χημικό προφίλ των υλικών ποικίλλει ανάλογα με την επεξεργασία και τις συνθήκες ανάπτυξης και και ως εκ τούτου τα αποτελέσματα δύναται να διαφοροποιούνται. Τέλος, το υψηλό κόστος των χημικών

αντιδραστηρίων, του εξοπλισμού και της ερμηνείας πολύπλοκων αποτελεσμάτων τα καθιστούν δύσκολα στη χρήση (Negi et al., 2021).

3.3.2 Φασματοσκοπικές μέθοδοι

Οι φασματοσκοπικές μέθοδοι βασίζονται στην αλληλεπίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με την ύλη και εφαρμόζονται στη μελέτη της δομής και της σύνθεσης των μπαχαρικών, όπως περιγράφεται στη Εικόνα 3.3 .



Εικόνα 3.3 . Τα στάδια της μεθόδου (Negi et al., 2021)

Η φασματοφωτομετρία υπεριώδους και ορατού, η φασματοσκοπία υπερύθρου, ο φθορισμός, Raman, η φασματοσκοπία μάζας και ο πυρηνικός μαγνητικός συντονισμός (NMR) είναι φασματικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των συστατικών και της δομής πλήθους μπαχαρικών. Είναι υψηλής ευαισθησίας, μη επεμβατικά και ο χρόνος ανάλυσης πολύ μικρός. Από την άλλη είναι ακριβός εξοπλισμός και απαιτείται ειδικό λογισμικό αλγόριθμων για την ανάλυση πολύπλοκων δεδομένων.

Η φασματοσκοπία UV-ορατής ακολουθεί την αρχή του νόμου του Beer-Lambert. Σύμφωνα με αυτόν, η υπεριώδης ακτινοβολία απορροφάται από την ύλη και ως εκ τούτου παρατηρείται αύξηση του ενεργειακού περιεχόμενου των ατόμων και των μορίων. Η UV-ορατής φασματοσκοπία απορρόφησης χρησιμοποιείται στα μπαχαρικά για την ανίχνευση χημικών ομάδων που εμπεριέχουν συζευγμένες, ακόρεστες και αρωματικές ενώσεις, με αποτέλεσμα να μπορούν να απορροφούν το υπεριώδες φως και παράγουν ένα διακριτό φάσμα βάσης του οποίου

πραγματοποιείται η ταυτοποίηση της χημικής ένωσης. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της απαγορευμένης χημικής ουσίας βαφής Σουδάν (I, IV, ή μείγμα χρωμάτων) μπαχαρικά. Μέσω της πολυπαραγοντικής ανάλυσης, όπως ανάλυση πλησιέστερου γείτονα (KNN) και μοντελοποίηση αναλογίας τάξης (SIMCA) γίνεται ο εντοπισμός αυτών των ουσιών στα μπαχαρικά με υψηλή ευαισθησία (Di Anibal, Rodriguez et al., 2014).

Η Φασματοσκοπία UV μαζί με την ανάλυση κύριου συστατικού (PCA) χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση υδατικών εκχυλισμάτων. Παράδειγμα αποτελεί ο ποιοτικός και γεωγραφικός προσδιορισμός σαφράν βάσει αυτής της μεθόδου. Παρότι η ταξινόμηση βάσει της ποιότητας έγινε σωστά απέτυχε στη γεωγραφική ταξινόμηση. Η μέθοδος της γραμμικής διακριτικής ανάλυσης (LDA) με βάση την ένταση της απορρόφησης σε επιλεγμένα μήκη κύματος παρέχει σωστή πρόβλεψη δειγμάτων και στη διάταξη αξιολόγησης, όπως π.χ. το σαφράν κατά 85% (Di Anibal, Rodriguez et al., 2014).

Η φασματοσκοπία Raman και Near Infrared (NIRS) θεωρούνται καλύτεροι μέθοδοι για την ανάλυση και τον έλεγχο της ταυτοποίησης των μπαχαρικών για ποιοτική και ποσοτική ανάλυση όταν συνδυάζεται με χημική ανάλυση πολλαπλών παραλλαγών. Οι de Lima et al. (2020), αξιολόγησαν στο μαύρο πιπέρι και στο κύμινο την ποιότητα και την % καθαρότητα σε μη στοχευμένη και σε στοχευμένη νόθευση αμύλου μανιόκας και κορν φλάουρ. Οι Kar, Tudu et al. (2018) ανίχνευσαν απαγορευμένη τοξική βαφή μετανίλ κίτρινο σε περιεκτικότητα 1% - 25% σε σκόνη κουρκουμά μέσω NIR σε συνδυαστικά με την ανάλυση PLSR (Negi et al., 2021).

Το IR δεν έχει υψηλή ακρίβεια σε πολύπλοκα δείγματα, διότι παρουσιάζεται δυσκολία στην ερμηνεία των ομάδων. Η φασματοσκοπία υπέρυθρων μετασχηματισμού Fourier (FT-IR) παρέχει λεπτομερή φασματικό δακτυλικό αποτύπωμα. Χαρακτηρίζεται ως γρήγορο, μη καταστροφικό και οικολογικό, λόγω του ότι δεν χρησιμοποιεί σχεδόν καθόλου επικίνδυνους διαλύτες, και τέλος απαιτείται ελάχιστη επεξεργασία δειγμάτων. Οι χημικοί δεσμοί με διπολική ροπή απορροφούν υπέρυθρη ακτινοβολία μεγάλου κύματος με αποτέλεσμα την ατομική μετατόπιση προκαλώντας διακυμάνσεις στις λειτουργικές ομάδες δόνησης σε μοριακό επίπεδο. Τα δεδομένα του αλγορίθμου του μετασχηματισμού Fourier μετατρέπονται σε κορυφή συχνότητας η οποία συσχετίζεται με την παρουσία χημικού συστατικού σε δείγματα μπαχαρικών. Το FT-IR θεωρείται σημαντικό και ευαίσθητο εργαλείο που στοχεύει στην ανίχνευση και στον ποσοτικό προσδιορισμό χρωστικών ουσιών στα μπαχαρικά, όπως στο σαφράν. Οι Horn et al. (2018) εφάρμοσαν το FT-IR και το OCSIMCA με αποτέλεσμα η ευαισθησία να είναι μεγαλύτερη του 80% (Negi et al., 2021)..

Η φασματοσκοπία Fourier Transform-Raman (FT-Raman) παρουσίασε επιτυχή ανίχνευση

τουλάχιστον 0,5% συγκέντρωσης χρωμικού μολύβδου σε κονιορτοποιημένο κουρκουμά. Το Surface-Enhanced Raman Spectroscopy (SERS) βασίζεται σε βελτιωμένη σκέδαση του Raman όπου κατά την πτώση των ηλεκτρομαγνητικών φασμάτων στα μόρια παρατηρείται η διέγερση αυτών από μία μεταλλική επιφάνεια με στόχο την ενίσχυση της έντασης του φάσματος των μορίων που δονείται, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 3.4. (Novak, 'Dendisova' et al., 2016).

Το SERS θεωρείται μία ιδιαίτερα εξειδικευμένη και ευαίσθητη μέθοδος η οποία εφαρμόζεται στοχεύοντας στον εντοπισμό χημικών ουσιών π.χ. όπως βαφές. Το 2013 οι Lopez et al. προσδιόρισαν ποσοτικά τη βαφή Sudan I σε τσίλι. Η χρησιμοποίηση φασματοσκοπίας πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMRS) σε συνδυασμό με τη παραλλαγή Proton NMRS θεωρείται μέθοδος υψηλής ακρίβειας και επαναληψιμότητας πραγματοποιώντας μικρή προετοιμασία στα δείγματα. Βασίζεται σε ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο σε τυχαία κινούμενους πυρήνες, όπου ευθυγραμμίζεται ο προσανατολισμός των πυρήνων. Συνεπώς, τα εκπεμπόμενα ηλεκτρομαγνητικά σήματα εντοπίζονται μέσω του φασματοφωτόμετρου NMR (Isengard and Breithaupt, 2015).

Φασματοσκοπία δόνησης

Η φασματομετρία δόνησης είναι μια αναλυτική πράσινη τεχνολογία, γρήγορη, αξιόπιστη και δύναται να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της γνησιότητας των μπαχαρικών. Γενικά εφαρμόζεται για να αναπαραστήσει μία ομάδα φασματοσκοπικών τεχνικών που χρησιμοποιεί τη δονητική ενέργεια του δείγματος. Αυτή η ενέργεια εξαρτάται κυρίως από τις χημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ατόμων, των μορίων και των ιόντων του δείγματος, το οποίο θεωρείται πολύ χρήσιμο για τον χαρακτηρισμό της χημικής σύνθεσης και τον καθορισμό του δακτυλικού αποτυπώματος του δείγματος (Teixeira & Sousa, 2019). Η δονητική φασματοσκοπία κατανοεί ορισμένες τεχνικές όπως: FT-IR, Raman, υπέρυθρη φασματοσκοπία και υπερφασματική απεικόνιση. Αυτές οι αναλυτικές τεχνικές είναι αποτελεσματικές στον έλεγχο της αυθεντικότητας των μπαχαρικών και της ανάγκης να επιλέγονται με βάση τον τύπο του δείγματος και του χαρακτηριστικού που πρέπει να ποσοτικοποιηθεί. Αυτές οι μέθοδοι προσφέρουν τη δυνατότητα ανάλυσης ενός σχετικά μικρής ποσότητας δείγματος και χρησιμοποιούνται ευρέως για τη δημιουργία δακτυλικών αποτυπωμάτων στα τρόφιμα (Borras et al., 2015). Περιλαμβάνει τη μελέτη των αλληλεπιδράσεων μεταξύ ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και του υποστρώματος, δηλαδή του μπαχαρικού. Η φασματοσκοπική ανάλυση υιοθετήθηκε για ποιοτικό έλεγχο και ανίχνευση πρόσθετων σε σαφράν. Διαφορετικές φασματοσκοπικές τεχνικές δόνησης μπορεί να αναπτύξουν φθηνές φορητές συσκευές για την επιτόπια ανίχνευση της νοθείας (Oliveira et al., 2019). Ωστόσο, υπάρχουν μερικά πρακτικά προβλήματα στη χρήση αυτών των φορητών συστημάτων. Δεν περιέχουν κάποια

σημαντικά χαρακτηριστικά, όπως πολυφασματική απεικόνιση, γρήγορη ανάμειξη, προετοιμασία κατάλληλου δείγματος, συνδεσιμότητα δικτύου και δεν είναι ακριβής απόδοση (Kim et al., 2020). Αν και αυτές οι συσκευές δεν είναι τόσο ακριβείς όσο η παραδοσιακή τεχνική, θεωρείται μία ταχεία μέθοδος επιτόπιας αναγνώρισης της ποιότητας των μπαχαρικών.

Υπέρυθρη φασματοσκοπία

Η φασματοσκοπία υπέρυθρων (IR) περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση της υπέρυθρης ακτινοβολίας με το δείγμα σκοπεύοντας τη δημιουργία διαφορετικών δονήσεων με βάση τη χημική αλληλεπίδραση και τους δεσμούς των συστατικών που περιέχονται στο δείγμα (Kaanya et al., 2020).

Η φασματοσκοπία IR μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε Near-IR (NIR) και mid-IR (MIR) με βάση τη συχνότητα ακτινοβολίας που εφαρμόζεται, όπου 750–2500 nm είναι για NIR και 2500–25000 nm για MIR (Charman et al., 2019). Και οι δύο παραπάνω τύποι προσδιορίζουν τις χημικές ενώσεις του δείγματος με ανίχνευση δεσμών O-H, N-H και C-H με την απορρόφηση της προσπίπτουσας ενέργειας μέσω της περιοχής IR του φάσματος. Το φάσμα NIR είναι το αποτέλεσμα των πολύπλοκων αποχρώσεων σε μήκη κύματος χαμηλής συχνότητας, ενώ το φάσμα MIR προκύπτει από την περιστροφή και κάμψη των δονήσεων από μόρια του δείγματος. Τα σήματα NIR σχετίζονται με τους μοριακούς προσανατολισμούς, (Oliveira et al., 2019). Το κύριο μειονέκτημα της χρήσης είναι ο περιορισμός λόγω της ισχυρής επίδρασης των ζωνών απορρόφησης στα μόρια νερού (. Το NIR, όταν συνδυάζεται με πολυμεταβλητή ανάλυση, παρουσιάζει καλή απόδοση στην ανίχνευση της νοθείας του μαύρου πιπεριού και της σκόνης του κύμινου με άμυλο μανιόκας και κορν φλάουρ (Lima et al., 2020). Διάφορες μελέτες έδειξαν την ανίχνευση και τον ποσοτικό προσδιορισμό της νοθείας σε δείγματα κύμινου και πιπεριάς σε 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 και 50% (w/w) επίπεδα νοθείας χρησιμοποιώντας NIR και διαφορετικές χημειομετρικές μεθοδολογίες (PCA και Multiple Linear Regression MLR- PLS-DA και Μη στοχευμένη μοντελοποίηση όπως SIMCA, OPLS-DA). Το PCA μπορούσε να ανιχνεύσει μόνο τα επίπεδα νοθείας σε ποσοστό άνω του 30% και στα δύο μπαχαρικά, ενώ η ανάλυση με MLR έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα με R^2 0,97 και 0,91 για το κύμινο και το πιπέρι, αντίστοιχα. Στην περίπτωση των μη στοχευμένων μοντέλων, η SIMCA είχε αποτελέσματα από τα OPLS-DA και PLS-DA, με ποσοστό 92% και 100% για ανόθευτα δείγματα πιπεριάς και κύμινου. Οι Liu et al. (2018) χρησιμοποίησαν την ανάλυση NIR με στόχο να κατασκευάσουν μοντέλα ταξινόμησης για διάκριση των μπαχαρικών διαφορετικών γεωγραφικών τοποθεσιών. Αυτό επιτεύχθηκε με το σαφράν, όπου πάρθηκε ποσότητα 2 g για 98 δείγματα (71

ιρανικό και 27 κινέζικο) και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας NIR δόθηκαν αποτελέσματα με ακρίβεια 95,8%. Σε άλλη μελέτη αναπτύχθηκε ένα μοντέλο πρόβλεψης και ταξινόμησης για τον προσδιορισμό της κροκίνης I και II με βάση τη γεωγραφική προέλευση σε δείγματα σαφράν από το Νεπάλ. Χρησιμοποιήθηκε NIR σε συνδυασμό με το Ελάχιστο Τετράγωνο-και τη Χημειομετρική μέθοδος ανάλυσης (PLS-DA), όπου το μοντέλο που αναπτύχθηκε προέβλεψε αποτελεσματικά την περιεκτικότητα σε κροκίνη I και II με το R^2 να είναι στα 96,32 και το μήκος κύματος να κυμαίνεται μεταξύ 2997,7–1177,5 nm (Li et al., 2018). Το NIR χρησιμοποιείται επίσης για την αναγνώριση η παρουσία της βαφής Sudan-I σε σκόνη πάπρικας έως και 0,25%, , του metanil yellow (1–25%) σε κουρκουμά (Kar et al., 2018).

Τέλος το NIR θεωρείται ελάχιστα επιλεκτικό, με αποτέλεσμα οι χημειομετρικές διαδικασίες να είναι απαραίτητες για αποτελέσματα υψηλής ακρίβειας (El-Mesery et al., 2019).

Φασματοσκοπία Raman

Η τεχνική Raman βασίζεται στη μοριακή δόνηση του φαινομένου σκέδασης Raman, που προέκυψε λόγω των μοριακών δονήσεων όπου προκαλεί αλλαγές στην πολωσιμότητα των μορίων του δείγματος (Teixeira & Sousa, 2019). Η σκέδαση Raman είναι μια αδύναμη διαδικασία καθώς η σκέδαση του φωτός πραγματοποιείται σε διαφορετικά μονοπάτια από την πηγή. Έχει ως αποτέλεσμα μοριακούς κραδασμούς, οι οποίοι με τη σειρά τους δημιουργούν παραμορφώσεις ηλεκτρονικού νέφους, παρέχοντας έτσι πληροφορίες για τις χαρακτηριστικές χημικές δομές συγκεκριμένων μορίων. Αυτή η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των προσυσκευασμένων δειγμάτων σε πλαστικό ή γυαλί, καθιστώντας εφικτή τη χρήση της σε βιομηχανικές εφαρμογές όταν βρίσκονται χύμα. Επιπλέον, η φασματοσκοπία Raman δεν επηρεάζεται από υγρασία των δειγμάτων σε αντίθεση με τα NIR και MIR, γεγονός που την καθιστά περισσότερο εφικτή για την ανάλυση τροφίμων. Αυτό το φαινόμενο οφείλεται στο ότι ο σχηματισμός ζωνών νερού είναι πολύ αδύναμος στο φάσμα Raman λόγω της ασθενούς πόλωσης O-H (Abbas et al., 2020). Ωστόσο, λίγοι ερευνητές, πιστεύουν ότι η χρήση της φασματοσκοπίας Raman για μπαχαρικά σε σκόνη όπως η πάπρικα δεν είναι αποτελεσματική και ακριβής, λόγω έντονων παρεμβολών στο φάσμα. Αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με την ανάπτυξη μιας προηγμένης τεχνικής που ονομάζεται Surface με Ενισχυμένη φασματοσκοπία Raman (SERS). Σύμφωνα με αυτή την μέθοδο το δείγμα εναποτίθεται σε κολλοειδείς ή συμπαιγείς μεταλλικές επιφάνειες ποσοτικοποιημένης τραχύτητας νανοκλίμακας, ενισχύοντας έτσι την ένταση του σήματος του φάσματος Raman κατά ένα σημαντικό μέγεθος (Di Anibal et al., 2012). Αυτή η αύξηση

στην ένταση του σήματος παρατηρείται εξαιτίας της αλληλεπίδρασης και της μεταφοράς φορτίου μεταξύ του προσροφημένου δείγματος και της μεταλλικής επιφάνειας, η οποία προκαλεί ηλεκτρομαγνητική διέγερση που οδηγεί σε διέγερση εντοπισμένου επιφανειακού πλασμόνιου.

Η φασματοσκοπία Raman με τον ανιχνευτή χωρίς επαφή χρησιμοποιήθηκε αποτελεσματικά για την ταξινόμηση δειγμάτων καθαρής πάπρικας και νοθευμένων με βαφή Sudan I (Monago-Marana ~ et al., 2019). Οι Gao et al. (2015) ανέπτυξαν έναν αισθητήρα βασισμένο στο Raman, μαζί με πολυμερή και με μια χρωματογραφία λεπτής στιβάδας ως υποστηρικτικά συστατικά, εντοπίζοντας επαρκώς τη νόθευση της βαφής Sudan I στην πάπρικα. Ένα σύστημα που περιλαμβάνει Raman και FT-IR αναπτύχθηκε για την ανίχνευση της κίτρινης βαφής μετανίλ σε δείγματα κουρκουμά, συγκεντρώσεων υψηλότερων από 1% (Dhakal et al., 2016). Οι Lohumi et al. (2018) ανέφεραν ότι υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ των κορυφών που προκύπτουν στη φασματοσκοπία Raman και της συγκέντρωσης νοθευτών όπως το κόκκινο του Κονγκό και η βαφή Σουδάν Ι. Μια άλλη έρευνα με χρήση SERS και πολυμεταβλητής χημειομετρικής ανάλυσης για την ανίχνευση περιορισμένης βαφής Sudan I σε μπαχαρικά, παρατήρησε ότι το φάσμα πάπρικας που λήφθηκε σε συχνότητα 785 nm σε σκόνη είχε ως αποτέλεσμα την αποτελεσματική παρουσίαση των κορυφών που ανήκουν στον νοθευτή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για τον ποσοτικό προσδιορισμό νοθευμένων μπαχαρικών σε μορφή σκόνης, όπως κουρκουμάς, τσίλι, πάπρικα, κύμινο κ.λπ., (Di Anibal et al., 2012). Οι εξελίξεις στη φασματομετρία Raman οδήγησαν στην ανάπτυξη επιτόπιων συσκευών χειρός, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιούν τεχνική SERS και δίνουν ακριβή αποτελέσματα όσον αφορά την ασφάλεια και την ποιότητα των μπαχαρικών, ειδικά σε μορφή σκόνης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι λίγοι ερευνητές έχουν διεξάγει μελέτες σχετικά με τη χωρική μετατόπιση Raman φασματοσκοπίας (SORS) που εντοπίζουν αποτελεσματικά τη νοθεία με εξαιρετική ακρίβεια (Ellis et al., 2015).

Φασματοσκοπία υπερύθρων FT-IR

Η φασματοσκοπία υπερύθρων (FT-IR) χρησιμοποιείται ευρέως για τη λήψη δεδομένων υψηλής ανάλυσης σχετικά με τη φασματική απορρόφηση στην περιοχή υπέρυθρου του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, όπου η ειδική συχνότητα της μοριακής απορρόφησης της μεταβατικής ενέργειας που συμπίπτει δύναται να ανιχνεύσει το πλάτος δόνησης ενός συγκεκριμένου δεσμού ή ένωσης (Su & Sun, 2018). Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι μπορεί να μετρήσει πολλαπλές συχνότητες ταυτόχρονα λόγω της διαμόρφωσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Παρουσιάζει πολύ υψηλή ακρίβεια, ταχύτητα και βελτιωμένη ευαισθησία (Rodriguez-Saona & Allendorf, 2011). Δύναται να

χρησιμοποιηθεί πολύ αποτελεσματικά για ανάλυση και ποσοτικοποίηση των νοθευτών σε σκόνες μπαχαρικών χρησιμοποιώντας τις ταινίες στο προκύπτουν φάσμα, καθώς το εύρος ζώνης που ποικίλλει ανάλογα με τη συγκέντρωση της χημικής ένωσης (Oliveira et al., 2019). Τα δακτυλικά αποτυπώματα FT-IR χρησιμοποιήθηκαν αποτελεσματικά για την αναγνώριση του αυθεντικού δείγματος κουρκουμά (Gad & Bouzabata, 2017), την ανίχνευση βαφής Σουδάν στη πάπρικα (Lohumi et al., 2017), καθώς και τη νόθευση αμύλου καλαμποκιού σε σκόνη κρεμμυδιού (Lohumi et al., 2014) και σκόνη σκόρδου (Lohumi et al., 2015a,). Όντας ένα από τα πιο ακριβά μπαχαρικά, το σαφράν εύκολα νοθεύεται από χρησιμοποιημένα υλικά ή μίσχους και πέταλα φυτού κρόκου ή άλλων ειδών.

Η Φασματοσκοπία διάχυτης ανάκλασης υπέρυθρου μετασχηματισμού Fourier (DRIFTS) χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της νοθείας του κρόκου από άλλα είδη φυτών, επιτρέποντας την ταυτόχρονη ανάπτυξη ενός μοντέλου για τον ποσοτικό προσδιορισμό επιπέδων νοθείας έως και 1%. Η PLS-DA έχει χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά τα δακτυλικά αποτυπώματα που λαμβάνονται από το DRIFTS στο εύρος MIR για ακριβή κατηγοριοποίηση 99% των καθαρών δειγμάτων και έως 20% των νοθευμένων δειγμάτων (Petraakis, E. A., & Polissiou, 2017). Αυτό συνάγει ότι η φασματοσκοπία FT-IR είναι μια βιώσιμη μέθοδος που μπορεί να αναλύσει ένα σύνθετο ετερογενές δείγμα ακόμη και σε μικρή ποσότητα παρουσιάζοντας υψηλή απόδοση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό της γεωγραφικής προέλευσης του δείγματος χρησιμοποιώντας ακριβώς το αποτύπωμα.

Υπερφασματική απεικόνιση

Η τεχνική αυτή συνδυάζει φασματοσκοπικές τεχνικές και δειγματοληψία για την εξασφάλιση της ταυτόχρονης απόκτησης δεδομένων σχετικά με τις χωρικές εικόνες και τη φασματική αποδιοργάνωση. Η Υπερφασματική απεικόνιση (HSI), είναι ένας συνδυασμός φασματοσκοπίας που προσφέρει πληροφορίες χημικές και σύστασης που δίνουν πληροφορίες για τις ιδιότητες του δείγματος (Orrillo et al., 2019). Η HSI δημιουργεί πλήθος εικόνων σε κάθε μήκος κύματος με τη μορφή υπερκύβου, ο οποίος βοηθά στην διάκριση των συστατικών του δείγματος. Αυτά τα φασματικά δεδομένα που λαμβάνονται έχουν τη μορφή απορρόφησης, ανάκλασης, διαπερατότητας, φθορισμού κ.λπ. και αντιπροσωπεύουν την αλληλεπίδραση μεταξύ της χημικής σύνθεσης του δείγματος και της δοθείσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. (ElMasry & Nakauchi, 2016).

Η HSI θεωρείται ότι μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά στην αξιολόγηση, ταυτοποίηση και

ποσοτικοποίηση των νοθευτών και προσμείξεων. Οι Atas, et al. (2012) ερεύνησαν τη μόλυνση από αφλατοξίνες σε δείγματα κόκκινης πιπεριάς τσίλι, ενώ οι Vermaak et al. (2013) ανέφεραν την ανίχνευση της νοθείας στον κινέζικο αστεροειδή γλυκάνισο αποτελεσματικά. Επιπρόσθετα, αναπτύχθηκε ένα σύστημα HSI με δύο πηγές φωτισμού UV και αλογόνου και 12 επιλεγμένων φασματικών ζωνών, για τον ακριβή προσδιορισμό της μόλυνση από αφλατοξίνες, σε συνδυασμό με PCA και ANN-MLP. Σαράντα δείγματα τσίλι εξετάστηκαν χρησιμοποιώντας την ανάλυση HIS-MLP και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η υπεριώδης ακτινοβολία είχε ως αποτέλεσμα μια απόλυτη διαφορά 87,5%, ενώ ο φωτισμός αλογόνου είχε ως αποτέλεσμα 83,26%. Η μελέτη των Vermaak et al. (2013) έδειξαν εξαιρετική δυνατότητα ανίχνευσης της νοθείας του ιαπωνικού αστεροειδή γλυκάνισου απο κινέζικο, με ανάλυση PLS-DA όπου δείχνει ακριβή πρόβλεψη 97,85%. Η HSI χρησιμοποιήθηκε από ορισμένες μελέτες για να ανιχνεύει αποτελεσματικά την παρουσία αμύλου στα συστατικά των τροφίμων με προβλεψιμότητα 83,21% και μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά σε σκόνες μπαχαρικών για τον εντοπισμό νοθείας (Barreto et al., 2018, όπως για παράδειγμα του μαύρου πιπεριού με αλεύρι από φαγόπυρο και κεχρί. Σε μια άλλη μελέτη για τον εντοπισμό της παρουσίας αποξηραμένων σπόρων παπάγιας σε μαύρο πιπέρι χρησιμοποιώντας την τεχνική HIS-NIR χρησιμοποιήθηκε η ταξινόμηση με αναλογία τάξης (SIMCA), όπου εντόπισε και ταξινόμησε με ποσοστό ευαισθησίας >90% και σφάλμα <8% (Orrillo et al., 2019).

Φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού

Η φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR) περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση μαγνητικών ιδιοτήτων διαφορετικών μορίων σε δείγματα υπό την επίδραση ελεγχόμενων μαγνητικών πεδίων για την ποσοτικοποίηση της χημικής ουσίας σε δείγματα και για προσδιορισμό της δομής (Petraakis et al., 2017). Όταν ένα δείγμα τοποθετείται σε μαγνητικό πεδίο, εκπέμπεται το σήμα NMR από τα άτομα και τα μόριά του λόγω της μαγνητικής περιστροφής σπιν που είναι χαρακτηριστική για κάθε μόριο ή ομάδα. Ευαίσθητοι δέκτες είναι δυνατόν να διαβάσουν αυτό το σήμα NMR. Ο προσανατολισμός του ενδομοριακού μαγνητικού πεδίου γύρω από τα άτομα μπορεί να αλλάξει τη συχνότητα συντονισμού, δίνοντας έτσι το χαρακτηριστικό σήμα φάσματος για μεμονωμένες ενώσεις με υψηλή ακρίβεια (Ling et al., 2019). Το NMR μπορεί να χαρακτηρίσει και να ποσοτικοποιήσει ένα μεγάλο αριθμός ενώσεων ταυτόχρονα. Η ευαισθησία του NMR εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την κατάσταση του δείγματος, την ένταση και την ισχύ του μαγνητικού πεδίου, τη φύση του δείγματος, τον τύπο και τον ανιχνευτή NMR, που επηρεάζουν άμεσα τη φασματική ανάλυση (Kirtil et al., 2017). Οι τεχνικές NMR που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση

στα δείγματα τροφίμων είναι υψηλής ανάλυσης (HR) υγρής και στερεάς κατάστασης NMR, χαμηλού Πεδίου (LF) NMR. Η NMR είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την ανάλυση μικρών και μεσαίου μεγέθους μορίων, όπως τα λίπη και τα λιπίδια και χρησιμοποιείται κυρίως για ταυτοποίηση και ποσοτικοποίηση ένωσης και για τον έλεγχο της ταυτότητας των τροφίμων και της παρακολούθησης της ασφάλειας σε διάφορα δείγματα (Kuballa et al., 2018). Πραγματοποιήθηκε μελέτη για την ανάπτυξη ενός μοντέλου NMR και PLS-DA για τον προσδιορισμό της γνησιότητας των καθαρών δειγμάτων και τον εντοπισμό της νοθείας του ιρανικού σαφράν με άλλα φυτικά υλικά όπως το άνθος saf (*Carthamus tinctorius* L.) ή συνθετικών βαφών όπως η ταρτραζίνη ή παρθηθολ yellow, και προέκυψε η ανάλυση παρουσίασε ευαισθησία και ακρίβεια κατά 100% υποδεικνύοντας εξαιρετική προγνωστική ισχύ και ακρίβεια (Dowlatabadi et al., 2017). Παρόμοια μελέτη διεξήχθη επίσης από τους Petrakis and Polissiou (2017), οι οποίοι επίσης ανέφεραν παρόμοια δεδομένα.

3.4 Αισθητηριακή μέθοδος

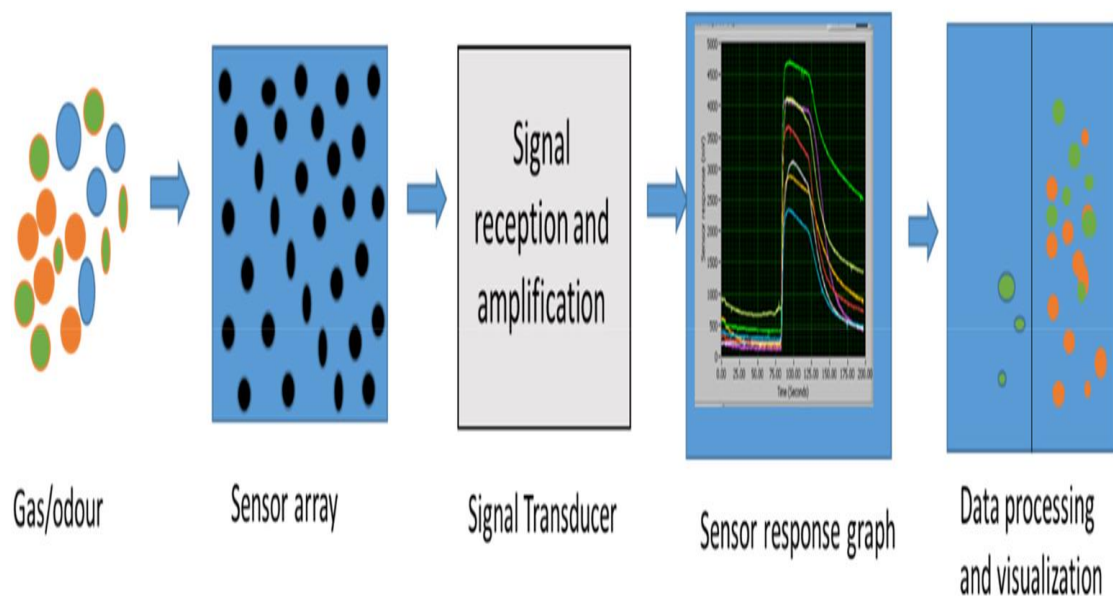
Η μέθοδος αυτή βασίζεται στον ανθρώπινο παράγοντα, όπου η εκπαίδευση του θα είναι εξειδικευμένη και η αξιολόγηση πραγματοποιείται από έναν έμπειρο. Πέρα από αυτό τον παράγοντα τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκαν οργανικές τεχνικές με στόχο την τυποποίηση αυτής της μεθόδου για τον εντοπισμό της νοθείας στα μπαχαρικά. Η αέρια χρωματογραφία, η οσφρητική μέτρηση (GCO) και οι βιοαισθητήρες π.χ. ηλεκτρονική γλώσσα (E-tongue), ηλεκτρονική μύτη (E-nose), ηλεκτρονικό μάτι (E-eye) αποτελούν τις νέες μεθόδους που εφαρμόζονται και αντικαθιστούν τον ανθρώπινο παράγοντα. Χαρακτηρίζονται ως εύκολες στη μεταφορά, γρήγορες, υψηλής ευαισθησίας και επιλεκτικότητας.

Επιπλέον δύναται να έχουν ενσωματώνουν αυτοματοποιημένες για τον εντοπισμό νοθείας. Μέθοδοι, όπως το GCO και το e-nose βασίζονται σε συστοιχία αισθητήρων αερίων όπου δύναται να ανιχνεύσουν πτητικά σύμπλοκα τα οποία αποστέλλονται στο headspace. Όταν μέσω της προσρόφησης οι ουσίες έρχονται σε επαφή με τους αισθητήρες πραγματοποιούνται χημικές αλλαγές στην αισθητήρια επιφάνεια. Μέσω στατιστικής ανάλυσης τα ηλεκτρικά σήματα που έχουν καταγραφεί προσδιορίζουν τις χημικές ουσίες που υπάρχουν στα μπαχαρικά, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.5 (Isengard and Breithaupt, 2015).

Η ηλεκτρονική μύτη εφαρμόστηκε από τους Kukade et al. (2014) με σκοπό την κατηγοριοποίηση των ελαίων κάποιων μπαχαρικών όπως κάρδαμο, μοσχοκάρυδο και γαρούφαλλο. Η ικανότητα της E-μύτης και της VE-γλώσσας σε συνδυασμό με το SPME-GC-MS κατάφεραν να εντοπίσουν κύμινο

που είχε νοθευτεί από διαφορετικές γεωγραφικές προελεύσεις. Οι κύριες πτητικές οργανικές ενώσεις που εντοπίστηκαν ήταν β-πινένιο, m-κυμένιο, γ-τερπινένιο, κουμιναλδεΐδη και κουμινική αλκοόλη. Ακόμη αναφέρθηκε ότι τα αποτελέσματα της e-γλώσσα παρουσίασαν ακρίβεια 100% συγκριτικά με άλλες δύο μεθόδους (Tahri, Tiebe et al., 2017) .

Η ηλεκτρονική μύτη είναι ένα όργανο που βοηθά στην ανίχνευση και ταυτοποίηση των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) από τα δείγματα τροφίμων. Μπορεί να διακρίνει πολύπλοκες οσμές χρησιμοποιώντας μία σειρά αισθητήρων σε συνδυασμό με ένα σύστημα χειρισμού δειγμάτων. Η συστοιχία είναι κατασκευασμένη από χημικά επεξεργασμένα οξείδια μετάλλων που κατασκευάζουν ένα συγκεκριμένο δακτυλικό αποτύπωμα χρησιμοποιώντας έναν ηλεκτρονικό αισθητήρα με διεπαφή, για τις οσμές κατά την έκθεση σε πτητικά συστατικά από το δείγμα. Τα δεδομένα που λαμβάνονται από το e-nose μπορούν να συσχετιστούν περαιτέρω με άλλες μεθόδους όπως η GC-MS. Το σύστημα E-nose, σε συνδυασμό με PCA, έχει δείξει επιτυχώς τον δοσοεξαρτώμενο προσδιορισμό των ακτινοβολημένων δειγμάτων μιγμάτων μπαχαρικών, τα οποία συσχετίστηκαν με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από άλλες μη καταστροφικές φασματοσκοπικές μεθόδους (Ameer et al., 2020). Αρκετοί ερευνητές έχουν μελετήσει εκτενώς τη χρήση της ηλεκτρονικής μύτης στην ανίχνευση νοθευτών και στην αξιολόγηση της ποιότητας του κρόκου. Το e-nose με αισθητήρες μεταλλικού οξειδίου μπορεί να διακρίνει τα δείγματα σαφράν από διαφορετικές χώρες με καλή ακρίβεια, ακόμη και όταν η ποσότητα των δειγμάτων είναι μικρή. Σε μελέτη των Heidarbeigi et al. (2015) αναφέρθηκαν τα πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα από την χρήση της e-nose στον χαρακτηρισμό των δειγμάτων καθαρού κρόκου με νοθευμένα κίτρινα κοτσάνια και βαμμένο στίγμα καλαμποκιού στο ελάχιστο επίπεδο ανίχνευση 10% και με ακρίβεια ταξινόμησης 100% και 86,9% αντίστοιχα. Οι Kiani et al. (2017α) επιχείρησαν επιτυχώς να δημιουργήσουν μία τυπική τεχνική για τον χαρακτηρισμό του προφίλ 33 δειγμάτων του σαφράν από διάφορες περιοχές χρησιμοποιώντας 11 πτητικά χαρακτηριστικά.. Επιπλέον, το e-nose θα μπορούσε να αξιολογήσει με επιτυχία την αλλοίωση της γεύσης των πράσινων, μαύρων και λευκών πιπεριών κατά την αποθήκευση για 6 μήνες στους 4 °C. Η e-μύτη, η οποία βασίζεται στη νανοτεχνολογία εφαρμόστηκε με σκοπό την ανίχνευση σκόνης καλαμποκιού σε σαφράν με πολύ καλά αποτελέσματα. Η Νανοτεχνολογία σε συνδυασμό με DNA/RNA/πεπτιδικά απταμερή είναι μία πρόσφατη μέθοδος. Η σύζευξη συγκεκριμένων απταμερών στο νανο-τσιπ αποτελεί ένα εργαλείο το οποίο μπορεί να ανιχνεύσει παθογόνους μικροοργανισμούς σε μπαχαρικά, όπως η ανίχνευση οχρατοξίνης (Tahri, Tiebe et al., 2017).



Εικόνα 3.5 . Στάδια ανάπτυξης αισθητηριακής μεθόδου (Tahri, Tiebe et al., 2017).

Η ηλεκτρονική όραση ονομάζεται επίσης σύστημα όρασης υπολογιστή (CVS) ή η μηχανική όραση, και είναι μια εγκατάσταση ενσωματωμένης μη οπτικής ανίχνευσης εικόνας, υπολογισμού και διαδικασία λήψης αποφάσεων για αυτόματη αξιολόγηση και ερμηνεία σε πραγματικό χρόνο. Μπορεί να χρησιμοποιείται ευρέως για την ποιοτική επιθεώρηση των μπαχαρικών χρησιμοποιώντας οπτικά χαρακτηριστικά . Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα ανίχνευσης του εσωτερικών ελαττωμάτων των προϊόντων με βάση τις διαφορές πυκνότητας. Πρέπει να συνδυάζονται με τα αναλυτικά δεδομένα και τις χημειομετρικά τεχνικές για την αξιολόγηση της ποιότητας του προϊόντος και την πρόβλεψη παραμέτρων ποιότητας όπως η χημική σύνθεση, τα χαρακτηριστικά υφής χρησιμοποιώντας το χρώμα , σχήμα, μέγεθος και χρώμα. Εκτός από την οπτική απεικόνιση μπορεί να λειτουργήσει σε μήκη κύματος αόρατα στον άνθρωπο, όπως η υπεριώδης ακτινοβολία και οι περιοχές σχεδόν IR και IR, οι οποίες μπορούν να δώσουν πληροφορίες σχετικά με την ωριμότητα, ποικιλία, ασφάλεια μετά τη συγκομιδή και την ωριμότητα του προϊόντος (Chen et al., 2002). Οι Kiani et al. (2017a) ανέπτυξαν και αξιολόγησαν ένα σύστημα ενσωματώνοντας τεχνικές CVS και e-nose για ποιοτική ανίχνευση του κρόκου. Το σύστημα που αναπτύχθηκε, μαζί με το μοντέλο ANN-MLP, χρησιμοποιήθηκε για αξιολόγηση της νοθείας του κρόκου με τεχνητά χρωματισμένο σαφράν χρησιμοποιώντας μήκη κύματος 330 nm και 400 nm. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σύστημα \ προβλέπει τα νοθευμένα δείγματα από σαφράν έχοντας $R^2 = 0,97$ στα 330 nm, $R^2 \geq 0,95$ στα 440 nm. Ο συνδυασμός CVS και e-nose, χρησιμοποιήθηκαν σε τεχνικές PCA, HCA, MLP και SVM ταυτόχρονα για να διαφοροποιούν σωστά τα καθαρά δείγματα από τις νοθείες. Μια άλλη μελέτη για την αξιολόγηση των μικροδομικών αλλαγών στις σκόνες

μπαχαρικών που έχουν υποστεί κρυογονική επεξεργασία, όπως πιπέρι, κανέλα, τσίλι και τριγωνέλλα έγινε ανάλυση χρησιμοποιώντας μικροτομογραφία ακτίνων Χ σε συνδυασμό με εικόνα. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντικές διαφορές στη μικροδομή των αλεσμένων μπαχαρικών μετά από κρυογονική επεξεργασία και αναφέρθηκε υψηλότερη απόδοση πτητικής ικανότητας εκχύλισης, καθώς η κρυογονική επεξεργασία προκάλεσε σημαντική αύξηση του συνολικού όγκου (Ghodki et al., 2019). Ωστόσο, η δυνατότητα εφαρμογής αυτών των τεχνικών στην ποιοτική παρακολούθηση των μπαχαρικών πρέπει να αναλυθεί περαιτέρω.

3.5 Ανοσολογικές μέθοδοι

Οι μέθοδοι αυτοί βασίζονται στην ειδική αλληλεπίδραση ενός αντιγόνου με συμπληρωματικά αντισώματα, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα σύνθετο αντιγόνο-αντίσωμα σύνθετο βάση του οποίου ανιχνεύεται φυτικό υλικό. Η ενζυμική ανοσοπροσοφνητική δοκιμασία (ELISA) θεωρείται η περισσότερο διαδεδομένη ανοσοδοκιμασία για τον έλεγχο της νοθείας τροφίμων. Υπερτερεί λόγω της ευκολίας εφαρμογής της, της μέτριας γνώσης της μεθόδου, της υψηλής ταχύτητάς και ευαισθησίας καθώς και στο ότι εντοπίζει μικρομοριακές πρωτεΐνες. Οι Fukuda, Tanaka et al., (2000) ανέπτυξαν τη δοκιμή ELISA με στόχο τη διαφοροποίηση ειδών *Panax* μέσω της ανάπτυξης αντισωμάτων έναντι του ginsenoside Rg1, ginsenoside Rb I, αντίστοιχα. (Bansal, Singh et al., 2017).

3.6 Ηλεκτροφορητικές μέθοδοι

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στον προσδιορισμό της καθαρότητας ενός μπαχαρικού. Μέθοδοι όπως η τριχοειδική ηλεκτροφόρηση, η ηλεκτροφόρηση γέλης πολυακρυλαμιδίου (PAGE), η ηλεκτροφόρηση ισοενζύμων, η ισοηλεκτρική εστίαση, η ισοταχοφόρηση είναι οι βιοχημικές τεχνικές λήψης δακτυλικών αποτυπωμάτων και εμπεριέχουν τον διαχωρισμό της πρωτεΐνης και του ισοενζύμου. Η ηλεκτροφόρηση (CE) είναι μία από τις περισσότερο διδεδομένες μεθόδους λόγω της γρήγορης ανάλυσης, της υψηλής ευαισθησίας και ακρίβειας, ενώ μπορεί να εφαρμοστεί σε ποιοτικό έλεγχο μέσω του διαχωρισμού μακρο και μικρο ενεργών μορίων βάση των διαφορετικών ηλεκτροφορητικών και ηλεκτροσωματικών κινήσεων του ρυθμιστικού διαλύματος και των ιόντων υπό υψηλή τάση. Οι Zougagh et al. (2005) πραγματοποίησαν τον ποιοτικό έλεγχο του σαφράν με ανάλυση του δραστικού συστατικού κροκίνη μέσω ηλεκτροφορητικού αποτυπώματος, το οποίο πραγματοποιείται με τηγμένο πυρίτιο υπό μη υδατική τριχοειδική ηλεκτροφόρηση. Μειονέκτημα της ηλεκτροφόρησης είναι ότι οι μετρήσεις δεν είναι ακριβείς και πραγματοποιείται περιορισμένη

ανάλυση δείγματος (Negi et al., 2021).

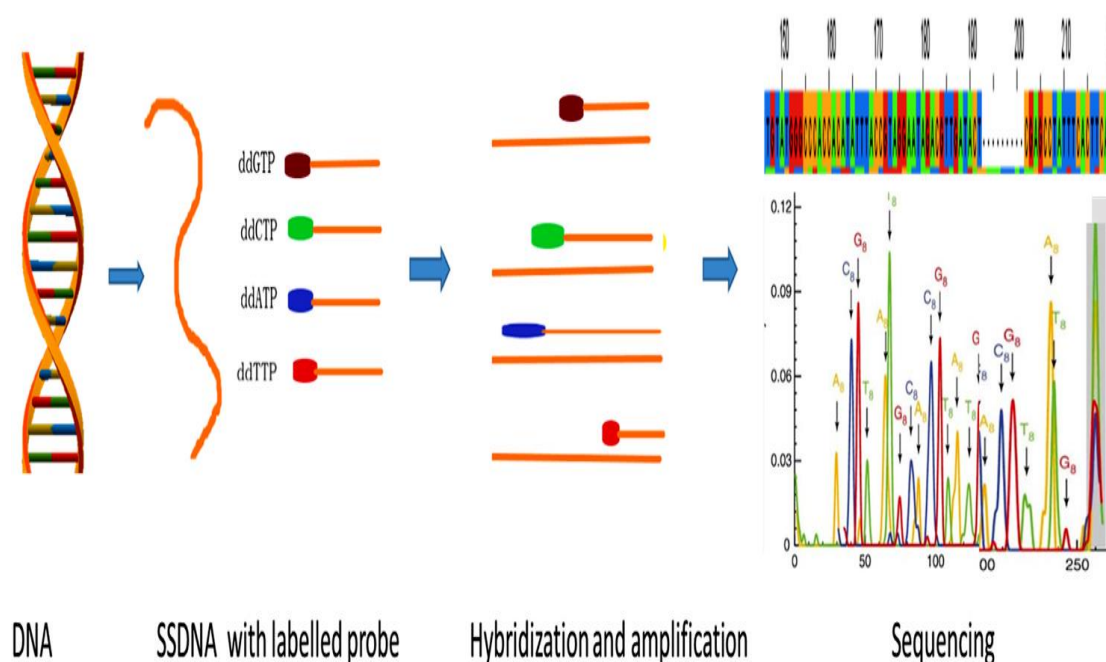
3.7 Μέθοδος DNA

Η μέθοδος DNA χρησιμοποιείται συχνά στον εντοπισμό νοθευμένων μπαχαρικών. Τα τελευταία χρόνια, η Sequence Characterized Amplified Region – Polymerase Chain (SCAR-PCR) και η γραμμική κωδικοποίηση DNA είναι οι περισσότερο διαδεδομένες για τον εντοπισμό νοθείας.

Η SCAR-PCR είναι μια πρόοδος στη χρήση δεικτών Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) στην ανάλυση DNA. Η ανάλυση RAPD πλεονεκτεί, διότι έχει μικρό κόστος και υψηλή διάκριση των βοτανικών ποικιλιών. Μειονέκτημα αυτής της μεθόδου αποτελεί η μικρή επαναληψιμότητα και η δυσκολία που παρουσιάζεται στην ανταλλαγή αποτελεσμάτων μεταξύ εργαστηρίων. Με την ανάπτυξη του SCAR primers τα παραπάνω μειονεκτήματα εξαλείφθηκαν. Η SCAR-PCR εφαρμόστηκαν για τον εντοπισμό διογκωτικών παραγόντων στο σαφράν, όπου ελέγχθηκαν μεγάλοι αριθμοί παρτίδες γρήγορα, αξιόπιστα, με υψηλή ευαισθησία και χαμηλό κόστος. Οι Marieschi et al., πραγματοποίησαν έλεγχο νοθείας στη ρίγανη με τη μέθοδο RAPD *Cistus incanus* L., *Rubus caesius* L. και *Rhus coriaria* L., και ακολούθως με SCAR-PCR με στόχο την βελτίωση της ευρωστίας της. Άλλες μέθοδοι SCAR-PCR πραγματοποιήθηκαν για την ανίχνευση στη ρίγανη φύλλων ελιάς, *Satureja montana* L., και *Origanum majoranan* L. και *Curcuma zeodoaria* / *Curcuma malabarica* στον κουρκουμά. Η ανάπτυξη μιας μεθόδου πολλαπλής PCR περιοχής SCAR και Internal Transcriber Spacer (ITS) εντόπισε τόσο τη νοθεία σε σαφράν όσο και του κρόκου σε μία ανάλυση. Συνεπώς, η χρήση του SCAR-PCR έχει δυνατότητα ανίχνευσης νοθείας EMA σε έναν αριθμό μπαχαρικών. Η SCAR-PCR είναι μια μέθοδος όπου παρουσιάζει ευαισθησία με όρια ανίχνευσης 1% για τη νόθευση ρίγανης με *Cistus incanus* L., *Rubus caesius* L., και *Rhus coriaria* L., 1 % για την ανίχνευση φύλλων ελιάς σε ρίγανη με το όριο ανίχνευσης (LOD) να είναι 10 g/kg για την παρουσία *Curcuma zeodoaria* / *Curcuma malabarica* σε κουρκουμά. Περιορισμός του SCAR-PCR θεωρείται η αλληλουχία δεδομένων για το σχεδιασμό των εκκινητών PCR (Babaei et al., 2014).

Η μέθοδος DNA barcoding αναπτύχθηκε το 2003 και βασίζεται στη μεταβλητότητα μιας τυπικής περιοχής του γονιδιώματος, που είναι γνωστό ως τον «DNA barcoding». Αυτή η μέθοδος εφαρμόστηκε για τον εντοπισμό νοθειών στο σαφράν, στο τσίλι και στο μαύρο πιπέρι. Η μέθοδος θεωρείται γρήγορη, αξιόπιστη, παρουσιάζει υψηλή ευαισθησία για μεγάλο φάσμα προϊόντων, ενώ δύναται να δημιουργηθεί βάση δεδομένων αναφοράς στοχεύοντας στη βελτίωση των πιθανοτήτων. Ως εκ τούτου πραγματοποιείται ένα τεστ ρουτίνας που σχετίζεται με την ποιότητα και την ιχνηλασιμότητα των τροφίμων (Galimberti et al., 2013).

Η καθαρότητα και η ακεραιότητα του DNA είναι παράμετροι που επηρεάζουν την αξιοπιστία της μεθόδου. Ειδικότερα, η κακής ποιότητας DNA μειώνει την ενίσχυση του γραμμωτού κώδικα DNA . Η αλληλουχία ολόκληρου του γονιδιώματος παρέχει την ικανότητα για τον εντοπισμό της νοθεία μέσω της Αλληλουχία Επόμενης Γενιάς (NGS). Εν τούτοις, λόγω του υψηλού κόστους η μέθοδος αυτή δεν χρησιμοποιείται ευρέως . Οι μέθοδοι για την ανίχνευση νοθείας σε μπαχαρικά που εφαρμόζονται με την ανάλυση DNA είναι ποιοτικές. Μειονεκτήματα της μεθόδου ανάλυσης με DNA είναι η ακεραιότητα και η καθαρότητα του DNA, μειωμένη απόδοση και ο κίνδυνος μόλυνσης (Burns et al., 2016).



Εικόνα 3.6 . Στάδια της μεθόδου DNA (Babaei et al., 2014)

3.8 Μέθοδοι που βασίζονται σε μη PCR/υβριδισμό

Οι μέθοδοι υβριδισμού λειτουργούν με βάση την αρχή της δημιουργίας ειδικού DNA για το είδος υβριδοποιώντας το DNA που έχει υποστεί πέψη με ένζυμα περιορισμού και συγκρίνοντάς το με επισημασμένους ανιχνευτές. Περιλαμβάνει πολυμορφισμό μήκους περιοριστικού τμήματος (RFLP), μεταβλητής επανάληψης σε σειρά αριθμών (VNTR), τεχνική μικροσυστοιχίας κ.λπ. Τα RFLP και VNTR είναι μία περιορισμένη εφαρμογή στην ανίχνευση νοθείας ενώ η μικροσυστοιχία DNA είναι πιο χρήσιμη. Αποτελείται από πολλές μικροσκοπικές κηλίδες, καθεμία από τις οποίες περιέχει πανομοιότυπα μονόκλωνα πολυμερή μόρια δεοξυριβονουκλεοτιδίων προσαρτημένα σε ένα γυαλί

ή πολυμερές (Marmirolli et al., 2010). Σε αυτή τη μέθοδο, το DNA συνδέεται με τον ανιχνευτή αναφοράς στη μικροσυστοιχία και ακολουθεί η σάρωση για να ληφθεί ένα πλήρες μοτίβο υβριδισμού που δημιουργείται από την απελευθέρωση φθορισμού, χημειοφωταύγειας, θερμοδομετρικών ή ραδιενεργών σημάτων που σχετίζονται με τη δέσμευση του ανιχνευτή στο DNA στόχο (Pereira et al., 2008). Οι τεχνικές που βασίζονται σε συστοιχίες εξαρτώμενες από την αλληλουχία και μικροσυστοιχίες ανεξάρτητες από αλληλουχία (Niu et al., 2011). Ο έλεγχος ταυτότητας χρησιμοποιώντας αυτήν τη μέθοδο βασίζεται σε ένα φθινό, ευαίσθητο και γρήγορο εργαλείο ποιοτικού έλεγχος φαρμακευτικών και διατροφικών προϊόντων. Ο υβριδισμός μεταξύ των στόχων fluo-rescent και των ανιχνευτών που εντοπίστηκαν στη μικροσυστοιχία χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των ιατρικών φυτών χρησιμοποιώντας μικροσυστοιχίες DNA (Niu et al., 2011). Ωστόσο, προβλήματα που σχετίζονται με την αξιοπιστία, την ευαισθησία και την ακρίβεια περιορίζουν την εφαρμογή του στον ποιοτικό έλεγχο (Draghici et al., 2005).

3.9 Μοριακές Μέθοδοι Βασισμένες σε PCR

Η PCR παρουσιάζει υψηλές δυνατότητες στην ανίχνευση νόθευσης και στον έλεγχο ταυτότητας. Χαρακτηρίζεται ως απλή, υψηλής ευαισθησίας, εξιδεικευμένη, μειωμένο χρόνο ανάλυσης γρήγορο χρόνο ανάλυσης και το χαμηλό κόστος (Mafra et al., 2008). Οι μοριακές μέθοδοι που βασίζονται σε PCR κυμαίνονται από την ενίσχυση εκκινητών για συγκεκριμένο είδος (Sasaki et al., 2004), rDNA/18S rRNA γονίδιο δακτυλικό αποτύπωμα DNA μεθόδους που περιλαμβάνουν τυχαία ενισχυμένο πολυμορφικό DNA (RAPD) (Cao et al., 2011).

Το κύριο πλεονέκτημα του RAPD είναι ότι δεν είναι απαραίτητη καμία ενημέρωση σχετικά με το γονίδιο. Οι δείκτες ISSR είναι ημιαυθαίρετοι δείκτες που ενισχύονται με PCR χρησιμοποιώντας εκκινητές που είναι πολύ περισσότερο από τους εκκινητές RAPD. Αν οι δείκτες RAPD μετατραπούν σε συγκεκριμένους δείκτες SCAR, διευκολύνουν την ευαίσθητη, ειδική ανάλυση, που βοηθά στη μεγάλης κλίμακας διαλογή εμπορικών δειγμάτων για νοθευτές. Οι δείκτες SCAR εξελίσσονται από τους συγκεκριμένους εκκινητές RAPD ή ISSR ,ενισχύουν χαρακτηρισμένες περιοχές ενός γονιδιώματος κάτω από αυστηρές συνθήκες και έτσι είναι περισσότερο αξιόπιστα και αναπαραγώγιμα (Paran και Michelmore, 1993). Τα SSR/STR επικεντρώνονται κυρίως στην ενίσχυση των μικροδορυφορικών περιοχών στο γονιδίωμα, αποδίδοντας ένα μοναδικό μοτίβο για ένα άτομο και χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον στον έλεγχο ταυτότητας φυτών που παρουσιάζουν ειδικές παραλλαγές.

Οι προσεγγίσεις ποσοτικής ανταγωνιστικής PCR και PCR πραγματικού χρόνου χρησιμοποιούνται

για μελέτες ποσοτικής εκτίμησης. Είναι ποσοτικές εκτιμήσεις που βασίζονται σε ανιχνευτές ικανούς να ανιχνεύουν. Η γραμμοκωδικοποίηση DNA είναι μια τεχνική που βασίζεται σε PCR που χρησιμοποιεί την παραλλαγή της αλληλουχίας εντός μίας περιοχής που αναφέρεται ως «γραμμωτός κώδικας», για τη διάκριση μεταξύ των ειδών. Οι Swetha et al. (2014), χρησιμοποιώντας το barcoding loci rbcL, θα μπορούσαν να ανιχνεύσουν την παρουσία *Cinnamomum cassia* (πηγή κουμαρίνης, ηπατοτοξίνης) σε δείγματα *Cinnamomum verum*. Η πρώτη αναφορά για τον εντοπισμό νοθείας του εμπορεύσιμου μαύρου πιπεριού με τσίλι χρησιμοποίησε τη μέθοδο barcoding DNA στην οποία ξεκάθαρα εντοπίστηκε το νοθευμένο μαύρο πιπέρι σε σκόνη από τα γνήσια δείγματα που παρήγαγαν (Parvathy et al., 2014). Η ανίχνευση νοθείας σε εμπορικά δείγματα σαφράν έχει επιτευχθεί με επιτυχία χρησιμοποιώντας αυτήν την τεχνική γραμμωτής κωδικοποίησης DNA (Gismondini et al., 2013). Η μόλυνση των φυσικών προϊόντων υγείας με ζωικά συστατικά και άλλα ενήλικα φυτικά είδη ανιχνεύθηκε επιτυχώς χρησιμοποιώντας γραμμωτό κώδικα DNA (Wallace et al., 2012) αποδεικνύοντας ότι η τεχνική είναι πολύ αποτελεσματική στη διάκριση τόσο των ζώων όσο και των συστατικών του φυτού ταυτόχρονα. Οι Newmaster et al. (2013) θα μπορούσε με επιτυχία να επικυρώσει και να ανιχνεύσει την υποκατάσταση σε 30 από τα 40 φυτικά προϊόντα που δοκιμάστηκαν χρησιμοποιώντας DNA barcoding. Η ανάλυση αλληλουχίας επόμενης γενιάς (NGS) παρέχει έναν τεράστιο όγκο δεδομένων στις γονιδιακές αλληλουχίες, και αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ποσοτική ανίχνευση του σε εμπορικά δείγματα. Η μετα-γραμμική κωδικοποίηση ή η μετα-γενετική χρησιμοποιεί υψηλής απόδοσης, στρατηγικές NGS επόμενης γενιάς μαζί με γραμμωτό κώδικα DNA. Το meta barcoding χρησιμοποιείται επίσης στην ανάλυση βιοποικιλότητας (Christine et al., 2013).

3.10 Τεχνικές ακουστικής και υπερήχων

Οι τεχνικές ακουστικής και υπερήχων είναι ενδιαφέρουσες διαδικασίες όπου βοηθούν στην αξιολόγηση της ποιότητας των τροφίμων και των γεωργικών προϊόντων, όντας γρήγορη, οικονομική και μη καταστροφική. Αυτές οι τεχνικές καθορίζουν την ποιότητα των τροφίμων με τη συμμετοχή διασκορπισμένων ή ανακλαστικών ηχητικών κυμάτων ανάλογα με την τέρψη και την ανάκλαση των κυμάτων φωτός. Ο υπέρηχος μπορεί να οριστεί ως τα ηχητικά κύματα που εκπέμπονται με συχνότητα μεγαλύτερη από 20 kHz. Μπορεί να κατηγοριοποιηθεί περαιτέρω σε χαμηλή συχνότητα, κύματα υψηλής έντασης και υψηλής συχνότητας, χαμηλής έντασης κύματα σε συχνότητες 20–100 kHz και 5–10 MHz, αντίστοιχα (El-Mesery et al., 2019).

Ο υπέρηχος υψηλής συχνότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για ανάλυση χημικών

ενώσεων και ανάλυση σύνθεσης των συστατικών τροφίμων. Αντίθετα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο υπέρηχος χαμηλής συχνότητας για να βοηθήσει σε τεχνικές επεξεργασίας τροφίμων καθώς μπορεί να αλληλοεπιδράσει και να αλλοιώσει τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του δείγματος (Teng et al., 2019). Στη μη καταστροφική μέθοδο, η πηγή της ακουστικής εκπομπής είναι ένα εκκρεμές που δημιουργεί ταλαντώσεις φάσης χτυπώντας τα δείγματα. Οι El-Mesery et al. (2019) ανέφεραν ότι οι ιδιότητες υφής είναι ένα μείγμα από οπτική επιθεώρηση και ακουστικές αισθήσεις με βάση τα πρωτόκολλα κυτταρικού επιπέδου και τους χημικούς δεσμούς των κυττάρων που επηρεάζουν τους ήχους που δημιουργούνται από διαταραχή των κυττάρων στα τραγανά τρόφιμα. (Costa et al., 2011). Παρότι, οι ακουστικές τεχνικές είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν στα μπαχαρικά, ο συζευγμένος πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας δύναται να αξιολογήσει την ποιότητα και την ασφάλεια ολόκληρων μπαχαρικών, αλλά όχι σκόνης. Ακόμη και σε ολόκληρα μπαχαρικά, είναι εξαιρετικά σημαντικό να εφαρμόσουν ένα κατάλληλο πρωτόκολλο για διαφορετικά μπαχαρικά, λόγω του μικρού μεγέθους των μπαχαρικών σπόρων.

3.11 Χημειομετρία

Η Χημειομετρία χρησιμοποιείται για τη βελτίωση των χημικών δεδομένων που λαμβάνονται από αναλυτικά όργανα και τον συσχετισμό των ιδιοτήτων των δειγμάτων με τη χρήση μαθηματικών και στατιστικών μεθόδων. Η χημειομετρία έχει χρησιμοποιηθεί στην βαθμονόμησης φασματοσκοπικών και φασματομετρικών δεδομένων. Έχει χρησιμοποιηθεί τόσο με στοχευμένες όσο και με μη στοχευμένες μεθόδους για να εντοπίσει την νοθεία στα τρόφιμα (Reinholds et al., 2015). Η χρήση της προεπεξεργασίας πραγματοποιείται χημειομετρικά για την ενίσχυση των επιθυμητών πληροφοριών από ακατέργαστα δεδομένα και μείωση των επιπτώσεων των ανεπιθύμητων πληροφοριών στα φάσματα. Είναι τρία βασικά στάδια στη χρήση των χημειομετρικών στοιχείων: η προεπεξεργασία δεδομένων, η ανάπτυξη ενός ισχυρού μοντέλου και η επικύρωση αυτού και τέλος η ανάλυση των αποτελεσμάτων (Lohumi, Lee, , 2015). Δύο κοινώς χρησιμοποιούμενες τεχνικές προεπεξεργασίας περιλαμβάνουν μεθόδους διόρθωσης σκέδασης και φασματικές παραγωγούς. Οι διορθωτικές τεχνικές μπορούν να περιλαμβάνουν τη διόρθωση πολλαπλασιαστικής διασποράς (MSC), Standard Normal Variate (SNV) και, κανονικοποίηση για μείωση των αποτελεσμάτων της φυσικής μεταβλητότητας που προκαλείται από τη σκέδαση (Rinnan, Berg και Engelsen, 2009). Τα δύο συνήθως χρησιμοποιούμενα φασματικά παράγωγα είναι οι Norris-Williams (N-W) και Savitzky-Golay (S-G) (Rinnan, Berg και Engelsen, 2009). Οι φασματικές παράγωγοι στοχεύουν στην εξομάλυνση του φάσματος χωρίς μείωση του λόγου σήματος προς

θόρυβο . Η ανάλυση της νοθείας με χρήση φασματοσκοπίας και σε ορισμένες περιπτώσεις, η φασματομετρία μάζας απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση με χημειομετρικές. Οι πιο συνηθισμένοι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της γνησιότητας ή τον εντοπισμό νοθείας είναι οι αλγόριθμοι ταξινόμησης/διάκρισης όπως η PCA , LDA, PLS-DA ή OPLS-DA. Για τον ποσοτικό προσδιορισμό της νόθευσης σε ένα δείγμα, η ανάλυση PLSR χρησιμοποιείται συχνά.

Μια εκτενής ανασκόπηση των μεθόδων ανίχνευσης για παράνομες βαφές έχει πραγματοποιηθεί εκτενώς από τους Oplatowska-Stachowiak και Elliott (2017). Η υγρή χρωματογραφία είναι η περισσότερο κοινή μέθοδος ανίχνευσης παράνομων βαφών. Άλλες τεχνικές χρωματογραφίας που εφαρμόστηκαν με διάφορες μεθόδους ανίχνευσης, είναι η βολταμετρική, η φασματοφωτομετρική και η τριχοειδής ηλεκτροφόρηση. Η χρήση της Enzyme-Linked ανοσοπροσροφητικής δοκιμασίας (ELISA) είναι επίσης μια κοινή μέθοδος ανίχνευσης (Oplatowska-Stachowiak & Elliott, 2017)

3.12 Σύγκριση μεθόδων

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται συνήθως για τον εντοπισμό της νοθείας των μπαχαρικών είναι η μέθοδοι της χρωματογραφίας, της φασματοσκοπίας και της ανάλυσης DNA. Επιπλέον, μέσω των αναλυτικών μεθόδων η αυθεντικότητα των μπαχαρικών πραγματοποιείται από αναλυτικές μεθόδους. Παρατηρείται ότι σχετίζοντας τη χημειομετρική ανάλυση με τις μεθόδους επιτυγχάνεται ταυτοποίηση των άγνωστων ουσιών με το όριο ανίχνευσης να παρουσιάζει υψηλή ακρίβεια. Από την άλλη οι ασθητηριακές μέθοδοι με τη χρήση βιοαισθητήρων είναι μία νέα προοπτική όπου κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος κυρίως λόγω του ότι παρουσιάζουν ακρίβεια 100%.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.1) παρουσιάζονται συνοπτικά οι μέθοδοι προσδιορισμού νοθείας , όπως αναλύθηκε στις παραπάνω ενότητες.

Πίνακας 5.1. Χαρακτηριστικά μεθόδων προσδιορισμού νοθείας

Μέθοδοι	Χαρακτηριστικά
Φυσικές	<ul style="list-style-type: none"> • μακροσκοπική, μικροσκοπική εξέταση • χρησιμοποιούνται και μακροσκοπικά χαρακτηριστικά, όπως το σχήμα, το μέγεθος, η υφή, η μορφολογία και η διάταξη των ιστών. Λόγω του ότι χρησιμοποιούνται διαφορετικά μέρη των φυτών, δηλαδή ρίζα, στέλεχος, φύλλα, λουλούδια, μπουμπούκια και καρποί η μακροσκοπική ανάλυση είναι περισσότερο διαδεδομένη • οι μικροσκοπικές τεχνικές εξειδικεύονται περισσότερο στη κονιορτοποίηση.

Χρωματογραφία	<ul style="list-style-type: none"> • κύριο πλεονέκτημα τον αποτελεσματικό διαχωρισμό του μείγματος των συστατικών • λεπτής στοιβάδας (TLC) • την ανίχνευση της βαφής του • Σουδάν σε σκόνη • Η υγρή χρωματογραφία (HPLC) χαρακτηρίζεται ως γρήγορη, αξιόπιστη
Φασματοσκοπία δόνησης	<ul style="list-style-type: none"> • πράσινη τεχνολογία, γρήγορη και αξιόπιστη και • δύναται να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της γνησιότητας των μπαχαρικών • αποτελεσματικές στον έλεγχο της αυθεντικότητας των μπαχαρικών
Υπέρυθρη φασματοσκοπία	<ul style="list-style-type: none"> • προσδιορίζουν τις χημικές ενώσεις του δείγματος με ανίχνευση δεσμών O-H, N-H και C-H • κύριο μειονέκτημα της χρήσης είναι ο περιορισμός λόγω της ισχυρής επίδρασης των ζωνών απορρόφησης στα μόρια νερού
Φασματοσκοπία Raman	<ul style="list-style-type: none"> • βασίζεται στη μοριακή δόνηση του φαινομένου σκέδασης • είναι μια αδύναμη διαδικασία • παρέχοντας έτσι πληροφορίες για τις χαρακτηριστικές χημικές δομές • χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των προσυσκευασμένων δειγμάτων σε πλαστικό ή γυαλί, • για μπαχαρικά σε σκόνη όπως η πάπρικα δεν είναι αποτελεσματική και ακριβής, λόγω έντονων παρεμβολών στο φάσμα
Φασματοσκοπία υπέρυθρων FT-IR	<ul style="list-style-type: none"> • πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι μπορεί να μετρήσει πολλαπλές συχνότητες ταυτόχρονα λόγω της διαμόρφωσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. • Παρουσιάζει πολύ υψηλή ακρίβεια, ταχύτητα και βελτιωμένη ευαισθησία
Υπερφασματική απεικόνιση	<ul style="list-style-type: none"> • συνδυάζει φασματοσκοπικές τεχνικές και δειγματοληψία για την εξασφάλιση της ταυτόχρονης απόκτησης δεδομένων σχετικά με τις χωρικές εικόνες και τη φασματική αποδιοργάνωση. • (HSI), είναι ένας συνδυασμός φασματοσκοπίας που • ηροφορίες χημικές και σύστασης που δίνουν πληροφορίες για τις ιδιότητες του δείγματος • να εφαρμοστεί αποτελεσματικά στην αξιολόγηση, ταυτοποίηση και ποσοτικοποίηση των νοθευτών και προσμείξεων
Φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού	<ul style="list-style-type: none"> • οσοτικοποίηση της χημικής ουσίας σε δείγματα και για προσδιορισμό της δομής

	<ul style="list-style-type: none"> • μπορεί να χαρακτηρίσει και να ποσοτικοποιήσει ένα μεγάλο αριθμός ενώσεων ταυτόχρονα • ισθησία του NMR εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την κατάσταση του δείγματος, την ένταση • για ταυτοποίηση και ποσοτικοποίηση ένωσης και για τον έλεγχο της ταυτότητας των τροφίμων και της παρακολούθησης της ασφάλειας σε διάφορα δείγματα • ευαισθησία και ακρίβεια κατά 100
Αισθητηριακή μέθοδος Η ηλεκτρονική μύτη	<ul style="list-style-type: none"> • βοηθά στην ανίχνευση και ταυτοποίηση των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) • Μπορεί να διακρίνει πολύπλοκες οσμές χρησιμοποιώντας μία σειρά αισθητήρων σε συνδυασμό με ένα σύστημα χειρισμού δειγμάτων • με αισθητήρες μεταλλικού οξειδίου μπορεί να διακρίνει τα δείγματα σαφράν από διαφορετικές χώρες με καλή ακρίβεια
Η ηλεκτρονική όραση	<ul style="list-style-type: none"> • την ποιοτική επιθεώρηση των μπαχαρικών χρησιμοποιώντας οπτικά χαρακτηριστικά
Ανοσολογικές μέθοδοι	<ul style="list-style-type: none"> • ειδική αλληλεπίδραση ενός αντιγόνου με συμπληρωματικά αντισώματα, με αποτέλεσμα να • Η ενζυμική ανοσοπροσοφνητική δοκιμασία (ELISA) θεωρείται η περισσότερο διαδεδομένη ανοσοδοκιμασία για τον έλεγχο της νοθείας τροφίμων
Ηλεκτροφορητικές μέθοδοι	<ul style="list-style-type: none"> • βασίζεται στον προσδιορισμό της καθαρότητας ενός μπαχαρικού. • Η ηλεκτροφόρηση (CE) είναι μία από τις περισσότερο διδεδομένες μεθόδους λόγω της γρήγορης ανάλυσης, της υψηλής ευαισθησίας και ακρίβειας, ενώ • Μειονέκτημα της ηλεκτροφόρησης είναι ότι οι μετρήσεις δεν είναι ακριβείς και πραγματοποιείται περιορισμένη ανάλυση δείγματος
Μέθοδος DNA	<ul style="list-style-type: none"> • χρησιμοποιείται συχνά στον εντοπισμό νοθευμένων μπαχαρικών • η ανάλυση RAPD πλεονεκτεί, διότι έχει μικρό κόστος και υψηλή διάκριση των βοτανικών ποικιλιών. • μειονέκτημα αυτής της μεθόδου αποτελεί η μικρή επαναληψιμότητα και η δυσκολία που παρουσιάζεται στην ανταλλαγή αποτελεσμάτων μεταξύ εργαστηρίων • DNA barcoding αναπτύχθηκε το 2003 και βασίζεται στη μεταβλητότητα μιας τυπικής περιοχής του γονιδιώματος, που είναι γνωστό ως τον «DNA barcoding» . • η μέθοδος θεωρείται γρήγορη, αξιόπιστη, παρουσιάζει υψηλή ευαισθησία για μεγάλο φάσμα προϊόντων,

Μέθοδοι που βασίζονται σε μη PCR/υβριδισμό	<ul style="list-style-type: none"> • τα RFLP και VNTR είναι μία περιορισμένη εφαρμογή στην ανίχνευση νοθείας ενώ η μικροσυστοιχία DNA είναι πιο χρήσιμη • ο έλεγχος ταυτότητας χρησιμοποιώντας αυτήν τη μέθοδο βασίζεται σε ένα φθινό, ευαίσθητο και γρήγορο εργαλείο ποιοτικού έλεγχος φαρμακευτικών και διατροφικών προϊόντων
Μοριακές Μέθοδοι Βασισμένες σε PCR	<ul style="list-style-type: none"> • υψηλές δυνατότητες στην ανίχνευση νόθευσης και στον έλεγχο ταυτότητας. • απλή, υψηλής ευαισθησίας, εξιδεικευμένη, μειωμένος χρόνος ανάλυσης γρήγορο χρόνο ανάλυσης και το χαμηλό κόστος • οι προσεγγίσεις ποσοτικής ανταγωνιστικής PCR και PCR πραγματικού χρόνου χρησιμοποιούνται για μελέτες ποσοτικής εκτίμησης. • είναι ποσοτικές εκτιμήσεις που βασίζονται σε ανιχνευτές ικανούς να ανιχνεύουν • η ανίχνευση νοθείας σε εμπορικά δείγματα σαφράν έχει επιτευχθεί με επιτυχία χρησιμοποιώντας αυτήν την τεχνική γραμμωτής κωδικοποίησης DNA
Τεχνικές ακουστικής και υπερήχων	<ul style="list-style-type: none"> • αξιολόγηση της ποιότητας των τροφίμων και των γεωργικών προϊόντων, όντας γρήγορη, οικονομική και μη καταστροφική • οι ακουστικές τεχνικές είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν στα μπαχαρικά, • ο συζευγμένος πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας δύναται να αξιολογήσει την ποιότητα και την ασφάλεια ολόκληρων μπαχαρικών, αλλά όχι σκόνης
Χημειομετρία	<ul style="list-style-type: none"> • βελτίωση των χημικών δεδομένων • συσχέτισμό των ιδιοτήτων • χρησιμοποιείται στην βαθμονόμησης φασματοσκοπικών και φασματομετρικών δεδομένων • έχει χρησιμοποιηθεί τόσο με στοχευμένες όσο και με μη στοχευμένες μεθόδους • η χρήση της προεπεξεργασίας πραγματοποιείται χημειομετρικά • η ανάλυση της νοθείας με χρήση φασματοσκοπίας και σε ορισμένες περιπτώσεις, η φασματομετρία μάζας απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση με χημειομετρικές • η υγρή χρωματογραφία είναι η περισσότερο κοινή μέθοδος ανίχνευσης παράνομων βαφών

Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα

Είναι γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια εξαιτίας των συχνών φαινομένων της νοθείας των τροφίμων και ειδικότερα των μπαχαρικών το θέμα της διασφάλισης της ποιότητας είναι επίκαιρο και σημαντικό. Οι εμπλεκόμενοι της εφοδιαστικής αλυσίδας καταβάλουν προσπάθειες μέσω προληπτικών μέτρων αλλά και εφαρμόζοντας μεθόδους να εντοπίσουν τη νοθεία.

Μέσα από την βιβλιογραφική ανασκόπηση παρατηρείται ότι έχουν αναπτυχθεί τόσο φυσικές όσο και αναλυτικές μέθοδοι ανίχνευσης ουσιών στα μπαχαρικά. Σύμφωνα με τα όσο περιγράφηκαν παρατηρείται ότι:

- ✓ Οι φυσικές μέθοδοι χαρακτηρίζονται ως απλές και χαμηλού κόστους, όμως παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα που έχουν να κάνουν με την ακρίβεια και την επαναληψιμότητα των μετρήσεων.
- ✓ Οι μικροσκοπικές τεχνικές σε συνδυασμό με αισθητηριακές παρουσιάζουν βελτίωση στην ακρίβεια συγκριτικά με τις φυσικές
- ✓ Οι αναλυτικές μέθοδοι έχουν υψηλό κόστος εξοπλισμού και αναλωσίμων και απαιτείται έμπειρο και εκπαιδευμένο προσωπικό για ερμηνεία των αποτελεσμάτων
- ✓ Οι Φασματοσκοπικές μέθοδοι θεωρούνται από τις σημαντικότερες για την ανίχνευση ουσιών στα μπαχαρικά ακόμη και σε πολύ μικρή ποσότητα
- ✓ Οι μοριακές μέθοδοι είναι υψηλότερης ακρίβειας συγκριτικά με τις παραπάνω όμως απαιτείται ειδική γνώση της όλης διαδικασίας και μεθοδολογίας.

Από τα παραπάνω μπορεί να λεχθεί ότι οι νέες μέθοδοι προσδιορισμού ουσιών ακόμη και σε ίχνη είναι δυνατόν να τις προσδιορίσουν με αποτέλεσμα η υγεία των καταναλωτών να διασφαλίζεται σε υψηλότερο βαθμό.

Βιβλιογραφία

Abbas, O., Pissard, A., & Baeten, V. (2020). Near-infrared, mid-infrared, and Raman spectroscopy. In *Chemical analysis of food* (2nd ed.). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813266-1.00003-6>.

Ameer, K., Jo, Y., Amir, R. M., Shahbaz, H. M., & Kwon, J. (2020). Screening and identification of electron-beam irradiated dried spice-mixture products by electronic sensing and standard analytical methods through dose estimation. *LebensmittelWissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology*, 125, 108957. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108957>

Aqil F, Ahmad I, Mehmood Z. Antioxidant and free radical scavenging properties of twelve traditionally used Indian medicinal plants. *Turk J Biol.* 2006;30(3):177–83. https://doi.org/10.1207/S15326950DP3102_03.

Asrat A, Zelalem Y. Patterns of milk and milk products adulteration in Boditti town and its surrounding, South Ethiopia. *Scholarly J Agric. Sci.* 2014; 4(10):512-516

Babaei S., Talebi M. & Bahar M. ,2014. – Developing an SCAR and ITS reliable multiplex PCR-based assay for safflower adulterant detection in saffron samples. *Food Control*, 35 (1), 323–328. doi:10.1016/j.foodcont.2013.07.019.

Bansal, S., Thakur, S., Mangal, M., Mangal, A. K., & Gupta, R., 2018. DNA barcoding for specific and sensitive detection of *Cuminum cyminum* adulteration in *Bunium persicum*. *Phytomedicine*, 50, 178–183.

Barceloux D.G., 2009. Nutmeg *Myristica fragrans* Houtt. . *Research Journal of Spices*, v.55, n.6 , 373-379, 2009

Borràs, E., Ferré, J., Boqué, R., Mestres, M., Acenã, L., & Busto, O. (2015). Data fusion methodologies for food and beverage authentication and quality assessment - a review. *Analytica Chimica Acta*, 891, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2015.04.042>

Burns M., Wiseman G., Knight A., Bramley P., Foster L., Rollinson S., Damant A. & Primrose S. ,2016. – Measurement issues associated with quantitative molecular biology analysis of complex food matrices for the detection of food fraud. *Analyst*, 141 (1), 45–61. doi:10.1039/C5AN01392E

Cao, H., Sasaki, Y., Fushimi, H., Komatsu, K., 2011. Molecular analysis of medicinally used Chinese and Japanese Curcuma based on 18S rRNA gene and trnK gene sequences. *Biological & Pharmaceutical Bulletin* 24, 1389e1394.

Chang, X.C.; Hu, X.Z.; Li, Y.Q.; Shang, Y.J.; Liu, Y.Z.; Feng, G.; Wang, J.P. Multi-determination of Para red and Sudan dyes in egg by a broad specific antibody based enzyme linked immunosorbent assay. *Food Control*. 2011, 22, 1770–1775.

Chen, Y. R., Chao, K., & Kim, M. S. (2002). Machine vision technology for agricultural applications. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36(2–3), 173–191. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00100-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00100-X)

Choudhary A., Gupta N., Hameed F., Choton S., 2020. An overview of food adulteration: Concept, sources, impact, challenges and detection Ankita 8655 *International Journal of Chemical Studies* 2020; 8(1): 2564-2573 DOI: <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i1am>.

Choudhary, N., & Sekhon, B. S., 2011. An overview of advances in the standardization of herbal drugs. *Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 2(2),

Cofie CA. *The Impact of Illicit Trade and Counterfeit Goods on National Development*, 27th June, 2012.

Costa A, et al. Antibacterial activity of the essential oil of *Origanum vulgare* L.(Lamiaceae) against bacterial multiresistant strains isolated from nosocomial patients. *Rev Bras*. 2009;19(1B):236–41.

Dhakal, S., Chao, K., Schmidt, W., Qin, J., Kim, M., & Chan, D. (2016). Evaluation of turmeric powder adulterated with metanil yellow using FT-Raman and FT-IR spectroscopy. *Foods*, 5(4), 36. <https://doi.org/10.3390/foods5020036>

Dhanya, K., Syamkumar, S., Siju, S., & Sasikumar, B. (2011). SCAR markers for adulterant detection in ground chilli. *British Food Journal*, 113(5), 656–668. <https://doi.org/10.1108/000707011111131755>

Di Anibal, C. V., Marsal, L. F., Callao, M. P., & Ruisanchez, I. (2012). Surface Enhanced Raman Spectroscopy (SERS) and multivariate analysis as a screening tool for detecting Sudan i dye in culinary spices. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 87, 135–141. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2011.11.027>

Di Anibal, C., Rodriguez, M. S., & Albertengo, L. ,2014. UV-visible spectroscopy and multivariate classification as a screening tool to identify adulteration of culinary spices with Sudan I and blends of Sudan I+ IV dyes. *Food Analytical Methods*, 7(5), 1090–1096.

Dowlatabadi, R., Farshidfar, F., Zare, Z., Pirali, M., Rabiei, M., Khoshayand, M. R., & Vogel, H. J. (2017). Detection of adulteration in Iranian saffron samples by ¹H NMR spectroscopy and multivariate data analysis techniques. *Metabolomics*, 13(2), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11306-016-1155-x>

Dr. Udara S.P.R. Arachchige S. J. Ranaweera A.A.L.T. Ampemohotti, 2020. SPICES & HERBS iv University of Sri Jayewardenepura, Faculty of Technology Nugegoda Sri Lanka October 2020

Duessel S., Heuertz R.M., Ezekiel U.R., 2008. Growth inhibition of human colon cancer cells by plant compounds. *Clin. Lab. Sci* 21, 151–157,2008

EC, 2021. Results of an EU wide coordinated control plan to establish the prevalence of fraudulent practices in the marketing of herbs and spices, ISBN 978-82-76-42979-1 ISSN 1831-9424 doi:10.2760/309557 Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021

Ellis, D. I., Muhamadali, H., Haughey, S. A., Elliott, C. T., & Goodacre, R. (2015). Point-and-shoot: Rapid quantitative detection methods for on-site food fraud analysis moving out of the laboratory and into the food supply chain. *Analytical Methods*, 7 (22), 9401–9414. <https://doi.org/10.1039/c5ay02048d>

El-Mesery, H. S., Mao, H., & Abomohra, A. E. F. (2019). Applications of non-destructive technologies for agricultural and food products quality inspection. *Sensors (Switzerland)*, 19(4), 1–23. <https://doi.org/10.3390/s19040846>

FAO. Assuring Food Safety and Quality: Considerations of Food Safety and Consumer Protection. FAO Corporate Document Repository, Agriculture and Consumer Protection Division, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, 2011

FDA, “2012 Annual Report on Food Facilities, Food Imports, and FDA Foreign Offices,” August 2012, <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/FSMA/ucm315486.htm>

Fiorino, G.M.; Garino, C.; Arlorio, M.; Logrieco, A.F.; Losito, I.; Monaci, L. Overview on untargeted methods to combat food frauds: A focus on fishery products. *J. Food Qual.* 2018, 2018, 1–13

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Codex Alimentarius General Standard for Food Additives CODEX STAN 192-1995. 2018

Fox, M.; Mitchell, M.; Dean, M.; Elliott, C.; Campbell, K. The seafood supply chain from a fraudulent perspective. *Food Secur.* 2018, 10, 939–963

FSSAI, 2015. Manual of methods for analysis of foods: Spices and condiments, F. S. A. S. A. o.. Ministry of Health and Family Welfare, Government of India.

Gad, H. A., & Bouzabata, A. (2017). Application of chemometrics in quality control of Turmeric (*Curcuma longa*) based on Ultra-violet, Fourier transform-infrared and ¹H NMR spectroscopy. *Food Chemistry*, 237, 857–864. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.022>

Gad, H. A., & Bouzabata, A. (2017). Application of chemometrics in quality control of Turmeric (*Curcuma longa*) based on Ultra-violet, Fourier transform-infrared and ¹H NMR spectroscopy. *Food Chemistry*, 237, 857–864. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.022>

Galimberti A., De Mattia F., Losa A., Bruni I., Federici S., Casiraghi M., Martellos S. & Labra M. 2013. – DNA barcoding as a new tool for food traceability. *Food Res. Int.*, 50 (1), 55–63. doi:10.1016/j.foodres.2012.09.036

Ghodki, B. M., Singh, S. S., Chakraborty, S., Jana, S., Ghodki, D. M., & Goswami, T. K. (2019). Influence of cryogenic treatment on micro-structural characteristics of some Indian spices: X-Ray micro-tomography investigation. *Journal of Food Engineering*, 243(1970), 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.08.033>

Gismondi, A., Fanali, F., Labarga, J.M.M., Cailoa, M.G., Canini, A., 2013. *Crocus sativus* L. genomics and different DNA barcode applications. *Plant Systematics and Evolution* 299, 1859e1863.

Goonatilake, R. Effects of diluted ethylene glycol as a fruit-ripening agent. *Glob. J. Biotechnol. Biochem.* 2008, 3, 8–13.

Gutheli W.G., Reed G., Ray A., Anant S., Dhar A., 2012. Crocetin: an agent derived from saffron for prevention and therapy for cancer. *Curr Pharm Biotechnol*,v.13,n.1,173-9,2012.

Haughey, S.A.; Graham, S.F.; Cancouët, E.; Elliott, C.T. The application of near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to detect melamine adulteration of soya bean meal. *Food Chem.* 2013, 136, 1557–1561.

Heidarbeigi, K., Mohtasebi, S. S., Foroughirad, A., Ghasemi-Varnamkhasti, M., Rafiee, S., & Rezaei, K. (2015). Detection of adulteration in saffron samples using electronic nose. *International Journal of*

Food Properties, 18(7), 1391–1401. [https://doi.org/ 10.1080/10942912.2014.915850](https://doi.org/10.1080/10942912.2014.915850) Hsu, C.-P. S. (1997). Infrared spectroscopy. Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry, 249.

Herrera T. · Iriondo-DeHond A. · Castillo M. D., 2020. Beneficial Herbs and Spices. Springer Nature Switzerland AG J., Nutrition, Fitness, and Mindfulness, Nutrition and Health, https://doi.org/10.1007/978-3-030-30892-6_

http://www.efet.gr/portal/page/portal/efetnew/news/news_per_category7par_newCatlcE2

<https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/methods-of-sampling-and-analysis-for-the-control-of-levels-of-certain-contaminants-in-foodstuffs.html>

<https://extension.psu.edu/herb-and-spice-history>

<https://www.cabidigitallibrary.org/do/10.5555/blog-history-spice-trade>

<https://www.cbi.eu/news/european-initiatives-fight-food-fraud-spices-and-herbs-sector>

Ibens D. The great melamine scare. The scandal draws attention to standards and leads to development of new tests. Food Quality & Safety, Current Issue, 2014.

Isengard, H.-D., & Breithaupt, D. ,2015. Food analysis. Food Science and Technology, 33–56.

Jeong C.H., Bode A.M., Pugliese A., Cho Y.Y., Kim H.G, Shim J.H., Jeon Y.J, Li H., Jiang H., Dong Z., 2009. Gingerol suppresses colon cancer growth by targeting leukotriene A4 hydrolase, v.69, n.13, 5584-91, 2009.

Johnson R., 2014. Food Fraud and “Economically Motivated Adulteration” of Food and Food Ingredients Specialist in Agricultural Policy January 10, 2014 Congressional Research Service

Kaavya, R., Pandiselvam, R., Mohammed, M., Dakshayani, R., Kothakota, A.,

Karri S., Sharma S., Hatware K., Patil K., 2019. Natural anti-obesity agents and their therapeutic role in management of obesity: A future trend perspective. Biomedicine & Pharmacotherapy, 110, 224-238, 2019

Kiani, S., Minaei, S., & Ghasemi-Varnamkhasti, M. (2017a). Integration of computer vision and electronic nose as non-destructive systems for saffron adulteration detection. Computers and Electronics in Agriculture, 141, 46–53. [https://doi.org/ 10.1016/j.compag.2017.06.018](https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.06.018)

- Kiani, S., Minaei, S., & Ghasemi-Varnamkhasti, M. (2017a). Integration of computer vision and electronic nose as non-destructive systems for saffron adulteration detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, 141, 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.06.018>
- Kim D., Kim C., Kim M., 2007. Suppression of age-related inflammatory NF-kB activation by cinnamaldehyde. *Biogerontology*. 2007.
- Kim, B., Jeon, M. G., Kim, Y. J., & Choi, S. (2020). Open-source, handheld, wireless spectrometer for rapid biochemical assays. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 306, 127537. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.127537>
- Kraft, K., et al. (2014). Multiple lines of evidence for the origin of the domesticated chili pepper, *Capiscum annum*, in Mexico. *Proceedings of the National Academy of Science*, 111(17), 6165–6170
- Kuballa, T., Brunner, T. S., Thongpanchang, T., Walch, S. G., & Lachenmeier, D. W. (2018). Application of NMR for authentication of honey, beer and spices. *Current Opinion in Food Science*, 19, 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.007>
- Kumar GDS, Popat MN. Farmers' perceptions, knowledge and management of aflatoxins in groundnuts (*Arachis hypogaea* L.) in India. *Crop Protection*. 2010; 29:1534-1541.
- Kumar Y, et al. Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2015;14(6):796–812. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12156>.
- Kuroda M., Mimaki Y., Ohtomo T., Yamada J., Nishiyama T., Mae T., Kishida H., Kawada T., 2012. Hypoglycemic effects of clove (*Syzygium aromaticum* flower buds) on genetically diabetic KK-Ay mice and identification of the active ingredients, v.66, n.2, 394- 9 ,2012
- L.C. Tapsell, L. Hemphill, L. Cobiac, D.R. Sullivan, M. Fenech, C.S. Patch, S. Roodenrys, J.B Keogh, P.M. Clifton, P.G. Williams, Health benefits of herbs and spices, The past, the present, the future. *Med. J.* 185, 1–24, 2006.
- Lee H.S, Seo E.Y., Kang N.E., Kim W.K.J., 2008. Gingerol inhibits metastasis of MDAMB-231 human breast cancer cells. *Nutr Biochem*, v. 19,n.5,313-9,2008.
- Li, S., Shao, Q., Lu, Z., Duan, C., Yi, H., & Su, L. (2018). Rapid determination of crocins in saffron by near-infrared spectroscopy combined with chemometric techniques. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 190, 283–289. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2017.09.030>

Liu, H., Zeng, F., Wang, Q., Ou, S., Tan, L., & Gu, F. (2013). The effect of cryogenic grinding and hammer milling on the flavour quality of ground pepper (*Piper nigrum* L.). *Food Chemistry*, 141(4), 3402–3408. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.052>

Llamas NE, et al. Second order advantage in the determination of amaranth, sunset yellow FCF and tartrazine by UV–vis and multivariate curve resolution-alternating least squares. *Anal Chim Acta*. 2009;655(1–2):38–42. <https://doi.org/10.1016/J.ACA.2009.10.001>.

Lohumi, S., Lee, S., & Cho, B. (2015). Optimal variable selection for Fourier transform infrared spectroscopic analysis of starch-adulterated garlic powder. *Sensors and Actuators B-chemical*, 216, 622e628.

Lohumi, S., Lee, S., & Cho, B. K. (2015a). Optimal variable selection for Fourier transform infrared spectroscopic analysis of starch-adulterated garlic powder. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 216, 622–628. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.04.060>

Mariutti LRB, Nogueira GC, Bragagnolo N. Lipid and cholesterol oxidation in chicken meat are inhibited by sage but not by garlic. *J Food Sci*. 2011;76(6):C909–15. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02274.x>.

Mohamad, I., Shukla, S., & Shakeel, W. ,2015. Rapid detection of adulteration in indigenous saffron of Kashmir Valley India. *Research Journal of Forensic Sciences*, 3 (3), 7–11.

Momtaz, M.; Bubli, S.Y.; Khan, M.S. Mechanisms and Health Aspects of Food Adulteration: A Comprehensive Review. *Foods* 2023, 12, 199. <https://doi.org/10.3390/foods12010199>

Moore J.C., Spink J., and Lipp M., 2012. “Development and Application of a Database of Food Ingredient Fraud and Economically Motivated Adulteration from 1980 to 2010,” *Journal of Food Science*, Vol. 77, Nr. 4, 2012; and USP, *Food Fraud Database, Glossary of Terms*, <http://www.foodfraud.org/glossary-terms>

Narayan D. Food Adulteration: Types, worldwide laws and futures. *Health care*, 2014. <http://www.biotecharticles.com/Healthcare-Article/FoodAdulteration-Types-Worldwide-LawsFuture-3165.html>

Negi A., Pare A., Meenatchi R., 2021. Review Emerging techniques for adulterant authentication in spices and spice products, *Food Control* 127 (2021) 108113

Newmaster, S.G., Grguic, M., Shanmughanadhan, D., Ramalingam, S., 2013. DNA barcoding detects contamination and substitution in North American herbal products. *BMC Medicine* 11, 222e235.

Ogunka-Nnoka C.U., Mepha H.D., 2008. Proximate composition and anti-nutrient contents of some common spices in Nigeria. *Food Science Journal* 2:62-67,2008.

Oliveira, M. M., Cruz-Tirado, J. P., & Barbin, D. F. (2019). Nontargeted analytical methods as a powerful tool for the authentication of spices and herbs: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), 670–689. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12436>

Oplatowska-Stachowiak, M., & Elliott, C. (2017). Food colours: Existing and emerging food safety concerns. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(3), 524e548.

Orrillo, I., Cruz-Tirado, J. P., Cardenas, A., Oruna, M., Carnero, A., Barbin, D. F., & Siche, R. (2019). Hyperspectral imaging as a powerful tool for identification of papaya seeds in black pepper. *Food Control*, 101, 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.02.036>

Pandpal SD, Sirvastava AK, Negi KS. Estimation of quality of raw milk (opened and branded) by milk adulteration testing kit. *Ind. J Commu. Health*. 2012; 24(3):188.

Parvathy, V.A., Swetha, V.P., Sheeja, T.E., Leela, N.K., Chempakam, B., Sasikumar, B., 2014. DNA barcoding to detect chilli adulteration in traded black pepper powder. *Food Biotechnology* 28, 25e40.

Peter KV, Shylaja MR. Introduction to herbs and spices: definitions, trade and applications. In: Peter KV, editor. Cambridge: Woodhead Publishing; 2012. p. 1–24.

Petrakis, E. A., & Polissiou, M. G. (2017). Assessing saffron (*Crocus sativus* L.) adulteration with plant-derived adulterants by diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy coupled with chemometrics. *Talanta*, 162, 558–566. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.10.072>

Petrakis, E. A., Cagliani, L. R., Tarantilis, P. A., Polissiou, M. G., & Consonni, R. (2017). Sudan dyes in adulterated saffron (*Crocus sativus* L.): Identification and quantification by ¹H NMR. *Food Chemistry*, 217, 418–424. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.078>

Qian G, Guo X, Guo J, Wu J. China's dairy crisis: impacts, causes and policy implications for a sustainable dairy industry. *IJSDWE*. 2011; 18(5):434-441

Ramesh, S. V., Cozzolino, D., & Ashokkumar, C. (2020). Application of infrared spectroscopy techniques for the assessment of quality and safety in spices: A review. *Applied Spectroscopy Reviews*, 55(7), 593–611. <https://doi.org/10.1080/>

Rani, R., Medhe, S., & Srivastava, M. ,2015. HPTLC–MS based method development and validation for the detection of adulterants in spices. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 9(2), 186–194.

RASFF portal https://ec.europa.eu/food/safety/rasff/portal_en Accessed 20 September 2017.

Reinholds, I., Bartkevics, V., Silvis, I. C. J., van Ruth, S. M., & Esslinger, S. (2015). Analytical techniques combined with chemometrics for authentication and determination of contaminants in condiments: A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 44, 56e72.

Rhode J., Fogoros S., Zick S., Wahl H., Griffith K.A., Huang J., Liu J.R.. Ginger inhibits cell growth and modulates angiogenic factors in ovarian cancer cells. *BMC Complement Altern Med*, 70-44,2007.

Rjzk EM, El-Gharably AM, Tolba KH. Carotenoid pigments composition of Calendula flower and its potential uses as antioxidant and natural colorant in manufacturing of hard candy. *Arab Univ J Agric Sci*. 2008;16(2):407–17.

Sahu, P. K., Panda, J., Jogendra Kumar, Y., & Ranjitha, S. K. ,2020. A robust RP-HPLC method for determination of turmeric adulteration. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 43(7–8), 247–254.

Santos-Buelga C, Mateus N, De Freitas V. Anthocyanins. Plant pigments and beyond. *J Agric Food Chem*. 2014;62(29):6879–84. <https://doi.org/10.1021/jf501950s>.

Sereshti, H., Poursorkh, Z., Aliakbarzadeh, G., Zarre, S., & Ataolahi, S. ,2018. An image analysis of TLC patterns for quality control of saffron based on soil salinity effect: A strategy for data (pre)-processing. *Food Chemistry*, 239, 831–839.

Sicpa. Injury or Death from Fake Drugs, Expired Drugs, Adulterated Drugs, Mislabelled Drugs and Unauthorized Medicinal Products - NGP Pharmaceuticals; GDS Publishing, 2012

Silva IF, et al. Antimicrobial screening of some medicinal plants from Mato Grosso Cerrado. *Braz J Pharmacogn*. 2009;19(1 B):242–8. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2009000200011>

Spink J. and Moyer in D.C., 2011. Backgrounder: Defining the Public Health Threat of Food Fraud, National Center for Food Protection and Defense, April 2011

Swetha, V.P., Parvathy, V.A., Sheeja, T.E., Sasikumar, B., 2014. DNA Barcoding for discriminating the economically important *Cinnamomum verum* from its adulterants. *Food Biotechnology* 28, 183e194.

Tahri, K., Tiebe, C., El Bari, N., Hübert, T., & Bouchikhi, B., 2017. Geographical classification and adulteration detection of cumin by using electronic sensing coupled to multivariate analysis.

Teixeira, A. M., & Sousa, C. (2019). A review on the application of vibrational spectroscopy to the chemistry of nuts. *Food Chemistry*, 277, 713–724. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.030>. November.

Teixeira, A. M., & Sousa, C. (2019). A review on the application of vibrational spectroscopy to the chemistry of nuts. *Food Chemistry*, 277, 713–724. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.030>. November.

Teng, X., Zhang, M., & Devahastin, S. (2019). New developments on ultrasound-assisted processing and flavor detection of spices: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 55, 297–307. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.01.014>

Vermaak, I., Viljoen, A., & Lindstrom, S. W. (2013). Hyperspectral imaging in the quality control of herbal medicines - the case of neurotoxic Japanese star anise. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 75, 207–213. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2012.11.039>

Verspohl E.J., 2002. Recommended testing in diabetes research, *Planta Med*, 68:581– 90,2002

Wani, S. A., Kumar, P. 2018. Fenugreek: A review on its nutraceutical properties and utilization in various food products. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 17 (2): 97–106